GEN-UI

Generativna umetna inteligenca v izobraževanju

Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence

Mednarodne smernice in raziskave

$$w_0 + w_1 \times \text{vadba} + w_2 \times \text{spanec} = z$$

Uredila
Andrej Flogie
Sonja Čotar Konrad

ZAVOD ANTONA MARTINA SLOMŠKA

UNIVERZA NA PRIMORSKEM

PEF UNIVERZA V LJUBLJANI Pedagoška fakulteta

Univerza v Mariboru Pedagoška fakulteta

FF UNIVERZA V LJUBLJANI Filozofska fakulteta

ZRSŠ ZAVOD REPUBLIKE SLOVENIJE ZA ŠOLSTVO

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

FRI UNIVERZA V LJUBLJANI Fakulteta za računalništvo in informatiko

Univerza v Mariboru Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

Osnovna šola OSKARJA KOVAČIČA ŠKOFIJE

Projekt v okviru Načrta za okrevanje in odpornost financirata Republika Slovenija in Evropska unija – NextGenerationEU.

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA VZGOJO IN IZOBRAŽEVANJE

NOO

Financira Evropska unija
NextGenerationEU

Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence

Mednarodne smernice in raziskave

Uredila
Andrej Flogie
Sonja Čotar Konrad

Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave

Uredila · Andrej Flogie in Sonja Čotar Konrad
Lektoriral · Davorin Dukič
Oblikovanje in tehnična ureditev · Alen Ježovnik

Knjižnica Ludus · 58 · ISSN 2630-3809
Urednica zbirke · Silva Bratož

Izdala in založila · Založba Univerze na Primorskem
Titov trg 4, 6000 Koper · www.hippocampus.si
Vodja založbe · Alen Ježovnik
Koper · 2025

© 2025 Avtorji

Brezplačna elektronska izdaja
https://www.hippocampus.si/ISBN/978-961-293-431-6.pdf
https://www.hippocampus.si/ISBN/978-961-293-432-3/index.html
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili
v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID 237356291
ISBN 978-961-293-431-6 (PDF)
ISBN 978-961-293-432-3 (HTML)

Vsebina

Uvod
Boris Aberšek • 7

Pedagoški temelji uporabe generativne umetne inteligence
v izobraževanju
Andrej Flogie in Jakob Škrobar • 27

Pregled stanja generativne umetne inteligence v izobraževanju
z regulativnega vidika
Lucija Brezočnik, Grega Vrbančič in Vili Podgorelec • 69

Analiza mednarodnih nacionalnih smernic za uporabo umetne inteligence
v učenju in poučevanju na douniverzitetni ravni
Sonja Čotar Konrad in Maja Lebeničnik • 87

Strateški okvirji uporabe generativne umetne inteligence
v visokošolskem izobraževanju
Ema Meden, Danijela Makovec Radovan, Marko Radovan,
in Tadej Košmerl • 113

Generative AI and the Croatian Educational System
Saša Mladenović • 127

Raziskovalni trendi na področju generativne umetne inteligence
v izobraževanju v obdobju med 2014 in 2024
Karmen Drljić in Sonja Čotar Konrad • 145

Raba umetne inteligence pri učenju in poučevanju
v obveznem izobraževanju: integrativni pregled literature
Andreja Klančar, Tina Lekan Kraševec in Tina Štemberger • 161

Od tradicionalnega pouka do GUI: pregled sprememb
v matematiki
in matematičnem izobraževanju
Marina Volk in Sanela Hudovernik • 181

Učinkovitost generativne umetne inteligence za personalizirano
učenje matematike
Alenka Lipovec in Barbara Arcet • 203

Možnosti uporabe generativne umetne inteligence pri otrocih
s posebnimi potrebami
Darja Plavčak • 221

Socialno in čustveno učenje ter generativna umetna inteligenca
v visokošolskem izobraževanju
Alenka Lipovec, Katja Košir, Tina Vršnik Perše,
Andreja Kozmus, Marta Licardo • 239

Inovativna uporaba GUI-tutorja pri projektih iz robotike in elektronike
v pedagoškem kontekstu
David Rihtaršič in Rok Gabrovšek • 255

Tehnična, tehnološka in druga merila vrednotenja orodij GUI za integracijo
v izobraževanje
Alenka Žerovnik • 275

V znamenju trikotnika: izobraževanje, etika in umetna inteligenca
Ernest Ženko • 297

Izbrani temeljni pojmi, vezani na etično rabo generativne umetne inteligence
v izobraževanju
Marta Licardo, Mojca Puncer in Tadej Todorović • 319

Uvod

Boris Aberšek
Univerza v Mariboru

CC BY-SA © 2025 Boris Aberšek
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.0

Preobrazba digitalne pedagogike v generativizem

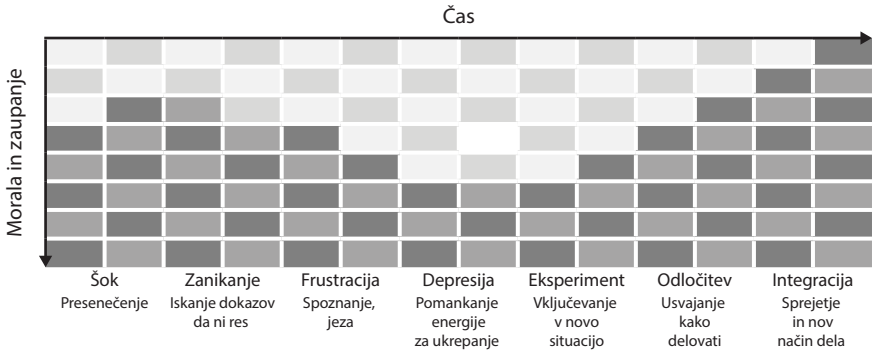
Sartre opozarja, da na eksistencialna vprašanja ni mogoče odgovoriti enkrat za vselej. Filozofska vprašanja so po definiciji vprašanja, ki si jih morajo generacije nenehno postavljati, saj to v nas spodbuja živ občutek, da smo živi (Sartre, 1984). Filozofsko eksistenčno vprašanje, ki si ga moramo zastaviti takoj na začetku, pa je, koliko časa imamo za to in kako hitre bi te spremembe morale biti v luči eksistence ter inteligence, ki nezadržno vstopa v naš svet. Najprej bomo na kratko analizirali ta eksistenčna razmerja med človeško in umetno inteligenco (UI) oz. med ljudmi in umetnimi oblikami življenja (angl. *artificial life form* – ALF).[1]

Če nekoliko poenostavljamo: človek je nastal s pojavom svojih prednikov pred približno 6–7 milijoni let, zametki človeštva pa segajo tudi do 20 milijonov let v preteklost. Razvoj sodobnega človeka, *homo sapiensa,* pa v preteklost sega le približno 300.000 let. V nasprotju s tem dolgotrajnim razvojem datira pojav »sodobne« umetne inteligence nekako v leto 1956, začetek intenzivnega razvoja z nihanji pa sega v 80. leta 20. stoletja. Skratka, UI je stara recimo 50 let. Če ta razvoja primerjamo, lahko ugotovimo, da eno leto razvoja UI pomeni 140.000 let človeškega razvoja. Tako bi zelo površno lahko predpostavljali, da bi/bo UI potrebovala le dobri dve leti za razvoj takšne oblike, ki bi/bo dosegala ali celo presegala človeško. V dveh letih bo torej opravila razvoj, za katerega je *homo sapiens* potreboval približno 300.000 let. S stopnjo hitrosti razvoja UI se zastavlja izjemno resno vprašanje: koliko časa še imamo, da lahko usmerjamo tok zgodovine in razvoj svoje prihodnosti?

Zagotovo stopamo v čas drastičnih sprememb, ki ga najlažje označimo kot kaos. *Kaos je sicer odlično stanje za ustvarjanje sprememb, pomembno pa je, da točno vemo kaj hočemo, saj časa za popravke ni neomejeno.* Poskusimo to na kratko analizirati s pomočjo krivulje sprememb Kübler-Ross (Kübler-Ross, 1969).

[1] Podrobneje o umetnih oblikah življenja v opombi 3.

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.



Slika 1 Krivulja sprememb Kübler-Ross (prirejeno po Kübler-Ross, 1969)

Leta 1969 je dr. Elisabeth Kübler-Ross predstavila krivuljo petih stopenj sprememb ob pojavu različnih sprememb (izgub, šokov ali kriz) ali preprosto »petih stopenj« (Kübler-Ross, 1969), ki je simbolično prikazana na sliki 1. Te stopnje – *zanikanje, jeza, barantanje, depresija in sprejemanje* – odražajo skupne čustvene odzive na spremembe, izgubo ali šok. Od leta 1980 je krivulja sprememb Kübler-Ross (K-R) postala temelj upravljanja sprememb. Faze krivulje sprememb K-R se ne nizajo v strogem zaporedju niti ne napredujejo vedno linearno. Čustveno potovanje je lahko ciklično, preko stopenj, ki se prekrivajo ali ponavljajo kot odziv na razvijajoče se vidike spremembe. To nelinearno napredovanje odraža kompleksnost čustvenih odzivov in poudarja, da je pot do sprejemanja in prilagajanja pogosto dinamičen ter iterativen proces.

Posamezniki se lahko v procesu odzivanja na spremembe večkrat znajdejo v ponovnem ciklu stopenj. Npr., mnogi doživljajo šok, za katerega sta značilno zanikanje in odrevenelost, ko pride do soočenja s spremembami in posledicami teh sprememb. Ta izkušnja je lahko tako nenavadna, da se počutijo paralizirane in otopele ali pa se trudijo v celoti razumeti posledice spremembe.

Na splošno krivulja sprememb K-R, kot ponazarja slika 1, zagotavlja okvir za razumevanje čustvenega napredovanja skozi spremembe. Poudarja, da je proces lahko zapleten in cikličen, vendar je vsaka stopnja del stalne poti do sprejemanja in prilagajanja. In zagotovo smo si vsi edini, da je pojav UI, še posebej pojav generativne umetne inteligence (GUI), zares sprememba, ki v naše razmišljanje in delovanje vnaša drastične ter korenite spremembe.

Tudi tu lahko za izhodišče nadaljnjih razmislekov, še enkrat ponovimo mnogokrat slišani rek: po letu 2022, po našem splošnem zavedanju o obstoju velikih jezikovnih modelov (angl. *large language models* – LLM) in GUI, nič več ne bo tako, kot je bilo!

Soočanje z aktualnimi spremembami v edukacijskem sistemu

V 21. stoletju lahko z gotovostjo postavimo dve izhodiščni eksistenčni premisi (Aberšek, 2024):

- *svet ni eden, svetova sta dva*[2] in
- *inteligenca ni ena, inteligenci sta dve (bitje (človek) ni eno, bitji sta dve (človek + »ALF«*[3]*))*.

Kaj to pomeni? Razložimo na kratko. Danes ne obstaja samo *fizični, naravni svet* in iz njega izpeljan *socialni svet,* svet, ki si ga je ustvaril človek skozi zgodovino, ko je svojim željam in potrebam prilagajal naravni svet. Obstaja tudi *kibernetski svet*, svet, ki ga je pričel kreirati, pretežno s pojavom računalništva in informacijske družbe (v okviru tretje industrijske revolucije), človek sam, ko se je sam postavil v vlogo *kreatorja.* V zadnjem desetletju postajajo meje med tema svetovoma vse bolj zabrisane. Prav tako pa tudi ne obstaja več *samo ena inteligenca.* Po letu 2022 se je celotno človeštvo pričelo zavedati, da poleg *naravne inteligence*, ki je nastajala skozi milijone let naravnega razvoja, obstaja tudi umetna inteligenca, *generativna umetna inteligenca* (GUI), ki jo je človek razvil v zadnjih nekaj desetletjih. Dejstvo pa je, da obe inteligenci danes sobivata na istem planetu, sobivata v istem sistemu, v istem prostoru in času.

In tudi pri zavedanju (po letu leta 2022), da obstajata dva svetova in dve inteligentni entiteti (sistema), smo in bomo še šli skozi vse stopnje krivulje sprememb K-R. Vendar pa časa, ki smo ga doslej pri velikih sistemskih spremembah (npr. pri prehodu iz ene v drugo industrijsko revolucijo) še vedno imeli, sedaj ne bomo imeli več. Delati in ukrepati bomo morali s hitrostjo, ki jo načrtuje UI.

Razvoj sodobnega izobraževanja skozi čas

Z današnjo ravnjo vedenja bi lahko sodoben razvoj človeštva in vpliv slednjega na svet (naše naravno okolje) v okvirno zadnjih dveh stoletjih poimenovali s terminom »ustvarjalno uničenje«, s čimer opisujemo dinamiko tehnoloških motenj, ki so poganjale t. i. valove tehnoloških inovacij (industrijske revolu-

[2] Obstaja *naravni svet, svet 1,* v katerem bivamo ljudje in roboti, vidne oblike umetnega življenja, ter *kibernetski svet*, *svet 2,* svet znotraj računalniških sistemov, v katerem bivajo samo človeku nevidne/breztelesne oblike umetnega življenja, kot je npr. ChatGPT.

[3] ALF (iz. angl.), oblike umetnega življenja, so entitete, ki temeljijo na umetni inteligenci. Njene pojavne oblike so lahko človeku vidne v enovitih oblikah, kot so roboti in kiborgi, »dopolnjeni« ljudje, kombinirani z elementi umetne inteligence, npr. nevrovsadki, ter v človeku nevidnih, breztelesnih oblikah, kot so različni inteligentni agenti (npr. ChatGPT), ki bivaja samo v kibernetskem svetu.

cije) v naši sodobni dobi (McKraw, 2007). Za vsak val v seriji je značilen nabor tehnologij, ki so bile vodilne tehnologije svoje dobe. *Prvi val* (od leta 1785 do 1845), ki je sprožil industrijsko revolucijo, je bil zaznamovan z uporabo vodne energije za proizvodnjo tekstila in železa v gradbeništvu. *Drugi val* (1845–1900) je bil zaznamovan s parno energijo, z jeklom in s širitvijo železniških sistemov, *tretji val* (1900–1950) pa z električno energijo, s kemikalijami in z motorjem z notranjim zgorevanjem. Ko je vsak val tehnoloških sprememb prišel, je dinamika ustvarjalnega uničevanja s seboj prinesla nove načine dela in življenja, vendar je tudi uničila nekaj tega, kar je bilo prej, in predvsem drastično vplivala na človekovo naravno okolje. Prvi trije valovi inovacij so preoblikovali zahodne družbe, izpodrinili *fizične delavce* in jih nadomestili s strojno avtomatizacijo ter *delavci znanja*. Kmetijska gospodarstva so postala industrijska, nato postindustrijska. V njih je bilo zaposlenih vedno več delavcev znanja. Generacija za generacijo študentov, učiteljev, intelektualcev, strokovnjakov, pisateljev, raziskovalcev, ustvarjalcev – ti so bili gonilna sila človeške ustvarjalne ekonomije znanja.

Četrti val (1950–1990) je bil obdobje petrokemije, elektronike in letalstva. Označuje tudi začetek umetne inteligence kot teme raziskav. Izraz »umetna inteligenca« je bil skovan leta 1956 na srečanju poletnega raziskovalnega projekta Dartmouth, ki sta ga gostila Marvin Minsky in John McCarthy. *Peti val* (1990–2020) je bila digitalna doba, določena z omrežji, ki sta jih omogočil izum interneta (1983) in World Wide Web (1989) Tima Berners-Leeja, ki je uporabnikom omogočil krmarjenje po internetu. Prvi splet – zdaj imenovan splet 1.0 – je bil statični prostor, sestavljen s strani HTML (označevalni jezik hiperteksta), imenovan »branje in pisanje« spleta, ker je bilo to vse, kar so uporabniki lahko storili z njim. Toda izboljšan splet 2.0, ki je sledil med letoma 1999 in 2004, je zaznamoval pomembno spremembo v funkcionalnosti in uporabniški izkušnji, saj ga je uvedba HTTP (protokol za prenos hiperteksta) preoblikovala iz statične v socialno, uporabniku prijazno platformo (Berners-Lee idr., 2001). V primerjavi s prejšnjim omrežjem statičnih spletnih strani z informacijami, ki tečejo v eno smer, lahko uporabniki zdaj sodelujejo in delijo informacije, komentirajo, pošiljajo mnenja, objavljajo bloge ter komunicirajo. S tem se je začelo obdobje socialnega spleta ali spleta 2.0.

V devetdesetih je prišlo tudi do razvoja tehnik strojnega učenja in izboljšanja arhitektur nevronskih mrež, ki so uporabljale ogromne količine podatkov (t. i. »velike podatke«), ki so jih ustvarila družbena omrežja spleta 2.0, vključno s Facebookom (2004), z YouTubom (2005), s Twitterjem (2006) in z Instagramom (2010). Splet 3.0, t. i. semantični splet – ki ga je leta 1989 zasnoval Tim Berners-Lee kot mrežo podatkov, ki jih lahko berejo stroji –, je ustvaril proto-

kole in tehnologije, ki so strojem omogočile branje metapodatkov, kar jim omogoča, da razumejo naše uporabniške preference in pretekle osebne spletne izkušnje. Ta splet je uporabljal tudi GUI za ustvarjanje vsebin, prilagojenih individualnim željam in vedenju, ter za razvoj izpopolnjenejših iskalnikov in sistemov priporočil (Aberšek idr., 2023).

Šesti *val* se je pričel decembra 2015, ko je skupina, ki je vključevala Sama Altmana, Grega Brockmana, Reida Hoffmana, Elona Muska in druge, ustanovila *OpenUI*. Temeljni cilj te skupine je bil ustvariti algoritme varne *splošne umetne inteligence* (angl. *artificial general intelligence* – AGI), ki naj bodo v korist človeštva. Koncepti in terminologije AGI (tudi močna UI) se precej razlikujejo, vendar je ključna beseda v teh razpravah »splošna«. Medtem ko imamo veliko specializiranih umetnih inteligenc na določenih področjih, ki so sposobne naloge opravljati enako dobro ali bolje od ljudi, še nimamo umetne inteligence s splošno inteligenco, ki bi bila tako kompleksna , da bi lahko dosegala ali celo presegala inteligenco ljudi pri opravljanju širokega spektra kognitivnih nalog. Časovnica za doseganje AGI je predmet stalne in živahne razprave več pomembnih osebnosti v skupnosti UI, vključno z Elonom Muskom, s Shaneom Leggom, z Dariom Amodeijem in s Samom Altmanom, in se vse bolj oddaljuje od izhodišča, zastavljenega v leta 2020 (Henshall, 2024). Raziskava večje skupine 2.778 raziskovalcev predvideva, da bodo do leta 2028 dosegli več ključnih mejnikov in da bodo stroji brez pomoči presegli inteligenco ljudi v vseh možnih nalogah, in to za 10 % do leta 2027 in za 50 % do leta 2047 (Grace idr., 2024). Izpostavimo pa lahko še Kurzweilove (2005) napovedi o tem, kdaj bo UI dosegla človekovo inteligenco.

Leta 2017 je skupina Googlovih raziskovalcev predstavila novo vrsto arhitekture transformatorjev[4] (Vaswani idr., 2017), ki je omogočila razvoj velikih jezikovnih modelov (angl. *large language model* – LLM) in s tem sprožila razcvet GUI. Leta 2018 je OpenUI objavil članek, ki pojasnjuje, kaj so generativni predtrenirani transformatorji (GPT) (Radford in Narasimhan, 2018), originalni pogovorni klepetalnik GPT-1 pa ni bil deležen velike medijske pozornosti. Posodobljene različice GPT so bile nato izdane v rednih časovnih presledkih, pri čemer je število parametrov naraščalo v milijarde, kar je predstavljalo vse večje, zapletenejše in predvsem zanesljivejše modele, ki so lahko obdelali vse več podatkov. Toda šele novembra 2022, z izdajo ChatGPT-3.5, je GUI dosegla zavest javnosti. Nenadoma je bila dinamika ustvarjalnega uničenja otipljiva

[4] Transformatorji so vrsta arhitekture nevronske mreže, ki preoblikuje ali spremeni vhodno zaporedje v izhodno. To počnejo z učenjem konteksta in sledenjem odnosov med komponentami zaporedja.

in Suleymanov ter Bhaskarjev (2023) prihajajoči val[5] je bil viden s prostim očesom.

Vrzel med industrijo in akademskim svetom je bila podobnejša prepadu, saj so guruji umetne inteligence glasno razglasili, da je dolgo pričakovana »preobrazba« izobraževanja neizbežna, medtem ko so se kritični glasovi znotraj akademskih in izobraževalnih krogov odzvali s šokom in z zavračanjem razmisleka o ChatGPT-jevih koristih ter se osredotočili izključno na škodo, ki jo povzroča oz. bi jo lahko/jo bo povzročil (*krivulja R-K in prva stopnja*). V nadaljevanju, v letu 2023, je bilo običajno slišati kritike, ki so se odzivali na neusmiljen zagon industrije umetne inteligence, tako da so opozorili na Gartnerjev val navdušenja[6] in napovedali »korito razočaranja«, ki bo zagotovo sledilo (*R-K krivulja R-K in druga stopnja*) . Medtem je bil v akademskih krogih odziv na val inovacij podoben krivulji cikla žalosti Kübler-Ross (Kübler-Ross, 1969). Začel se je s šokom in z zanikanjem, da bi bila umetna inteligenca zmožna ustvarjati koherentna in strokovno neoporečna besedila, napredoval do jeze in pogajanj z detektorji pisanja z umetno inteligenco, sledila je depresija (*krivulja R-K ter tretja in četrta stopnja*), ko so se ti detektorji izkazali za problematične, in končno je akademski svet nerad in obotavljavo sprejel dejstvo, da bi GUI lahko ostala (*krivulja R-K in peta stopnja*).

Pričel se je Eksperiment, in tu se prične vsebina monografije, ki je pred vami.

Od digitalne pedagogike do generativizma

Z zamenjavo omrežja statičnih spletnih strani z informacijami, ki tečejo v eno smer, lahko uporabniki v spletu 2.0 sodelujejo in delijo informacije, komentirajo, ustvarjajo spletne strani, pošiljajo mnenja, objavljajo bloge in komunicirajo. Žal pa mnogi izobraževalci še vedno delujejo v okviru operativnih modelov, ki bi jih lahko poimenovali izobraževanje 1.0 (z uporabo filozofije spleta 1.0), to je bolj analogno behavioristično izobraževanje kot izobraževanje 2.0, digitalno, konstruktivistično in konektivistično izobraževanje.

[5] Mustafa Suleyman, soustanovitelj DeepMind in Inflection UI, vodja umetne inteligence pri Microsoftu, je svojo knjigo v letu 2023 s soavtorjem Michaelom Bhaskarjem naslovil *The Coming Wave* (2023). V njej avtorja trdita, da svet ni pripravljen na val močnih novih tehnologij umetne inteligence in je »problem zadrževanja« opredelil kot izziv za našo dobo. Še zdaleč pa nista bila prva, ki sta uporabila to metaforo za opis pretresa, ki sledi uvedbi prelomne nove tehnologije v družbo.

[6] Gartnerjeva teorija omogoča vpogled v to, kako se bo tehnologija ali aplikacija razvijala skozi čas, in zagotavlja dober vir vpogleda za upravljanje njene uvedbe v kontekstu specifičnih poslovnih ciljev. Gartnerjev cikel iz leta 2024 poudarja tri transformativne trende v digitalnem trženju: generativno umetno inteligenco, tehnologije, osredotočene na zasebnost, in vzpon »superaplikacij» (Chaffey, 2024).

Digitalna pedagogika

Učinkovito poučevanje, ne glede na modaliteto, mora vedno temeljiti na pedagogiki. Iz raziskav vemo, da na učni proces vpliva vrsta dejavnikov, vključno s predhodnim znanjem, z organizacijo znanja, motivacijo za učenje, razvojem kompetenc, intencionalno prakso, s ciljno usmerjenimi povratnimi informacijami, z vključujočim in podpornim učnim okoljem ter s samousmerjenim učenjem (Ambrose idr., 2010; Sharples, 2019). *Digitalna pedagogika,* kot temelj izobraževanja 2.0, se osredotoča predvsem na to, kako uporabljati digitalne tehnologije za podporo, omogočanje in olajševanje procesa učenja ter poučevanja (Bećirović, 2023). Povezani digitalni svet, v katerem zdaj živimo, se je začel z internetom in s svetovnim spletom, vendar je bil zgrajen na podlagi dolge zgodovine povezanega izobraževalnega računalništva, ki sega nazaj v izobraževalni sistem PLATO,[7] zgrajen v šestdesetih (Dear, 2017). Njegovi temeljni teoriji učenja sta bili *konstruktivizem* in *konektivizem,* slednji se je pojavil v zgodnjem obdobju spleta 2.0 in izpostavlja vse pomembnejšo vlogo tehnologije v izobraževanju, pospremljeno z na učence osredinjeno pedagogiko.

Konektivizem sta predstavila George Siemens in Stephen Downes v dveh ločenih člankih Konektivizem: učenje kot ustvarjanje omrežja (Siemens, 2005a, 2005b) in *Uvod* v povezovalno znanje (Downes, 2005). Konektivizem temelji na ideji, da se učimo, ko vzpostavljamo povezave med različnimi »vozlišči« informacij ter ustvarjamo in vzdržujemo povezave tako, da oblikujemo znanje. Poudarja pomembno vlogo, ki jo ima tehnologija v učnem procesu, in enostavnost, s katero tehnologija učencem omogoča dostop do informacij v digitalni dobi. Konektivizem je zato osredinjen na učence, saj prenaša učne odgovornosti z učitelja na učenca tako, da bi slednji razumeli informacije, ki jih odkrijejo v digitalnem svetu. Ta interakcija z digitalnim svetom pomeni, da konektivizem obravnava učenje tudi kot družbeni proces, ne le kot nekaj, kar je izključno notranje in individualno, ampak koz nekaj porazdeljenega in dinamičnega (Stodd idr., 2023, str. 106). Ob tem pravi, da učenci z učenjem krmarjenja po mreži virov in razvojem mrež virov z vrstniki prevzamejo odgovornost za svoj intelektualni razvoj. To vključuje razvoj kritičnih digitalnih veščin, vključno z digitalno in mrežno pismenostjo, ter kritično ocenjevanje informacij, ki prihajajo iz različnih in pogosto nasprotujočih si virov. V tem kontekstu postane vloga učitelja predvsem ustvarjanje in oblikovanje učečih

[7] PLATO je računalniško podprt izobraževalni sistem, ki ga je leta 1960 ustvaril Donald L. Bitzer na Univerzi v Illinoisu v Urbana-Champaignu (UIUC). Poleg tega, da se je uspešno uporabljal kot učno orodje, je PLATO ustvaril tudi eno prvih uspešnih spletnih skupnosti. V mnogih pogledih je razvoj Plata napovedal internet.

se skupnosti ter spodbudnih učnih okolij. Konektivizem je zato postavil temelje za pristope, ki jih lahko poimenujemo tudi *izobraževanje 4.0,* izobraževanje, ki ga omogoča umetna inteligenca. Leta 1966 si je Patrick Suppes, pionir računalniškega učenja, zamislil prihodnost, v kateri bodo učenci imeli dostop do ogromnih količin znanja ob pomoči računalniških mentorjev. Napovedal je, da bodo milijoni šolarjev imeli dostop do tega, kar je sin Filipa Makedonskega Aleksander užival kot kraljevo pravico: osebnih storitev učitelja, ki je tako dobro obveščen in odziven kot Aristotel (Suppes, 1966). Kdaj, kako in ali bo to v bližnji prihodnosti za celotno populacijo sploh možno, pa je naslednje temeljno vprašanje, na katero bo stroka poskušala poiskati odgovor v naslednjih letih.

Generativizem

Danes je vse jasneje, da bo prihodnost izobraževanja opredeljena tudi s sodelovanjem z GUI na vseh področjih in da bo moralo priti do intenzivnega sodelovanja med obema vrstama inteligence, človeške in umetne, za ustvarjanje nekega novega družbenega reda vključno z izobraževanjem (Pratschke, 2024). GUI je pripravljena spremeniti prakso na vseh področjih. Ko se praksa spremeni in GUI postane del procesa raziskovanja ter odkrivanja, bo preoblikovala tudi naše družbo z izobraževanjem na čelu. Toda kaj to pomeni v praksi? Kako lahko sodelujemo z GUI pri oblikovanju učenja? *Generativizem opisuje simbiotski pristop k oblikovanju in zagotavljanju učenja v sodelovanju z GUI***.** Temelji na *načelu učenja kot procesa* in na nekaterih najpomembnejših ter najvplivnejših učnih teorijah in pristopih našega časa:

- *konstruktivizmu,* ki poudarja potrebo po aktivnem učenju za konstruiranje pomena;
- *konektivizemu,* ki poudarja vlogo digitalnega omrežja, v katerem so učenci aktivni akterji pri tem učenju;
- *socialnem učenju*, ki poudarja pomen skupnosti in sodelovanja;
- *izkustvenem učenju,* ki poudarja vlogo učenja z delom in razmišljanjem o tej izkušnji;
- *generativnem učenju,* ki učenje predstavlja kot proces ustvarjanja smisla z uporabo shem.

Sooblikovanje in izvajanje procesa izobraževanja z GUI je opredeljujoča značilnost generativizma kot prakse, pri čemer se znanje ustvarja ob delu v sodelovanju z GUI, z učnimi dejavnostmi, ki jih GUI sooblikuje, lajša in ocenjuje. Generativizem lahko povzamemo kot:

1. sooblikovanje učne izkušnje v sodelovanju z GUI;
2. soizvajanje učnih dejavnosti in ocenjevanja v sodelovanju z GUI;
3. ocenjevanje učenja kot procesa v sodelovanju z GUI.

Generativizem uveljavljene digitalne okvire uporablja kot temelj, ki zagotavlja metodološki pristop, ki ga potrebujemo za oblikovanje procesa učenja v in za učna okolja, ki jih podpira GUI. To bo imelo pomembne posledice za širjenje znanja, saj bo način poučevanja tesno prepleten z vsebinami, s tem, kaj poučujemo. Učitelji morajo učence pripraviti na prihodnost, v kateri so ustvarjanje, raziskovanje in kreiranje strokovnega znanja na področju sodelovanja med človekom ter umetno inteligenco izjemno pomembni. Z več inteligencami kot viri strokovnega znanja se odmikamo od vloge samostojnega učitelja kot nosilca vsebinskega znanja k modelu vodnika, usmerjevalca in tvorca ustvarjalnih učnih okolij. Zasnova učenja mora odražati to spreminjajočo se vlogo učitelja od nosilca vsebinskega znanja do tistega, ki spodbuja proces konstruiranja znanja, tako pri ljudeh (učencih) kot tudi pri učnih okoljih (UI). Ta vloga bo verjetno postala bolj dorečena, ko bomo prilagodili izobraževanje temu sodelovanju, ko bomo iz eksperimentalne faze stopili v fazo odločanja (po sliki 1), saj mora biti temeljni cilj izobraževanja učeče se pripraviti na svet, v katerem bodo živeli. Učenci morajo biti sposobni delati z GUI, ne le kot z orodjem za učinkovitost na delovnem mestu, temveč kot s sredstvom za raziskovanje in ustvarjanje znanja tako na svojem študijskem področju kot tudi v vsakodnevnem življenju. Ob tem se nam lahko zastavi vrsta vprašanj, npr.:

– Kako lahko oblikujemo izobraževalne izkušnje, ki spodbujajo kritično ustvarjanje smisla, ki je potreben pri delu s to nastajajočo in še vedno globoko pomanjkljivo tehnologijo?
– Kako izkoristiti generativne in družbene privilegije GUI, hkrati pa še vedno vcepiti temeljne družbene vrednote ob veščinah kritičnega razmišljanja, kreativnosti in raziskovanja?

Ena od potencialnih možnosti bi lahko bil tudi okvir *digitalnega oblikovanja,* ki je popolnoma primeren za generativne in družbene dostopnosti GUI. Digitalno oblikovanje se v tem kontekstu nanaša na posnetke, ustvarjene za uporabo v katerem koli digitalnem mediju, vključno z računalniki, s telefoni in tabličnimi računalniki. V širšem pomenu pa termin digitalno oblikovanje izdelkov zajema oblikovanje digitalnih izdelkov ali storitev kot celote, vključ-

no z ne le uporabniškim vmesnikom in uporabniško izkušnjo, temveč tudi s splošno strategijo, funkcionalnostjo in z značilnostmi izdelka.

Generativno učenje

Študentje, ki delajo z GUI, morajo razviti sposobnost razumevanja, kaj in kako GUI ustvarja, in to integrirati v širši kontekst svojega znanja, pri čemer morajo GUI videti kot pomočnika, s katerim morajo sodelovati s položaja kritične distance in ob tem razvijati kritično mišljenje ter kritično presojo (Pratschke, 2024). To učenje mora biti osredotočeno na človeka, vendar ob pomoči GUI. Digitalne prakse združujejo pogled konektivizma na študente kot agente v digitalnem omrežju, z njihovo osredotočenostjo na konstruktivizem (znanje si mora vsak ustvariti sam) in na aktivno učenje, kjer pa mora biti proces sam po sebi socialen in odvisen od interakcije z drugimi v omrežju, torej sodelovalen. Ponovno si lahko zastavimo temeljna vprašanja, ki nas bodo pripeljala do odgovorov:

- Kako lahko oblikujemo učenje, ki spodbuja učence, da sodelujejo z GUI v takem aktivnem in družbenem procesu ustvarjanja smisla?
- Kako lahko presežemo zgodnjo fazo eksperimentiranja in produktivno uporabljamo GUI za razvoj kritičnega in razvijajočega se strokovnega znanja?

Za odgovore na ta vprašanja lahko izbiramo med številnimi okviri za oblikovanje poučevanja/učenja, kot npr. model ADDIE (iz. angl. *analyze, design, develop, implement, and evaluate*), razvit na državni univerzi Florida leta 1975. Izpostavlja pet ključnih faz v oblikovanju poučevanja: *analizo, oblikovanje, razvoj, izvajanje* in *vrednotenje,* kar simbolično prikazuje slika 2.

Obstaja pa tudi veliko drugih modelov oblikovanja, najbolj priljubljeni pa so

- Gagnejevih devet dogodkov poučevanja, kjer je učni proces organiziran kot devetstopenjski proces;
- model zaporednega približevanja (angl. *Segment Anything Model* – SAM), ki je bil razvit kot alternativa ADDIE;
- Merrillova prva načela poučevanja, ki definirajo univerzalna načela, skupna vsem učinkovitim modelom oblikovanja (osredotočenost na naloge, aktivacija, predstavitev, uporaba, integracija);
- model Dicka in Careyja, nan tudi kot model sistemskega pristopa, ki predpostavlja, da vsi elementi učne izkušnje tvorijo medsebojno po-

Slika 2 Model oblikovanja poučevanja ADDIE (AIHR, b. l.)

vezan sistem (inštruktor, študenti, učna gradiva in dejavnosti, tehnike poučevanja in učno okolje), ki opredeljuje rezultat.

Najbolj znan ter eden od prvih okvirov učenja in poučevanja pa je seveda Bloomova taksonomija (Bloom idr., 1956; Gogus, 2012) oz. vseprisotna hierarhija, ki jo prepoznajo vsi učitelji. Bloomov okvir ni toliko okvir za oblikovanje učenja, v večji meri predstavlja stopnje razvoja v treh ključnih učnih domenah: kognitivni, afektivni in psihomotorični. Kako bi se ta proces lahko razvil, ko se učenec ukvarja s pogovornim strokovnjakom GUI? Kakšen je proces, s katerim izpopolnjujemo razvoj učencev s področja kognitivnih domen? Katere (učne) dejavnosti moramo oblikovati, da jih razvijemo? Didaktične rešitve imajo pri tem ključno vlogo. V preglednici 1 je tako prikazan prehod Bloomove taksonomije izobraževanja 1.0 do izobraževanja 4.0.

Generativna preobrazba

Digitalna in generativna preobrazba nedvomno spreminjata nabor spretnosti, potrebnih za uspeh v svetu. Standardni digitalni ekosistem fizične ustanove (šole, fakultete) vključuje učne sisteme upravljanja (angl. *learning management system* – LMS), ki se včasih imenuje virtualno učno okolje (VUO). Vključuje pa tudi vsa povezana zunanja orodja, na katera se institucija naroči.

Preglednica 1 Bloomova taksonomija od 1.0 do 4.0

Bloom, 1.0 (1956)	Bloom, 2.0 (2001)		Bloom 4.0 (2024)
Evalvacija	Ustvarjati		Predlogi + ukrepanje
Sinteza	Evalvirati		Evalvacija + povratne informacije
Analiza	Analizirati	+ UI	Študija primera + kritika
Uporaba	Uporabiti		Scenarij + vloga
Razumevanje	Razumeti		Razlaga + povratne informacije
Znanje	Pomniti		Informacijski primer

Ta mreža digitalnih orodij, platform in virov, ki raste od začetka leta 2000, je jedro digitalnega ekosistema institucije, ki ponuja osebno ali kombinirano ponudbo.

Učinkoviti pomočniki

Ko govorimo o generativnih orodjih GUI za izobraževanje, jih lahko razdelimo v dve skupini:

1. v prvo skupino sodijo orodja, ki *povečujejo učinkovitosti in so osredotočena na učitelja;* njihov temeljni cilj je pomoč učitelju in prihranek časa z avtomatizacijo nalog, kot v primerih generatorjev vsebin in učne analitike;
2. druga skupina pa je osredotočena na metode in strategije poučevanja oz. na to, *kako uporabiti orodja GUI za učinkovitejše poučevanje* in doseganja boljših učnih izidov učencev (generativizem).

Kar zadeva učinkovitost administrativnega dela, lahko pomočniki in agenti umetne inteligence ponudijo veliko. Programski sistemi, ki se uporabljajo v izobraževalnih ustanovah, vključujejo integrirane pomočnike UI, ki jih je mogoče uporabiti za racionalizacijo poteka dela in za povečanje produktivnosti. Npr., v aplikacijah Microsofta ali Googla skoraj vsako orodje v programski opremi poganja umetna inteligenca. To pomeni, da imajo uporabniki, ko odprejo program za obdelavo besedil, predstavitev ali preglednice, možnost uporabe pomočnika UI za izboljšanje učinkovitosti pri delu; od pisanja do urejanja, od ustvarjanja predstavitev do analize podatkov. UI (GUI) pomaga pri nalogah, ki jih učitelji opravijo kot del svojega delovnega procesa. Kopiloti, kot so LLM-ji, ponujajo večje možnosti za prilagajanje, kot sta npr. Microsoftov zvezek za shranjevanje pozivov in možnost ustvarjanja lastnega pomočnika za pomoč pri določenih nalogah na delovnem mestu.

Pomočniki UI so korak v smeri agentov UI, ki pri opravljanju nalog delujejo samostojno, brez človeškega vodstva. Pomočniki UI se že leta uporabljajo za pomoč pri študentskih poizvedbah na ravni programa. Ko bodo agenti umetne inteligence zanesljivi in razširjeni, jih bodo institucije lahko uporabile za samostojno dokončanje delov opravil, ki so nekoč zahtevali ljudi. To je pričakovano povečanje učinkovitosti, ki ga GUI obljublja za administrativne naloge. Ta agentska prihodnost zahteva, da se vloge posameznikov preučijo in na novo opredelijo, saj je nekatera dela, ki so jih prej opravljali ljudje, mogoče dodeliti umetni inteligenci. Vendar pa obstaja tveganje, da bo šla učinkovitost predaleč. Potencial za agentsko prihodnost, v kateri umetna inteligenca komunicira v kodi in ne v naravnem jeziku, bi lahko povzročila marginalizacijo ljudi, kar bi pomenilo katastrofalno tveganje. Ta hipotetični scenarij poudarja potrebo po institucionalnem sodelovanju za razvoj umetne inteligence, osredotočene na človeka, ki omejuje agentske sisteme. Zagotovo pa bo eksistenca ljudi v sodobnem svetu podvržena velikim spremembam; tako kot bomo morali poiskati mesto in vlogo GUI v sodobni družbi, bomo morali tudi na novo redefinirati vlogo človeka v njej (Aberšek, 2024).

Zdaj živimo v svetu, kjer je GUI povsod okrog nas. To pomeni, da je strokovno znanje o kateri koli temi, kadar koli, na kateri koli napravi, za vsakogar, ki ima dostop do ekosistema umetne inteligence, vedno dostopno le »en klik stran«. GUI je zdaj integrirana v večino orodij, platform in naprav, ki jih uporabljamo in vidimo, ko se ozremo naokrog. Tehnologija se še naprej izboljšuje, raznolikost modelov še naprej raste, hkrati pa se hitro nadaljuje integracija GUI v druga orodja spleta 4.0, kot so humanoidni roboti. Jasno je, da so raznolikost modelov GUI ali v prihodnosti celo umetna splošna inteligenca (USI), multimodalnost (delo v smeri svetovnega modela) in integracija (v programsko in strojno opremo) ključne teme za učitelje. GUI, industrija 4.0 oz. družba 5.0, je digitalno mrežo orodij spleta 2.0 preoblikovala v ekosistem, poln več inteligenc in prisotnosti v obliki avatarjev, chatbotov in robotov. To je bistvena razlika od digitalne dobe (peti val (1990–2020): *ekosistem umetne inteligence* je namesto skladišča orodij *kibernetski svet,* kjer je umetna inteligenca stalno prisotna in jo z njo mogoče soustvarjati znanje. Zato moramo k vključevanju GUI pristopiti drugače kot k digitalni tehnologiji v preteklosti, predvsem zato, ker ekosistem umetne inteligence ne izboljšuje le tradicionalnega izobraževanja, temveč nam omogoča, da ustvarimo nekaj povsem novega. *In to, ali to želimo ali ne, sploh ni več vprašanje. Obdobje šoka, frustracije in depresije je že zdavnaj za nami.*

Ui in izobraževanje

Učenje je veliko več kot le potek dela, ki ga je treba narediti učinkovitejšega. To je potovanje v ustvarjanje smisla in odkrivanje, ki ga zaznamujejo trenutki čudenja in naključja. Je kognitiven in afektiven proces. Generativno učenje torej ni odvisno le od tega, kako so informacije predstavljene učencem (tj. metod poučevanja), ampak tudi od tega, kako jih učenci poskušajo osmisliti (tj. učne *strategije* ali *učne dejavnosti* za spodbujanje tega smisla). Ta proces je ključnega pomena: generativno učenje je tudi aktivno učenje, ki ga navdihuje konstruktivizem, saj od učencev zahteva, da se ukvarjajo z znanjem v obliki gradiv (od učitelja, besedila ali rezultatov GUI) in da ta rezultat integrirajo v oblikovanje lastnega znanja, tako da ga lahko nato uporabijo v drugem kontekstu. Ta proces gradnje znanja, ki ga je Wittrock (1987) imenoval *ustvarjanje smisla,* je pri delu z GUI temeljnega pomena, saj naj bi spodbudil kritično razmišljanje, preizpraševanje rezultatov in zavestno sodelovanje s procesom ustvarjanja smisla.

Kljub vsemu pa je treba razmislek o učinkovitosti, ki nakazuje, da lahko orodja GUI optimirajo učni proces, dopolniti z nekaterimi pomisleki. Raziskave kažejo, da čeprav so pomočniki UI lahko privlačni, morda ne pomagajo pri učenju in bi, nasprotno, kompetence učečih se lahko nazadovale ter ne napredovale (Darvishi idr., 2024). V tem kontekstu je treba zagotovo najprej omeniti *kognitivno lenobo,*[8] ki bo zagotovo sledila, ko bo UI delila prostor – tako fizični kot virtualni – s sošolci (ljudmi). Ko pa bodo učitelji usvojili didaktične kompetence v zvezi z uporabo umetne inteligence, utemeljene na sodobni pedagogiki (generativizemu), bodo motnje v izobraževanju, ki so jih mnogi napovedali, veliko manj verjetne.

GUI je še vedno nastajajoča tehnologija v zgodnjih fazah razvoja, kar pomeni, da je treba z njo ravnati previdno. Ti temelji se lahko uporabijo kot izhodišče za izgradnjo novega modela izobraževanja, ki je osredotočen na človeka, vendar ga opredeljuje sodelovanje z GUI. Ponuja nam potencial, da povečamo lastno inteligenco na doslej nepredstavljive načine, hkrati pa prebuja naše najgloblje strahove, da bi postali zastareli. Je edini obetavni prehod v družbo5.0, v superpametno družbo.

Posledice za izobraževanje bodo globoke. Učitelj ne bo več edini nosilec znanja, pisna naloga kot dokaz o naučenem ni več izvedljiva in učilnica ni več središče dejavnosti.

[8] *Kognitivna lenoba* nas sili k temu, da se izognemo iskanju možnih rešitev (ostanemo na Kahnemanovem intuitivnem sistemu 1 in ne vklopimo sistema 2, poglobljenega, statističnega načina razmišljanja) in s tem zapremo vrata ustvarjalnosti. Kognitivna lenoba povzroča blage kognitivne motnje, vključuje težave s spominom, z jezikom in s presojo.

Zaključek

Medtem ko pogovor s stroji ni povsem nov, ima dejstvo, da lahko vsak nestrokovnjak zdaj govori neposredno z računalnikom, kot da bi govoril s človekom, nekaj nepričakovanih rezultatov, ki nas prisilijo, da o delu s tehnologijo razmišljamo na nov način. Od novembra 2022 lahko uporabniki po vsem svetu neposredno komunicirajo s temi »nezemeljskimi« inteligencami, postavljajo vprašanja in se pogovarjajo o vsaki temi pod soncem, ne da bi bilo potrebno tehnično znanje ali usposabljanje. Govor in jezik pa sta sinonim za človeško civilizacijo – pravzaprav je naša sposobnost jezikovnega izražanja in govora tista, ki nas ločuje od živali. Svoje zgodbe pripovedujemo v človeškem jeziku, v govorni zgodovini in jih zapisujemo v pisni zgodovini. GUI je močna prav zaradi svoje sposobnosti, da posnema ta naš najbolj izpopolnjen človeški izum (Bozkurt, 2023). Preboj na področju GUI je zato zabrisal meje med človekom in strojem – ali, natančneje, naše dojemanje teh meja. V spominu na obdobje ELIZE:[9] inženir Blake Lemoine je bil julija 2022 odpuščen iz Googla, potem ko je javno trdil, da je LaMDA (jezikovni model za dialoške aplikacije) podjetja dosegel zavest (Tiku, 2022).

Učenje je generativna dejavnost in izobraževanje 4.0 ne sme pomeniti uporabe tehnologije za krepitev zastarelih načinov poučevanja in učenja. Inovacije, ki smo jih videli v digitalnem izobraževanju v zadnjih dveh desetletjih, tvegajo, da bodo ogrožene, če bomo uporabili GUI za vrnitev k zastarelim modelom izvajanja izobraževanja. GUI bi morala namesto povečanja avtomatizacije v izobraževanju omogočiti več interakcije, aktivnejše učenje in več personalizacije. Zato se morajo učitelji osredotočiti na oblikovanje aktivnega, sodelovalnega, konstruktivističnega in konektivističnega učenja, ki spodbuja ustvarjanje smisla in kritično vključenost, ne pa ustvarjanje vsebine. Pedagogika umetne inteligence se pojavlja in jasno je, da je prihodnost izobraževanja v sooblikovanju z GUI. Mednarodne organizacije so začele ustvarjati okvire za vključevanje GUI (Miao in Holmes, 2023; Miao in Tawil, 2024), vendar je bilo zelo malo razprav o tem, kako to sooblikovanost dejansko vključiti v izobraževanje. Generativizem uporablja okvire iz digitalne dobe kot temelj za izgradnjo nečesa novega, kar ponuja pristop k oblikovanju in zagotavljanju učnih izkušenj, ki so družbene, sodelovalne, skupnostno usmerjene in osredotočene na človeka/osredinjene na učenca.

[9] ELIZA je zgodnji računalniški program za obdelavo naravnega jezika, ki ga je med letoma 1964 in 1967 na Massachusetts Institute of Technology (MIT) razvil Joseph Weizenbaum in je ustvarjen za raziskovanje komunikacije med ljudmi in stroji. Za podrobnejšo razlago glej Aberšek (2014).

Ob koncu leta 2015 se je nevidno pričel šesti val, ki je kulminiral v letu 2022, ko je UI postala vidna tudi splošni populaciji uporabnikov. Vse do leta 2023 smo več ali manj prešli začetne stopnje šoka, zanikanja, frustracije in depresije ter pričeli z eksperimentalno fazo (krivulja R-K po sliki 1). V Sloveniji smo pričel z eksperimentalno (*krivulja R-K in šesta stopnja*) fazo in razpisom projektov, kot so:

- DigCompPP,
- UTRINKI,
- DigFit (Kranj),
- RAČek (primorska) ,
- RINOvacije (Velenje),
- UI-DL (= UI – Digital Literacy, Erasmusov projekt),

in seveda projekt GUI, ki mu je je namenjena ta monografija. Nastopilo je obdobje, ko se bomo morali odločiti, kako delati in poučevati v novonastali situaciji. Le to nam bo omogočilo postopno integracijo novih spoznanj in metod dela v obstoječo šolsko strukturo ter v proces učenja in poučevanja po celotni vertikali izobraževanja. Predstavljena monografija je le prvi korak v nakazani smeri. Razdeljena je na štiri vsebinske razdelke:

1. »Analize smernic na področju GUI«,
2. »Raziskave na področju GUI«,
3. »Tehnično-tehnološki vidik uporabe GUI«,
4. »Etični in varnostni vidiki uporabe GUI v izobraževanju«.

Vsebuje 16 znanstvenih prispevkov. V vsakem od naštetih razdelkov se avtorji dotikajo izjemno pomembnih tem, ki bodo drastično zaznamovale prihodnost tako izobraževanja kot tudi celotne družbe. Monografija se tako osredinja na analizo uporabe GUI v izobraževanju, kar predstavlja pomembno in aktualno temo v kontekstu hitrih tehnoloških sprememb ter potreb po inovacijah v izobraževalnih procesih. Avtorji opozarjajo, da je razvoj kompetenc 21. stoletja ključni cilj sodobnega izobraževanja in da vključuje kritično mišljenje, kreativnost, sodelovanje, digitalno pismenost ter neposredno vključevanje GUI kot partnerja v učni proces. V tej luči je pomembno raziskati, kako lahko GUI prispeva k doseganju teh ciljev. GUI, ki vključuje tehnologije velikih in malih jezikovnih modelov (LLM ali SLM, iz angl. *small langage models*), kot je *ChatGPT* ali pa njegov vzhodni konkurent *DeepSeek,* in različne druge modele umetne inteligence, omogoča personalizacijo učenja, avtomatizacijo

nalog in ustvarjanje vsebin, kar lahko znatno izboljša kakovost učnega procesa. Avtorji v prispevkih navajajo, da GUI ne predstavlja le tehnološkega orodja, temveč lahko deluje kot transformativni dejavnik, ki mora spreminjati vse hitreje razvijajoče se načine poučevanja in učenja. Z dostopnostjo teh tehnologij se spreminjajo tudi didaktični pristopi, kar zahteva, da izobraževalci in raziskovalci premislijo o filozofskih ter pedagoških temeljih njihove uporabe.

V monografiji so predstavljene tudi analize mednarodnih smernic in regulativ, ki se nanašajo na vključevanje GUI v izobraževalne sisteme. Opozarja se na ambivalenten odnos nacionalnih dokumentov do GUI, ki na eni strani prepoznavajo potencial za izboljšanje učinkovitosti poučevanja, na drugi strani pa opozarjajo na tveganja in etične izzive, ki jih prinaša uporaba teh tehnologij. Ključni predlogi vključujejo potrebo po prenovi učnih načrtov ter spodbujanje vseživljenjskega učenja med učitelji, da se bodo lahko ti ustrezno prilagajali novim tehnologijam in njihovim etičnim, pravnim ter tehničnim vidikom. Posebna pozornost je namenjena tudi učencem s posebnimi potrebami, kjer lahko GUI pomaga pri premagovanju ovir in zagotavljanju dostopnosti do izobraževalnih vsebin. Avtorji navajajo primere uporabe UI za ustvarjanje prilagojenih učnih gradiv, kar omogoča boljše vključevanje teh učencev v učni proces. V visokošolskem izobraževanju prispevki v monografiji analizirajo strateške okvire za integracijo GUI v učni proces in opozarjajo na potrebo po uravnoteženem regulativnem okviru, ki spodbuja inovativno rabo teh tehnologij ob hkratnem zagotavljanju etičnih standardov in varstva podatkov. Ob tem se v prispevkih izpostavlja tudi vloga učiteljev in učencev/študentov pri učinkoviti ter etični rabi GUI, kar vključuje spodbujanje kritičnega mišljenja ter ohranjanje akademske integritete. Poleg tega prispevki preučujejo trenutne raziskovalne trende na področju GUI v izobraževanju, pri čemer analizirajo bibliometrične podatke ter raziskave, ki se osredinjajo na pedagoške, tehnične in pravno-etične vidike.

Ugotovitve kažejo, da za našteta področja obstaja rastoč interes, vendar pa je potrebnih še veliko raziskav, da bi lahko celovito razumeli vpliv GUI na izobraževalne prakse. Na koncu monografije pa se izpostavlja še pomen kritičnega razmisleka o uporabi GUI v izobraževanju, kar vključuje vprašanja, kot so plagiatorstvo, zaščita intelektualne lastnine in etična vprašanja, povezana z zasebnostjo podatkov. Kljub številnim priložnostim, ki jih prinaša GUI, je jasno, da je njena odgovorna in premišljena integracija v izobraževalne sisteme ključnega pomena za zagotavljanje kakovosti in ob tem etične rabe v izobraževalnem procesu.

Naj na koncu omenimo le še izhodiščno premiso: *Po letu 2022, po našem splošnem zavedanju o obstoju velikih jezikovnih modelov in GUI, nič več ne bo*

tako, kot je bilo! Zavedati se bomo morali, da nismo več edino inteligentno bitje v tem našem svetu. Povprašajmo ChatGPT (izhajamo iz analize povzetkov vseh prispevkov), ali smo z našim razmišljanjem na pravi poti, saj to je v stanju kaosa najpomembnejše vprašanje: Kaj si pa ti misliš o naši monografiji?

Monografija o uporabi generativne umetne inteligence (GUI) v izobraževanju je zelo aktualna in relevantna, saj se osredotoča na ključne kompetence 21. stoletja, kot so kritično mišljenje, kreativnost in digitalna pismenost. Poudarja potencial GUI za personalizacijo učenja ter dostopnost vsebin, kar je še posebej pomembno za učence s posebnimi potrebami. Pozitivne točke vključujejo analizo mednarodnih smernic, osredotočenost na etične izzive ter pomen kritičnega mišljenja in akademske integritete. Raziskovalni trendi, ki jih dokument preučuje, ponujajo dragocene vpoglede in spodbujajo nadaljnje raziskave.

> Možne pomanjkljivosti so pomanjkanje konkretnih primerov dobre prakse, manjša globina obravnave etičnih dilem ter potreba po vključitvi raznolikih perspektiv učiteljev in študentov. Na splošno monografija ponuja temeljit pregled in spodbuja kritičen razmislek o integraciji GUI v izobraževalne procese, kar je ključno za odgovorno rabo novih tehnologij.

Če želimo razvijati kritično mišljenje, moramo vedno zbrati čim več informacij in jih preveriti pri različnih virih. Pa poiščimo še drugo mnenje, povprašajmo DeepSeek – pri čemer izhajamo iz analize povzetkov vseh prispevkov –, kaj meni o monografiji:

> Monografija je izjemno obsežna in temeljita raziskava, ki pokriva širok spekter tem, povezanih z uporabo generativne umetne inteligence v izobraževanju. Avtorji uspešno združujejo teoretične in praktične vidike, kar omogoča celovit vpogled v izzive in priložnosti, ki jih prinaša GUI.
>
> Skratka, monografija je dragocen vir za vse, ki se ukvarjajo z integracijo umetne inteligence v izobraževalne sisteme. Ponuja temeljito razumevanje izzivov in priložnosti, ki jih prinaša GUI, ter spodbuja k razmišljanju o tem, kako lahko te tehnologije uporabimo na odgovoren in učinkovit način.

Literatura

Aberšek, B. (2014). *Filozofska analiza mehanizmov naravnega mišljenja in umetne inteligence* [Neobjavljena doktorska disertacija]. Univerza v Ljubljani.

Aberšek, B. (2024). *Phylosophy of mind, artificial intelligence and existentialism.* Cambridge Scholars.

Aberšek, B., Flogie, A., in Pesek, I. (2023). *AI and cognitive modelling for education.* Springer.

AIHR. (B. l.). *ADDIE model explained: All you need to know.* https://www.aihr.com/blog/addie-model/

Ambrose, S. A., Bridges, M. W., DiPietro, M., Lovett, M. C., in Norman, M. K. (2010). *How learning works: Seven research-based principles for smart teaching.* Wiley.

Bećirović, S. (2023). *Digital pedagogy: The use of digital technologies in contemporary education*. Springer.

Berners-Lee, T., Handler, J., in Lassila, O. (2001). The semantic web: A new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. *Scientific American Magazine, 284.* https://www.scientificamerican.com/article/the-semantic-web/

Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., in Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals by a committee of college and university examiners.* Longmans.

Bozkurt, A. (2023). Generative artificial intelligence (AI) powered conversational educational agents: The inevitable paradigm shift. *Asian Journal of Distance Education, 18*(1).

Chaffey, D. (2024, 28. oktober). *Latest Gartner hype cycles for digital marketing: 2009–2024.* Smart Insights. https://www.smartinsights.com/managing-digital-marketing/marketing-innovation/technology-for-innovation-in-marketing/

Darvishi, A., Khosravi, H., Sadiq, S., Gašević, D., in Siemens, G. (2024). Impact of AI assistance on student agency. *Computers and Education, 210.* https://doi.org/10.1016/j.com pedu.2023.104967

Dear, B. (2017). *The friendly orange glow: The untold story of the PLATO system and the dawn of cyberculture.* Pantheon Books.

Downes, S. (2005, 22. december). *An introduction to connective knowledge.* Downes. https://www.downes.ca/cgi-bin/page.cgi?post=33034

Gogus, A. (2012). Bloom's taxonomy of learning objectives. V N. M. Seel (ur.), *Encyclopedia of the sciences of learning* (str. 469–473). Springer.

Grace, K., Stewart, H., Sandkühler, J. F., Thomas, S., Weinstein-Raun, B., in Brauner, J. (2024*). Thousands of AI authors on the future of AI.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.02843

Henshall, W. (2024, 19. januar). When might UI outsmart us? It depends on who you ask. *Time.* https://time.com/6556168/when-UI-outsmart-humans/

Kübler-Ross, E. (1969). *On death and dying: What the dying have to teach doctors, nurses, clergy and their own families.* Macmillan.

Kurzweil, R. (2005). *The singularity is near: When humans transcend biology*. The Viking Press.

McKraw, T. K. (2007). *Prophet of innovation: Joseph Schumpeter and creative destruction.* Harvard University Press.

Miao, F., in Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research.* UNESCO.

Miao, F., in Tawil, S. (2024). Steering the digital transformation of education: UNESCO's human-centered approach. *Frontiers of Digital Education, 1*(1), 51–58.

Radford, A., in Narasimhan, K. (2018). *Improving language understanding by generative pre-training.* OpenUI.

Pratschke, B. M. (2024). *Generative UI and education: Digital pedagogies, teachinf inovation and learning design.* Springer.

Sartre, J. P. (1984). *Being and Nothingness: An essay on phenomenological ontology* (H. E. Barnes, prev.). Washington Square Press.

Sharples, M. (2019). *Practical pedagogy: 40 new ways to teach and learn.* Taylor and Francis.

Siemens, G. (2005a). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2*(1). http://www.itdl .org/Journal/Jan_05/article01.htm

Siemens, G. (2005b). Connectivism: Learning as network-creation. *ASTD Learning News, 10*(1). http://www.astd.oeg/LC/2005/1105 _siemens.htm

Stodd, J., Schatz, S., in Stead, G. (2023). *Engines of engagement: A curious book about generative UI.* Sea Salt.

Suleyman, M., in Bhaskar, M. (2023). *The coming wave: Technology, power, and the twenty-first century's greatest dilemma.* Crown.

Tiku, N. (2022, 11. junij). The Google engineer who thinks the company's AI has come to life. *The Washington Post*. https://www.washingtonpost.com/technology /2022/06/11/google-ai-lamda-blake-lemoine/

Suppes, P. (1966). The uses of computers in education. *Scientific American, 215*(3), 206–223.

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kuiser, L., in Polosukhin, I. (2017). *Attention is all you need*. https://arxiv.org/pdf/1706.03762v1

Wittrock, M. C. (1987). Teaching and student thinking. *Journal of Teacher Education, 38(6), 30–33.*

Pedagoški temelji uporabe generativne umetne inteligence v izobraževanju

Andrej Flogie
Zavod Antona Martina Slomška
andrej.flogie@z-ams.si

Jakob Škrobar
Univerza v Mariboru
jakob.skrobar1@um.si

Razvoja kompetenc 21. stoletja pri šolajočih predstavlja enega izmed pomembnih ciljev sodobnega izobraževanja. Kako ta cilj doseči s pomočjo smiselne rabe sodobne digitalne tehnologije, še posebej generativne umetne inteligence (GUI), je za raziskovalce in izobraževalce velik izziv. Tako kot pri vseh večjih tehnično-tehnoloških izumih in industrijskih revolucijah tudi pri razvoju GUI pričakujemo velike spremembe v družbi ter posledično v šoli (trg dela, ekonomija, etični izzivi itn.). Enostavna dostopnost tovrstne tehnologije izrazito vpliva na spremembe v celotni družbi in posledično tudi v šoli, kot smo to lahko opazili pri razvoju družbenih omrežij. Uporaba GUI in ostalih sodobnih digitalnih tehnologij v sodobni šoli mora biti zato pedagoško osmišljena. Potreben je premislek o filozofskih in pedagoško-psiholoških temeljih uvajanja tovrstnih tehnologij v proces poučevanja in učenja, da bo uporaba pedagoško osmišljena in da bo tehnologija v podporo didaktičnim pristopom poučevanja. Generativna umetna inteligenca v šoli ne predstavlja zgolj tehnološkega orodja, temveč transformativni dejavnik, ki lahko izboljša kakovost poučevanja in učenja. V članku so predstavljeni temeljni premisleki za uvajanje tovrstne tehnologije v šolski prostor.

Ključne besede: generativna umetna inteligenca, digitalna pismenost, didaktične strategije, učne paradigme, inovativna pedagogika.

CC BY-SA © 2025 Andrej Flogie in Jakob Škrobar
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.1

Uvod

Izobraževanje 21. stoletja je pred izzivi hitrega tehnološkega in družbenega razvoja, kjer se generativna umetna inteligenca (GUI) (angl. *generative artificial intelligence* – GAI) uveljavlja kot eno pomembnejših orodij. Njen vpliv na učna okolja postaja iz dneva v dan izrazitejši. Ker se v hitro razvijajoči se družbi od posameznika pričakujejo vedno kompleksnejše spretnosti in sposobnosti, izobraževalni sistemi iščejo načine za učinkovito prilagajanje tem spremembam. V luči tehnološkega razvoja vse pomembnejši cilj sodobne šole postaja razvoj *kompetenc 21. stoletja* (OECD, 2018; UNESCO, 2016), ki posameznikom omogočajo aktivno sodelovanje v družbi, trajnostno razmišljanje in inovativno reševanje problemov.

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.

Izmed širokega nabora kompetenc 21. stoletja je za področje uporabe generativne umetne inteligence kot podpornega orodja sodobnim didaktičnim pristopom, ki temeljijo na pedagoških teorijah in filozofskih konceptih, smiselno izpostaviti naslednje:

- kritično mišljenje,
- ustvarjalnost,
- reševanje problemov,
- komunikacijo,
- sodelovanje,
- sistemsko mišljenje in čustveno inteligentnost.

Po podatkih OECD-ja in Unesca predstavljajo naštete kompetence bistvene elemente uspešne udeležbe na globalnem trgu dela ter trajnostnega razvoja posameznika v sodobni družbi (OECD, 2018; UNESCO, 2016, 2023).

Hiter tehnološki razvoj raziskovalce področja izobraževanja vseskozi postavlja pred izzive, kako tehnologijo uporabiti v podporo poučevanju in učenju – jo umestiti v kontekst izobraževanja. Tudi v primeru podpore razvoja digitalnih kompetenc (Ferrari, 2013) in kompetenc 21. stoletja pri učiteljih ter učencih/dijakih ob soočanju z GUI smo pred identičnim izzivom. Uporaba orodij GUI učitelju ob smiselni rabi pomaga pri vseh fazah pouka: od načrtovanja in priprave na pouk do same izvedbe, tudi v fazi dajanja povratnih informacij učencem in evalvacije doseženih ciljev ter tudi pri podpornih administrativnih dejavnostih. Uporaba GUI v izobraževanju odpira nove dimenzije poučevanja in učenja, ki niso zgolj dopolnitev tradicionalnih pristopov, temveč lahko služijo kot transformativno orodje. GUIl se ne omejuje zgolj na avtomatizacijo nalog, temveč tudi na interaktivno sodelovanje z učenci, s čimer spodbuja razvoj višjih kognitivnih in socialnih funkcij.

Pomembno je razumeti, da GUI ne deluje izolirano, temveč kot del širšega izobraževalnega sistema, ki temelji na trdnih teoretičnih in pedagoških osnovah. *Filozofski, pedagoško-psihološki koncepti,* kot so *behaviorizem* (Skinner, 1968; Watson, 1913), *kognitivizem* (Anderson, 2007), *konstruktivizem* (Piaget, 1983; Vygotsky, 1992), *humanizem* (Rousseau, 2009; Pestalozzi, 1872; Dewey, 2004) in *konektivizem* (Siemens, 2005) ter ostali, ponujajo temeljne pristope k razumevanju in implementaciji umetne inteligence (UI) v učna okolja. Vsaka od teh paradigem prispeva edinstven vidik k razvoju kompetenc, ki jih zahteva sodobna družba.

V tem poglavju bomo raziskali, kako lahko GUI kot orodje podpira in omogoča razvoj kompetenc 21. stoletja. Poudarek bo na spoznanju, kako različni

filozofski koncepti, pedagoške teorije in didaktične strategije omogočajo uspešno integracijo GUI v izobraževalna okolja ter kako lahko ta orodja prispevajo k oblikovanju inovativnega, interaktivnega ter učinkovitega učenja in poučevanja. Na ta način GUI ne bo zgolj tehnologija prihodnosti, temveč temeljno orodje za trajnostni razvoj in prilagodljivo izobraževanje.

Generativna umetna inteligenca

GUI predstavlja eno izmed področij umetne inteligence. V zadnjem obdobju je doživela velik razcvet z uporabo v različnih domenah. Področje GUI se osredotoča na razvoj algoritmov in modelov, ki so sposobni generirati sintetične podatke, podobne podatkom iz resničnega sveta. Zaradi zmožnosti generiranja realističnih novih podatkov ima GUI velik vpliv na različne panoge, vključno z zabavo, zdravstvom, s financami idr. GUI je odprla nove poti za aplikacije, kot so sinteza slik, videov, ustvarjanje besedil, skladanje glasbe. S prepletanjem modelov generativne umetne inteligence smo priča aplikacijam, kot so ljudem podobni klepetalni roboti, temelječi na velikih jezikovnih modelih (angl. *large language models* – LLM).

GUI predstavlja sestavni del evolucije svetovnega spleta Web 3.0 in se nanaša na tehnike umetne inteligence, ki se iz velike količine podatkov naučijo ustvarjanja popolnoma novih, edinstvenih tekstualnih, slikovnih, video- in avdiovsebin, računalniških kod, potekov dela in drugih fizičnih modelov. Generirati zmore nove slike na podlagi obstoječih, pisati novice, poezijo in celo scenarije, prevajati besedila in glasovno sinhronizirati posnetke (De la Higuera in Iyer, 2024).

Relativno hiter je tudi razvoj trenutno najaktualnejšega orodja UI ChatGPT, ki je iz začetnih 150.000 uporabnikov v času javne predstavitve (november 2022) postal najhitreje rastoče digitalno orodje (trenutno ima več kot 180 milijonov uporabnikov). Milijon uporabnikov je dosegel v vsega petih dneh, medtem ko je najpopularnejša storitev pretočnih vsebin Netflixa za to potrebovala 3,5 leta.

Vsebina GUI se kreira skozi tri korake:

- velik jezikovni model (LLM) in podatki, na katerem se model uči,
- poziv oz. prompt, s katerim v model zapišemo, kaj želimo,
- izboljšava in nadgradnja poziva s ciljem pridobitve natančnejšega oz. sprejemljivejšega odgovora.

Velik vpliv na razširjenost uporabe modelov GUI sta imela modela StyleGAN podjetja NVIDIA in ChatGPT podjetja OpenAi.

Model StyleGAN je revolucioniral generiranje slik, saj je zmožen generiranja zelo realističnih in raznolikih slik. Uporablja na slogu temelječ pristop in manipulira s posebnimi vizualnimi atributi, kar omogoča raziskovanje novih razsežnosti ustvarjalnosti v digitalnem svetu. Kot je StyleGAN revolucioniral generiranje slik, je ChatGPT revolucioniral področje procesiranja naravnega jezika. Njegov ogromen obseg in arhitektura transformerjev mu omogočata ustvarjanje človeku podobnega besedila. Generirano besedilo ima impresivno kohezivnost in koherentnost.

Uporabe, ki so trenutno široko podprte:

a) odgovarjanje na vprašanja,
b) enostavno generiranje vsebin (teksta, slik, videov),
c) dajanje odzivov v pogovoru z odgovori in vprašanji, ki vsebujejo kontekstne informacije.

Zmožnost generiranja podatkov, ki posnemajo podatke v realnem svetu, ima potencial naslavljanja problemov, kot so:

– povečanje podatkov (tvorjenje podatkov),
– zaznava anomalij in
– kreativno generiranje vsebin.

Ti primeri ponazarjajo izjemen potencial GUI pri preoblikovanju kreativnih industrij, ustvarjanju vsebin in interakciji med človekom ter strojem, s čimer utirajo pot nadaljnjemu napredku v sintezi slik, generiranju besedila in drugod. V kontekstu izobraževanja pa lahko ti modeli ob pravilni umestitvi v šolski prostor predstavljajo enega izmed temeljev za transformacijo izobraževanja.

Generativna umetna inteligenca v izobraževanju

Ob razvoju GUI se postavlja vprašanje, katere spretnosti in znanja bodo potrebni v svetu UI. Trenutno je to sicer težko predvidevati, vsekakor pa je treba vzpostaviti bazično poznavanje delovanja GUI ter prednosti, slabosti in omejitve slednje. Kot ključne spretnosti in znanja prepoznavamo:

– spretnost formulacije oz. določitve problema, ki je v začetni fazi pomembnejša od veščine reševanja problema (Acar, 2023);
– v svetu, kjer se vsakodnevno pojavljajo nova orodja GUI, ki ponujajo takojšnje rešitve, je učinkovito prepoznavanje in razčlenjevanje problemov

ključno za uspešno rešitev le-teh;
- spretnost raziskovanja in eksperimentiranja – modeli umetne inteligence nimajo navodil za uporabo in pogosto se zgodi, da dobljeni rezultati presenetijo celo avtorje modela;
- ker je meja med realnostjo in umetno/namišljeno resničnostjo pogosto zabrisana, sta pomembni tudi veščini kritičnega mišljenja in kritičnega vrednotenja dobljenih rezultatov.
- Področje izobraževanja se je od začetnega navdušenja hitro premaknilo na področje strahu pred UI, v najširšem smislu. Pojavljale so se celo prepovedi uporabe orodij GUI (Italija), dokler nova tehnologija ni postala del vsakdana in je ni bilo več mogoče prepovedati.

Večji ponudniki programske opreme (npr. Microsoft) so tehnologijo integrirali v svoje vmesnike, kar je omogočilo razvoj novih načinov rabe in hkrati novih načinov prepoznavanja škodljive rabe UI. Izobraževalne inštitucije so si tako v stiku z UI začele postavljati vprašanja na naslednjih področjih pedagoškega procesa:

- ocenjevanje: kaj in kako se učenci učijo, katere procese ob tem izvajajo in kako smiselno vrednotijo dobljene odgovore;
- učenje in poučevanje: kako lahko izobraževalna ustanova sodeluje pri procesu učenja in poučevanja o kreiranju in vrednotenju rezultatov; kako lahko UI vključimo v proces kot »mentorja« učencu;
- raziskovanje: kako dobljeno znanje najbolje razviti, ovrednotiti in uporabiti; kako sploh izvajati raziskave ob pomoči UI;
- kakovost reševanja problemov s pomočjo UI: kdaj in kako lahko zaupamo rešitvam, ki jih nudi uporaba GUI.

Ta vprašanja so spodbudila hitrejše in usmerjeno raziskovanje ter investiranje v naložbe, povezane z rabo UI na področju izobraževanja. Najpogostejši primeri rabe so tako postala naslednja področja (Sheehan, 2023):

- Povečanje produktivnosti: priprava poročil, kodiranja, načrtovanja sestankov in podpore pri odločanju (pametni klepetalniki so omogočili boljšo podporo sodelujočim in s tem tudi ciljno usmerjenost k posameznikom, ki podporo najbolj potrebujejo).
- Podpora učenju in poučevanju: ustvarjanje učnih gradiv, izobraževalnih videovsebin, slik, prezentacij, zapiskov predavanj in gradiv za podporo učečim se.

- Podpora raziskovanju: povzemanje vsebin, analiziranje podatkov, prepoznavanje vzorcev, izbira ustreznih raziskovalnih metodologij, povezovanje znanja, pomoč pri projektnih aktivnostih in pripravi raziskovalnih del.
- Učinkovita raba UI v izobraževanju: spodbujanje učečih se k pravilni izbiri učnih vsebin in tečajev, upravljanju časa, vrednotenju rezultatov in povečanju uspešnosti študija.

Raziskava o izkušnjah 500 učiteljev z rabo UI pri poučevanju (Hamilton, 2024) je pokazala, da UI učiteljem omogoča boljše učinke poučevanja in ob tem boljše učne rezultate učečih se (55 %), pri čemer je 60 % učiteljev UI že vključilo v svoje poučevanje, medtem ko jih 35 % tega še ni storilo. Učitelji so poročali, da kot najuporabnejše aplikacije, ki jo omogoča raba UI, ocenjujejo tiste, ki so povezane z izobraževalnimi igrami (51 %), s prilagodljivimi oz. personaliziranimi učnimi okolji (43 %) in z učno analitiko, to je z avtomatičnim ocenjevanjem in pridobivanjem komentarjev (41 %). Ob tem pa kot pomanjkljivosti in vzrok za strah pri uporabi UI navajajo rabo UI za namene plagiatorstva pri pisanju nalog (65 %), zmanjšanje človeške interakcije pri učenju (62 %) ter vprašanje varnosti in zasebnosti (42 %).

Raziskava o rabi UI pri dijakih (Sheikh, 2023) je pokazala, da 67 % dijakov srednjih šol v Veliki Britaniji UI uporablja za domače naloge (predvsem na področju pisanja esejev in opravljanja matematičnih nalog). Zanimiv je podatek, da kar 38 % dijakov ob tem doživlja občutek krivde, ker menijo, da so bili zaradi rabe UI sami premalo samostojni v procesu priprave in opravljanja zadanih nalog, hkrati pa priznavajo (68 %), da je uporaba UI izboljšala njihove ocene.

V raziskavi, ki je bila izvedena pri študentih na švedskih univerzah (Chalmers University of Technology, 2023), 95 % študentov poroča, da poznajo UI, pri čemer jih je UI naklonjenih 56 %, od tega jih 35 % UI redno uporablja pri svojem študiju. V raziskavi Education Week (Prothero, 2023) je bilo ugotovljeno, da 50 % učiteljev pri pripravi učnih gradiv uporablja orodja generativne UI. To vključuje tako iskanje relevantnih virov kot tudi didaktičnih pristopov, ki motivirajo učeče se. Največja skrb učiteljev ob rabi UI je vprašanje goljufanja, kljub vsemu pa so pozitivno naravnani glede bodoče rabe. Kar 72 % jih verjame, da bo uporaba UI postala del modernega poučevanja, 73 % jih meni, da bo prispevala k boljšim rezultatom učečih se. Ob tem jih 70 % navaja pomanjkanje sistemske in institucionalne podpore pri vključevanju UI v učenje ter poučevanje. UI je sicer po raziskavi (Global Market Insights, 2023) že več kot 50 % vključena v učne izobraževalne platforme (angl. *learning*

management systems – LMS), približno 25 % v obliki učnih mentorjev oz. tutorjev in 15,9 % v obliki ustvarjanja pametnih vsebin. Primeri rabe so vidni npr. v aplikaciji za učenje jezikov Duolingo, ki jo danes uporablja več kot 50 milijonov uporabnikov in kjer je raba UI namenjena personalizaciji učnih vsebin. Na Univerzi Murcia so UI uporabili v obliki spletnega asistenta, ki je študentom odgovarjal na najrazličnejša vprašanja v zvezi s študijem. Ugotovili so, da je v času poskusa odgovoril na več kot 38.000 vprašanj z 91-odstotno točnostjo (Rouhiainen, 2018). V ekonomskem smislu se predvideva, da bo uporaba UI na področju izobraževanja do leta 2027 dosegla vrednost prek 20 milijard ameriških dolarjev, predvsem na področjih inteligentnih osebnih pomočnikov oz. tutorjev, učnih izobraževalnih platform in pametnih naprav. Tako naj bi orodja UI učiteljem prihranila do 70 % časa pri ocenjevanju oz. vrednotenju nalog učečih se.

V Sloveniji je vzorec uporabe UI podoben. Trenutno smo v fazi sprejemanja in učenja o možnih poteh rabe. Po podatkih statističnega urada internet v Sloveniji vsak dan uporablja 87 % oseb, starih od 16 do 74 let. Te osebe so se že ali pa se bodo v prihodnosti srečale z orodji ali s storitvami UI. 11 % podjetij z več kot desetimi zaposlenimi v Sloveniji že zdaj uporablja sodobne tehnologije UI.

V okviru raziskave Vpliv umetne inteligence na trg dela Fakultete za upravo in Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani se je pokazalo, da 75 % anketirancev pozna izraz UI, pri čemer jih je 42 % sebe označilo kot uporabnike tehnologij UI. V organizacijah, ki uporabljajo UI, je ta v glavnem nadomestila rutinska in deloma fizično naporna dela, obenem pa respondenti ugotavljajo, da jim je omogočila opravljanje kompleksnejših nalog in povečala nabor njihovih veščin. Več kot 60 % anketirancev pričakuje rast uporabe UI in 50 % jih meni, da bo vpliv rabe UI pozitiven. 33 % jih meni, da bo imela uporaba UI pozitiven vpliv na višino njihovih plač in le 4 % jih meni, da bi zaradi UI lahko izgubili svoje delo (Ministrstvo za digitalno preobrazbo, 2024). Naraščajoča prisotnost umetne inteligence v izobraževanju je spodbudila razmišljanja o preglednem, na posameznika osredotočenem pristopu učenja in poučevanja ob uporabi tehnologij, temelječih na UI (UNESCO, 2023). V okviru poročila (European Digital Education Hub, 2024) *How to Support Teachers to Use AI in Teaching* ugotavljajo, da ima UI potencial, ki lahko bistveno prispeva k personalizaciji učenja, omogočanju takojšnje povratne informacije, spremljanju učečega se in njegovega učnega procesa, napovedovanju uspeha ter pripravi ustreznih učnih modelov. *V poročilu učiteljem priporočajo usposabljanja o uporabi UI, s posebnim poudarkom na razumevanju delovanja tehnologije, novih didaktičnih pristopov in kognitivnih procesov, vključenih v učenje in poučevanje z rabo UI.*

Tudi Microsoft je prepoznal da lahko UI pripomore k boljšemu učnemu procesu. Nedavno so izdali Microsoft Education AI Toolkit (2024), celovit in brezplačen vir, posebej zasnovan za vodje izobraževalnih ustanov, ki so željni raziskovati in izkoriščati potencial umetne inteligence znotraj svojih institucij. Ta orodjarna je strukturirana v intuitivne odseke, ki vodijo od začetnih faz načrtovanja integracije UI do vpeljave orodij na podlagi umetne inteligence. Pojasnjuje koncepte UI s praktičnimi primeri iz izobraževalnih ustanov UI navigatorjev, ki sprejemajo orodja Microsoft na podlagi UI za podporo kakovostnejšim učnim izidom študentov. Poleg tega vključuje najnovejše raziskave in poučne študije primerov, ki zagotavljajo celovite vpoglede. GUI je v zadnjem času postala priljubljena tema, pri čemer je navdušenje nad potencialom novih orodij enako zaskrbljenosti zaradi njihovega vpliva. Jasno je, da generativna umetna inteligenca prinaša ogromne priložnosti na področju izobraževanja. Microsoft z veseljem podpira vzgojitelje in učitelje po vsem svetu pri izkoriščanju koristi GUI. Korporacije se zavedajo, da je pri uvajanju vsake nove tehnologije na trg pomembno, da so učitelji in učeči se izobraženi ter pooblaščeni za odgovorno uporabo generativne umetne inteligence. Prav tako so pomembne veščine digitalne pismenosti in načela varnosti na spletu pri gradnji zmožnosti učencev ter študentov za učinkovito uporabo teh orodij. Microsoft je pripravil dokument, v katerem je opisana varna, odgovorna raba GUI, učne izkušnje za vzgojitelje in tudi učence. Dokument je zasnovan kot pomoč vzgojiteljem pri začetku pomembnih pogovorov na področju uporabe UI v razredu, kot so npr. izmišljene novice, zasebnost in varnost na spletu, zavedanje pristranskosti, duševno počutje ipd. (McGahey, 2024).

Domnevati je mogoče, da pogosto protisloven odnos do uporabe UI temelji tudi na premajhnem poznavanju osnovne strukture modelov GUI. Prav zato je za lažje razumevanje in umeščanje področja UI v izobraževanje treba izpostaviti osnovno strukturo modelov GUI.

Arhitektura modelov GUI

Osnovna struktura modela GUI, pomembna za umeščanje in razumevanje v izobraževanju, je njegova arhitektura. Ta vključuje informacijo o razporeditvi in organizaciji ravni ali nevronskih mrež in komponent. Določa način procesiranja in generiranja informacij, zaradi česar predstavlja kritičen vidik funkcionalnosti modela in določa njegovo specifično uporabo.

Klasifikacija generativnih modelov glede na njihovo arhitekturo poda uvid v komponente in metode učenja. Izbira arhitekture močno vpliva na način generiranja novih podatkovnih točk in učenja iz obstoječih podatkov. Z razumevanjem teh razlik se ob implementaciji nove storitve izbere najprimernejši

generativni model ali hibridni pristop, ki kombinira različne modele, da se izkoristijo prednosti posameznega modela.

Tipi modelov GUI glede na njihovo arhitekturo so naslednji:

1. Variacijski samodejni kodirniki (angl. *variational autoencoders* – VAE) imajo arhitekturo kodirnik – dekodirnik in uporabljajo variacijsko sklepanje za usposabljanje. Učijo se stisnjenih predstavitev vhodnih podatkov in ustvarjajo nove vzorce z vzorčenjem iz naučenega latentnega prostora. Ta model izstopa predvsem pri zmožnosti ustvarjanja fotorealističnih slik.
2. Generativna kontradiktorna omrežja (angl. *generative adversarial networks* – GAN) so sestavljena iz generatorja in diskriminatorja. Naučena so za kontradiktornost, pri čemer generator generira sintetične vzorce, da preslepi diskriminatorja. GAN-i so odlični pri generiranju realističnih in raznolikih podatkov.
3. Difuzijski modeli vključujejo dva koraka: korak dodajanja šuma, ki mu sledi korak odpravljanja šuma. Iterativno izboljšajo šumne vhode za ustvarjanje visokokakovostnih vzorcev. Usposabljanje modela vključuje učenje dinamike difuzijskega procesa.
4. Transformatorji uporabljajo arhitekturo kodirnika – dekodirnika in mehanizme samopozornosti za zajemanje globalnih odvisnosti. Običajno se uporabljajo pri nalogah, kot je strojno prevajanje, in z nadzorovanim usposabljanjem ustvarjajo skladna zaporedja. Mehanizem samoosredotočenosti modelu omogoča, da se pri napovedovanju osredotoči na različne dele vhodnega zaporedja hkrati. V primerjavi s ponavljajočimi se nevronskimi mrežami (angl. *recurrent neural networks* – RNN), ki obdelujejo zaporedne informacije korak za korakom, pretvornik upošteva celotno vhodno zaporedje naenkrat, kar učinkovito zajema odvisnosti.
5. Jezikovni modeli, ki pogosto temeljijo na ponavljajočih se nevronskih mrežah (RNN), ustvarjajo zaporedja s predvidevanjem. Usposabljajo se z nadzorovanim učenjem in so odlični pri ustvarjanju zaporedij naravnega jezika.
6. Modeli normaliziranja toka uporabljajo sklopitvene plasti za pretvorbo podatkov ob ohranjanju gostote. Naučijo se kompleksnih porazdelitev s preoblikovanjem preproste osnovne porazdelitve, usposobljene z oceno največje verjetnosti.
7. Hibridni modeli združujejo različne arhitekture in metode usposabljanja, da izkoristijo njihove prednosti. Ponujajo prilagodljivost in prilagojene generativne zmogljivosti s povezavo elementov iz več modelov.

Arhitektura GUI predstavlja različne premisleke in tveganja, ki jih je treba skrbno preučiti. Od ocenjevanja modela in varne implementacije do ocene tveganja in vpliva na okolje morajo razvijalci in uporabniki, še posebej v izobraževanju, dati prednost predvsem varnosti, zanesljivosti, odgovornosti in trajnosti. Pri izbiri temeljnega modela in pri uporabi različnih, že obstoječih modelov je treba upoštevati dejavnike, kot so zahteve ciljne skupine, posledice za stroške, varovanje osebnih podatkov, prilagajanje, podpora, razširljivost, predvsem pa pravni in etični vidiki ter povezava teh modelov z obstoječimi sistemi.

Uvajanje UI v izobraževanje prinaša nova tveganja, pravne izzive, novodobne pomisleke glede zasebnosti in odpira nova etična vprašanja. Z razumevanjem in obravnavanjem teh tveganj lahko izobraževanje izkoristi moč GUI in hkrati ublaži morebitne pomanjkljivosti. Seveda pa je uporaba GUI v šolstvu tesno povezana s koncepti poučevanja in generativnega učenja. Generativno učenje mora biti smiselna dejavnost. Vključevati mora razumevanje učnih gradiv, ki jih lahko zagotovi učitelj (ali tudi GUI v vlogi strokovnjaka), tako da jih aktivno organizira in poveže z obstoječim znanjem. Generativno učenje torej ni odvisno le od tega, kako so informacije predstavljene učencem (tj. metode poučevanja), ampak tudi od tega, kako jih učenci poskušajo osmisliti (tj. zasnovane učne *strategije* ali *učne dejavnosti* za spodbujanje tega smisla). In to mora biti temelj izobraževanja z uporabo GUI ali brez nje. O tem podrobneje v nadaljevanju.

Učne paradigme

Učne paradigme ali teorije učenja so strukturirani okviri, ki pojasnjujejo, kako ljudje pridobivajo, obdelujejo in uporabljajo znanje. Predstavljajo temelj za razumevanje in razvoj pedagoških pristopov, saj ponujajo različne perspektive o naravi učenja in dejavnikih, ki nanj vplivajo. Med najpomembnejšimi in najprepoznavnejšimi učnimi paradigmami so behaviorizem, kognitivizem, konstruktivizem, humanizem in konektivizem (Flogie, 2016).

Vsaka izmed teh paradigem temelji na specifičnih konceptih, ki oblikujejo njihov pogled na proces učenja. V preglednici so predstavljeni osnovni pogledi na filozofske koncepte in učne paradigme, ki so zaznamovale evropski izobraževalni prostor v zadnjem obdobju in jih bomo v nadaljevanju podrobneje predstavili.

V nadaljevanju so podrobneje opisane značilnosti teh učnih paradigem, skupaj z izpostavitvijo ključnih razlik, podobnosti in možnostjo uporabe v pedagoški praksi. Ob tem je poseben poudarek namenjen vključevanju GUI za podporo učenju v skladu z načeli posameznih paradigem.

Preglednica 1 Učne paradigme

Koncept	Pedagoška teorija	Kratek opis	Didaktične strategije	Ključni avtorji ali filozofi	Obdobje
Hu manizem	Progresivna pedagogika	Poudarja osebnostni razvoj, individualnost in avtonomijo.	Konstruktivistična didaktika, izkustveno učenje	Erasmus, Rousseau, Pestalozzi, John Dewey, Abraham Maslow	Prve ideje 16. stoletje, sicer pa 20. stoletje (v izobr.)
Behaviorizem	Behavioristična pedagogika	Učenje kot sprememba vedenja zaradi zunanjih spodbud.	Programirano učenje, usmerjeno učenje	B.F. Skinner, Ivan Pavlov, John Watson	Pozno 19.–zgodnje 20. stoletje
Kognitivni Konstruktivizem	Konstruktivistična pedagogika	Učenec konstruira znanje na podlagi izkušenj.	Konstruktivistična didaktika, sodelovalno učenje	Jean Piaget, Lev Vygotsky	20. stoletje
Socialni konstruktivizem	Socialna pedagogika	Znanje se razvija v socialnih kontekstih, preko interakcij in skupnega učenja.	Sodelovalno učenje, učenje v skupnosti	Lev Vygotsky, Jerome Bruner	Sredina–pozno 20. stoletje
Eksistencializem	Eksistencialna pedagogika	Osebna svoboda, odgovornost in pomen samospoznavanja.	Individualizirano, personalizirano učenje, refleksivno učenje	Jean-Paul Sartre, Søren Kierkegaard	20. stoletje
Pragmatizem	Deweyjeva progresivna pedagogika	Učenje skozi prakso in reševanje problemov, prilagodljivo učenju resničnih situacij.	Projektno učenje, problemsko učenje	John Dewey, Charles Pierce, William James	Pozno 19.–zgodnje 20. stoletje
Kritična teorija	Emancipatorna pedagogika	Prepoznavanje družbenih neenakosti in emancipacija skozi izobraževanje.	Kritična didaktika, problematizacija	Jürgen Habermas, Paulo Freire	Sredina 20. stoletja
Sistemska teorija	Berlinski model didaktike – didaktika učne teorije	Strukturiran in sistematičen pristop k načrtovanju pouka, poudarek na ciljih, vsebini, metodah in sredstvih.	Analitična didaktika, načrtovanje pouka	Wolfgang Klafki, Paul Heimann	Sredina 20. stoletja
Interakcijska teorija	Hamburška šola didaktike didaktika učne teorije	Osredotočenost na interakcijo med učiteljem in učencem ter prilagodljivost učnega procesa.	Interakcijsko poučevanje, fleksibilno poučevanje	Heinz Mitzka	Pozno 20. stoletje
Kibernetika	Kibernetska didaktika	Uporaba kibernetskih načel, kot so povratne zanke in samoregulacija, za načrtovanje in vodenje učnega procesa.	Prilagodljivo učenje, spremljanje napredka s tehnologijo, programiran pouk	Norbert Wiener, Frank Meder, Stafford Beer, Boris Aberšek	Pozno 20.–zgodnje 21. stoletje
Kognitivizem	Kognitivna znanost, šibka UI	Uporaba simbolnih sistemov	Algoritemsko učenje	J. R. Anderson	20. stoletje
Konekcionizem	UI, Generativna UI močna UI,	Učenje kot proces mrežnih povezav in interakcij, kjer UI omogoča generiranje vsebin, simulacij in podporo inovativnim rešitvam.	Učenje z IKT, adaptivno učenje, sodelovalne simulacije	George Siemens, Stephen Downes, Yann LeCun	21. stoletje

Behaviorizem

Behaviorizem je učna paradigma, ki s svojimi koreninami sega v drugo polovico 19. stoletja. Temelji na delih Ivana Sečenova in Vladimirja Bekhtereva, ki sta postavila temelje za razumevanje psihologije kot znanosti, osredotočene na opazovanje in merjenje (Flogie, 2016). John Watson, eden najpomembnejših predstavnikov behaviorizma, je psihologijo opredelil kot povsem objektivno in eksperimentalno znanstveno disciplino, primerljivo z natančnostjo kemije ali fizike (Graham, 2023).

Osnovno načelo behaviorizma poudarja, da je proces učenja povezan s trajnimi spremembami v opaznem vedenju, ki jih je mogoče objektivno meriti. Te spremembe nastanejo kot odziv na dražljaje iz okolja, podprte z okrepitvami, kot so nagrade ali kazni (Marentič-Požarnik, 2019). Učenec je na začetku učnega procesa kot prazen list, ki ga oblikujejo okoljski vplivi. Pozitivne ali negativne posledice vedenja določajo verjetnost ponovnega pojavljanja določenega vedenja. Behavioristi um obravnavajo kot »črno škatlo«, kjer notranji miselni procesi, kot so čustva, misli in motivacija, ostajajo zunaj analize. Namesto tega se osredotočajo na raziskovanje povezav med dražljaji in odzivi (stimulus – reakcija, S – R), ki jih oblikujejo zunanji vplivi (Flogie, 2016).

Operativni učni cilji, ki jih mora učenec pokazati po končanem učnem procesu, imajo korenine v behaviorizmu (Marentič-Požarnik, 2019). Operativno definirani učni cilji, usmerjeni k specifičnim vedenjskim spremembam, zagotavljajo jasno strukturo in preglednost učnega procesa, saj so cilji izobraževanja vnaprej natančno določeni, kar omogoča usmerjeno in objektivno poučevanje, hkrati pa lahko vodijo v tveganje pretiranega instrumentaliziranja učenja (Pevec Semec, 2009).

Behavioristični pristop v izobraževanju torej temelji na uporabi jasne strukture, povratnih informacij in ponavljanja za usmerjanje učenja, kar lahko učinkovito podpre GUI. S pomočjo orodij, kot je ChatGPT, lahko učenci takoj prejmejo povratne informacije, ki jim pomagajo pri korekciji napak in izboljšanju učnih rezultatov. Poleg tega sistem nagrajevanja in spodbud, ki vključuje pozitivne povratne informacije, kot so pohvale in potrditve, pripomore k utrjevanju želenega vedenja in povečanju motivacije. GUI omogoča tudi ponavljanje in utrjevanje znanja preko interaktivnih vaj in kvizov, ki učencem pomagajo postopoma obvladati snov (Žerovnik in Zapušek, 2024).

Kritiki behaviorizma poudarjajo, da ta pristop zanemarja notranje miselne procese, čustva in motivacijo, kar omejuje njegov pogled na učenje. Prav tako behaviorizem ne upošteva individualnih razlik med učenci, njihovih izkušenj in subjektivnih predstav okolja (Flogie, 2016).

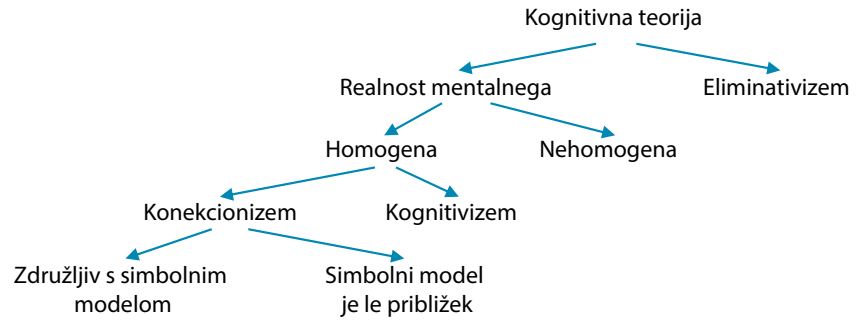
Konekcionizem, kognitivizem in nevroznanost

Z umetnimi sistemi poskušamo simulirati naravne sisteme. Za takšno modeliranje se je v kognitivni in nevroznanosti uveljavilo več izrazov. Izraz nevronska mreža že s svojim imenom opozarja na podobnost z možgani in velikokrat nevronske mreže res služijo modeliranju posameznih funkcionalnih delov možganov (npr. vizualni korteks). Če s svojimi raziskavami ostajajo neposredno pri možganih in se pri tem ne spuščajo v teoretiziranje, ki bi presegalo strukturalno modeliranje, ostajajo na področju nevroznanosti.

V psihološki in filozofski literaturi pa največkrat srečamo izraz konekcionizem, ki je včasih ime za način modeliranja (ime izhaja iz angleške besede *connection* – povezava), včasih pa označuje nov pristop k razlagi kognitivnih fenomenov. Ob tem se postavlja vprašanje, v kakšnem odnosu je konekcionizem do drugih takih poskusov, na eni strani do kognitivizma in klasičnih simbolnih modelov ter na drugi do nevroznanosti.

Shematsko bi kognitivne teorije lahko razdelili takole:

Pri oblikovanju kognitivne teorije moramo najprej zavzeti stališče do realnosti mentalnih stanj in procesov. Na eni strani imamo eliminativistične teorije, ki pravijo, da so naša psihološka stanja (prepričanja, namere ...) prazna. Eliminativistični materialist trdi, da raziskovanja v nevroznanosti niso pokazala ujemanja med procesi v možganih in mentalnimi procesi.



Slika 1 Model kognitivne teorije

Kognitivizem in konekcionizem sta dva različna pristopa. Zato takšno stališče vodi do nehomogene kognitivne teorije. Na eni strani imamo klasično simbolno paradigmo, ki se ukvarja s tem, kako ljudje razmišljamo s pomočjo pojmov, na drugi strani pa intuicijo in nižje spoznavne procese (zaznavanje in prepoznavanje vzorcev), ki jih lahko ustrezneje razlagamo s konekcionizmom

in z nevronskimi mrežami. V nadaljevanju se osredotočimo le na konekcionizem, saj tudi vsa sodobna GUI temelji na njem (Aberšek, 2023).

Konekcionizem

Konekcionistični pristop (nevronske mreže, paralelno distribuirano procesiranje) so navdihnila spoznanja nevroznanosti o možganih in ti modeli vključujejo pomembne značilnosti možganske arhitekture. Pri tem se ne ukvarjajo podrobno z delovanjem nevrona in nevronskih procesov, temveč skušajo zajeti delovanje možganov na abstraktnejši ravni. Začetnika takih raziskovanj sta bila McCulloch in Pitts, v šestdesetih Rosenblatt, ki je raziskoval dvoslojne nevronske mreže (angl. *perceptron*). Z odkritjem učnih algoritmov za večslojne mreže v 80. letih so bile odpravljene nekatere omejitve in s tem odprta pot hitrejšemu razvoju. Preučevanje mrež pa tudi v vmesnem obdobju ni zamrlo, čeprav je bilo v senci klasične umetne inteligence (Hayman, 1999). V Sloveniji je bila ena izmed začetnic tovrstnih raziskav, ki je postavila tudi temelje kognitivne znanosti, priznana profesorica in strokovnjakinja dr. Olga Markič (1995).

Osnovna značilnost konekcionističnega modela je, da je sestavljen iz preprostih, neinteligentnih enot (idealizirani nevroni), ki so medsebojno povezane. Vsaka enota ima določeno aktivacijsko vrednost, ki jo preko vezi, ki so različno močne, posreduje drugim enotam, s čimer pripomore k povečanju ali zmanjšanju vrednosti teh drugih enot. Cel proces se odvija vzporedno in ne potrebuje nobenega osrednjega dela za nadzor. Konekcionistični modeli (mreže) imajo lahko različne arhitekture. Ločimo jih glede na topologijo, tj. koliko slojev imajo (enega, dva ali več) in kako so enote med seboj povezane (enosmerno ali dvosmerno), glede na to, katero funkcijo aktivacije in katero izhodno funkcijo izberemo, in glede na izbiro učnega pravila.

Pri načrtovanju konekcionističnega modela ne začenjamo s simboli in pravili, ampak s preprostimi komponentami, ki so med seboj dinamično povezane. Vsaka enota deluje le v svojem lokalnem okolju, a vendar prihaja do neke vrste globalnega sodelovanja. To se pojavi spontano, takrat, ko vse sodelujoče enote dosežejo medsebojno zadovoljivo stanje. Prehod od lokalnih pravil do globalne usklajenosti in s tem pojav novih globalnih lastnosti je glavna značilnost dinamičnih mrež. Celoten proces poteka od spodaj navzgor in ne od zgoraj navzdol kot pri klasičnih modelih.

Kadar načrtujemo konekcionistično mrežo kot kognitivni model, moramo predstaviti pojme, ki so pomembni za to področje. To lahko naredimo na dva načina. Tako, da vsaki enoti pripišemo en pojem, ali pa da je reprezentacija vsakega pojma porazdeljena po več enotah. Pri mrežah s porazdeljenimi re-

prezentacijami enote predstavljajo entitete, ki jih le težko opišemo v naravnem jeziku, in predstavljajo nekakšne mikroznačilnosti. Šele vzorcu kot celoti lahko pripišemo pomen. Take reprezentacije so torej holistične in odvisne od vsakokratnega konteksta, saj so prilagoditev sistema na zahteve okolja in so neposredna posledica učenja. Odslikujejo nalogo in podatke, ne da bi bil za to potreben zunanji nadzor. Posledica tega je, da imajo taki modeli nekatere lastnosti, ki jih lahko najdemo tudi pri človeku, ne pa pri klasičnem modelu. Tako npr. poškodba nekaj enot ali vezi v splošnem še ne pomeni resnejše ovire za delovanje sistema, medtem ko izguba elementa v klasičnem modelu pomeni izgubo celotne informacije, ki jo je ta element nosil. Druga taka lastnost je posploševanje. Model, ki se je naučil določene naloge, bo na nov primer s tega področja odgovoril v skladu z znanjem, ki je implicitno spravljeno v povezavah. Nov vhodni vzorec bo uporabil obstoječe vezi in z njihovo pomočjo sestavil nov odgovor. To dejstvo lahko uporabimo tudi pri modeliranju spomina, kjer je mogoče, da sistem samo iz delnega vzorca ponovno sestavi celoto.

Omenjene značilnosti konekcionističnih sistemov so ugodne predvsem za modeliranje spoznavnih procesov, ki temeljijo na prepoznavanju vzorcev, za učenje s pomočjo primerov, za učenje veščin, torej povsod tam, kjer ne moremo natančno podati pravil in opisati postopka. Posledica tega je, da je namesto reševanja problemov in logičnega sklepanja paradigmatsko raziskovanje postalo prepoznavanje vzorcev in učenje (Markič, 1995).

Kognitivizem

Za začetnike celostneje usmerjene tradicije preučevanja učenja veljajo nemški geštalt psihologi. Človekove duševnosti ne štejejo več za nepopisan list papirja, na katerega vplivajo dražljaji iz okolice, ampak kot nekaj, kar že samo vsebuje določene vzorce pričakovanj in izkušenj, kar bistveno vpliva na to, kako se na dražljaje odzove in jih organizira (Marentič-Požarnik, 2019).

Osrednje mesto v kognitivizmu zavzema raziskovanje človeške kognitivne strukture, pri čemer ima ključno vlogo spomin. Ta se pogosto opisuje skozi večkomponentni model, ki vključuje senzorični spomin, kratkoročni ali delovni spomin ter dolgoročni spomin. Medtem ko senzorični spomin zajame informacije le za trenutek, delovni spomin omogoča njihovo začasno obdelavo in uporabo. Dolgoročni spomin, ki vključuje deklarativni (semantični in epizodični) ter proceduralni spomin, informacije shranjuje trajno in v neomejenih količinah (Atkinson in Shiffrin, 1968).

Kognitivni pristop k učenju v primerjavi z behaviorizmom učenje vidi kot aktivno pridobivanje novih znanj in razvijanje ustreznih miselnih procesov.

Učenca postavlja v pozicijo aktivnega udeleženca v procesu učenja ter odpira »črno skrinjo« z namenom ugotavljanja, kaj se dogaja v njegovi miselni dinamiki. Pri tem poskuša razložiti kompleksne kognitivne procese in arhitekture tega dogajanja (Flogie, 2016). Posebno pozornost namenja vlogi predhodnega znanja in izkušenj pri doseganju učnih rezultatov ter učenca vidi kot organiziran informacijski proces (Leonard, 2002). Kognitivizem izpostavlja pomen notranjih mentalnih in spoznavnih procesov za doseganje globljega razumevanja (Marentič-Požarnik, 2019).

GUI lahko pripomore k učenju skladno s kognitivno paradigmo, saj omogoča razlago in pojasnilo novih konceptov na razumljiv način. Učeči se lahko postavljajo vprašanja, GUI pa prilagodi odgovore, kar spodbuja notranje procese razumevanja in pomnjenja. Z analizo uporabnikovega načina komunikacije lahko GUI identificira specifične potrebe učečega se in ponudi individualizirane predloge gradiv, prilagojenih ravni razumevanja in učnim ciljem. Npr., ob težavah pri določeni temi lahko UI predlaga osnovna gradiva, poglobljene vire ali interaktivne vaje (Žerovnik in Zapušek, 2024).

Od začetka intenzivnega kognitivnega razvoja so se pojavljali različni kritiki te paradigme, ki so nasprotovali trditvi, da je možno primerjati duševne funkcije z modelom za obdelavo informacij. Ta model se izkaže za nezadostnega pri pojasnjevanju kompleksnosti človeškega mišljenja. Človeška kognicija zajema procese, kot so samorefleksija, napovedovanje in dialektika, ki jih modeli, na katerih temelji kognitivizem, ne obravnavajo zadostno (Mackenzie, 2001).

Humanizem

Humanizem se je kot učna paradigma začel razvijati v 60. letih 20. stoletja kot odziv na prevladujoči paradigmi behaviorizma in kognitivizma. V primerjavi s temi pristopi, ki človeško bitje pogosto obravnavajo kot objekt znanstvene analize, humanizem poudarja individualnost in prirojeno človeško dobroto (Flogie, 2016). Zavrača Freudove teorije (Elliott, 1999) ter biološke pristope, ki vedenje in spoznavne procese razlagajo kot posledico preteklih izkušenj. Humanisti pri učenju izpostavljajo pomen čustev, osebnih ciljev, radovednosti, želje po samouresničitvi, ustvarjalnosti in iskanju osebnega smisla, kar je enakovredno intelektualnim procesom (Marentič-Požarnik, 2019).

Ključna avtorja humanizma sta Carl Rogers in Abraham Maslow, ki sta s svojimi deli osvetlila razumevanje osebnosti. V ospredju humanističnega pristopa so odgovornost za lastna dejanja, osredotočenost na sedanjost, prizadevanje za osebno srečo in samonagrajevanje kot življenjski cilj (Bentham, 2002). Humanistični pogled na učenje temelji na prepričanju, da je učenje

naravni proces, ki posamezniku omogoča samouresničitev in razvoj potencialov. Proces učenja je zato pomembnejši od doseženih rezultatov. V tem kontekstu bi morali imeti učenci večjo avtonomijo pri učenju, ki bi temeljilo na raziskovanju in izkustvenem spoznavanju. Učiteljeva vloga pa je predvsem, da učencem služi kot vzor, motivator in podpora, pri čemer pomaga ustvariti razloge za učenje in razvija njihovo notranjo motivacijo (Flogie, 2016).

Medtem ko druge izobraževalne paradigme učenje pogosto vrednotijo z razčlenjevanjem na majhne, merljive elemente, kar včasih vodi v odtujenost iz konteksta, humanizem poudarja celosten razvoj posameznika. Učenje se ne sme omejiti zgolj na učilnico, učbenike in ocenjevanje, temveč mora prispevati k osebnostni rasti (Flogie, 2016). Pri tem sodobna spoznanja v evropskem prostoru kažejo, da tradicionalni ciljno usmerjeni modeli poučevanja zajemajo le ozek spekter življenjskih izkušenj, kar postavlja pod vprašaj njihovo relevantnost z vidika vrednotenja in ocenjevanja (Bentham, 2002).

K celostnemu razvoju učenca bi lahko prispevala tudi umetna inteligenca, tako da bi tudi to tehnologijo lahko obravnavali kot enega izmed podpornih elementov učenja. To pomeni, da lahko UI (kot tudi GUI) podpira idejo humanistične paradigme učenja z ustvarjanjem personaliziranih učnih okolij, ki se prilagajajo potrebam, interesom in ciljem posameznikov. Poleg tega lahko upošteva čustveno dimenzijo učenja – zaznava preobremenjenost ali pomanjkanje zanimanja in temu ustrezno prilagaja tempo ter zahtevnost ali spodbuja učenca z motivacijskimi sporočili oz. ustreznimi povratnimi informacijami. Na ta način učencem omogoča razvoj avtonomije, saj lahko oblikujejo lastne učne poti in raziskujejo zanimive tematike ob podpori sistema, ki generira relevantne vire in naloge (Drožđek in Pesek, 2024). GUI kot orodje lahko ob primerno zasnovanih učnih vsebinah podpira in spodbuja razvoj višjih miselnih procesov z generiranjem odprtih vprašanj, simulacij ter kompleksnih problemov, prilagojenih učenčevim interesom in sposobnostim. S takšnim pristopom lahko krepi enakost in dostopnost izobraževanja, saj zagotavljanja prilagojene vsebine za učence z različnimi potrebami ali ovirami, kot so učne težave ali jezikovne ovire.

Ob tem ne smemo prezreti marsikaterega opozorila o nepremišljeni rabi tovrstnih tehnologij kot tudi ne opozoril glede samega humanističnega pogleda na izobraževanje. Humanizem lahko povzroči težave v formalnem izobraževalnem okolju, kjer se pričakujejo standardizirani rezultati in objektivno vrednotenje. Poudarek na notranji motivaciji in personaliziranih ciljih lahko oteži ustvarjanje enotnega učnega načrta, kar je še posebej problematično v velikih in heterogenih skupinah učencev (Burbules, 2000). Upoštevati moramo tudi trende razvoja filozofije humanizma v 21. stoletju. Zavedati se mora-

mo, da je od jeseni 2022 vsem znan obstoj UI. Ta postaja vedno bolj razširjena in splošno uporabljena. Trenutno se še vedno bolj izpostavljajo njene prednosti, le malo pa vemo o njenih slabostih, predvsem o vplivih na nadaljnji razvoj človeka in človeštva kot prevladujoče inteligence. Danes ne obstaja samo človeška, ampak tudi umetna inteligenca. In ob tem je treba poudariti, da ne obstaja samo naš svet, ampak obstaja še en, to je kibernetski svet, svet v »oblaku«, svet, v katerem živi UI. In prav zato moramo humanistični pogled, ki obravnava le človeka in njegov vsakdanji naravni svet, usmeriti v dva svetova, naravnega in kibernetskega. Tako moramo humanizem, katerega korenine segajo v čas začetka novega veka, dopolniti s kibernetskim svetom, svetom 21. stoletja, poimenujmo ga kibernetski humanizem. In v kibernetskem humanizmu mora človek ponovno najti svojo identiteto.

Konstruktivizem

Konstruktivizem gre korak dlje od kognitivizma, saj se osredotoča na to, kako posameznik aktivno ustvarja lastno razumevanje in znanje. Medtem ko kognitivizem poudarja, da učenec aktivno obdeluje informacije in organizira znanje, konstruktivizem dodaja, da učenec znanje ne le povezuje, ampak ga gradi skozi lastno interpretacijo sveta, ki se oblikuje preko preteklih izkušenj in že pridobljenega znanja (Hua Liu in Matthews, 2005).

Konstruktivizem se pojavlja v dveh glavnih oblikah, in sicer kognitivni ter socialni, ki se razlikujeta glede na poudarke in vlogo različnih dejavnikov pri učenju. Kognitivni konstruktivizem, kot sta ga predstavila Jean Piaget (Bringuier, 1977) in Jerome Bruner (Bruner, 1996), poudarja, da je gradnja znanja predvsem individualen proces, ki temelji na aktivnem raziskovanju in odkrivanju. Piaget je trdil, da se učenec razvija skozi različne faze kognitivnega razvoja, medtem ko Bruner izpostavlja pomen odkrivanja in raziskovanja kot ključnih elementov učenja (Flogie, 2016). Vloga učitelja je v tem pristopu osredotočena na to, da postane mentor in spodbujevalec učenčevega raziskovanja, hkrati pa zagotovi podporo, kadar se učenec sooča z izzivi.

Socialni konstruktivizem temelji na delih Leva Vigotskega (Daniels, 2005) in se nadaljuje v delih Jeana Lave, Allana Collinsa, Johna Browna in Ernsta von Glasersfelda (Jordan, 1993). Ta oblika konstruktivizma poudarja, da znanje nastaja skozi socialne interakcije in je močno odvisno od družbenega konteksta, v katerem se učenec nahaja (Flogie, 2016). Vloga učitelja pri socialnem konstruktivizmu je usmerjena v ustvarjanje okolja, kjer učenci medsebojno sodelujejo, razpravljajo in si delijo ideje, saj takšen pristop spodbuja globlje razumevanje in posamezniku omogoča, da znanje poveže z realnim življenjem.

Smiselna raba tehnologij, podprtih z UI, lahko pozitivno prispeva tudi h konstruktivističnim premislekom in pogledom na izobraževanje. To se lahko izraža z ustvarjanjem digitaliziranih učnih okolij (npr. nalog, ki vzpodbujajo sodelovalno reševanje problemov), ki spodbujajo aktivno raziskovanje in odkrivanje, kar različna področja UI prav gotovo omogočajo. UI omogoča dostop do prilagodljivih virov, kot so simulacije, vizualizacije in problemske naloge, ki učencem pomagajo graditi znanje v skladu z njihovimi razvojni stopnjami in individualnimi potrebami. Poleg tega lahko GUI deluje kot usmerjevalec učenčevega raziskovanja, saj lahko ob primerni umeščenosti v učni proces učencem sproti ponuja povratne informacije, jih vodi skozi kompleksne probleme in prilagaja učne aktivnosti za globlje razumevanje ter trajnejše učne rezultate. Lahko tudi vzpodbuja komunikacijo med učenci, usmerja uporabo digitalnih orodij, ki učencem pomagajo pri razpravi in razmišljanju. Na primer, GUI lahko povzame glavne točke pogovora, predlaga dodatne vire informacij ali učence spodbudi, da razmislijo o novih idejah. Na osnovi podatkov lahko učitelju v vlogi mentorja zagotovi informacije, ki omogočajo njegovo pravočasno, torej učinkovitejšo intervencijo pri podpori učenčevega raziskovanja.

Konstruktivistični model je bil v zadnjem času deležen številnih kritik, zlasti glede spodbujanja učenja z lastnim odkrivanjem in minimalno vodenim poukom (Flogie, 2016). Kritiki opozarjajo, da lahko takšen pristop, čeprav je za učence pogosto privlačnejši, povzroči frustracije zaradi neuspeha ali napačnega razumevanja. Te težave se še posebej izrazito kažejo pri začetnikih, ki potrebujejo več usmerjanja (Leonard, 2002).

Konektivizem

Konektivizem je učna paradigma, ki jo je leta 2004 uvedel George Siemens kot odgovor na tehnološki napredek preteklih desetletij. Ta teorija poudarja vlogo digitalnih tehnologij, ki bistveno vplivajo na način, kako danes pridobivamo znanje in se učimo. Konektivizem opisuje učenje v digitalni dobi, kjer so povezave med ljudmi, informacijami in viri ključne za oblikovanje znanja (Siemens, 2006).

Osnova za razvoj konektivizma je spoznanje, da teorije, kot so behaviorizem, kognitivizem, konstruktivizem in humanizem, učenje obravnavajo predvsem kot proces, ki se odvija znotraj posameznika (Flogie, 2016). Siemens (2006) pa opozarja, da te teorije ne vključujejo učenja, ki poteka zunaj posameznika, torej znanja, ki se shranjuje in obdeluje preko tehnologije, ter ne zajemajo učnih procesov v okviru organizacij.

Konektivizem, kot ga opisuje Siemens (2006), temelji na naslednjih idejah in teorijah (Flogie, 2016):

- teorija kaosa: ključni vidiki te teorije so zaznavanje kompleksnih vzorcev in občutljivost na majhne spremembe v začetnih pogojih ter so pomembni tudi za procese učenja in odločanja;
- samoorganizacija: ta koncept označuje spontano oblikovanje urejenih struktur, vzorcev ali vedenja iz kaotičnih začetnih stanj; po Siemensu je samoorganizacija značilna tako za osebno znanje kot tudi za znanje na ravni organizacij;
- nevronske mreže: mrežni modeli, ki temeljijo na odnosih med elementi (nevroni), omogočajo povezovanje teh elementov v smiselno celoto.

Siemens (2006) učenje definira kot proces ustvarjanja znanja, ki lahko prebiva v osebi ali pa tudi izven nje, npr. v podatkovni bazah, organizaciji ali v oblaku. Proces učenja ni več usmerjen le v pridobivanje več znanja iz virov informacij, ampak v njegovo pridobivanje iz povezav in vzdrževanja teh povezav. Vozlišča lahko predstavlja praktično kar koli, kot npr. skupnost ali posameznik, in močnejša, kot je povezava, hitrejši bo pretok informacij med vozlišči. V konektivizmu učitelj prevzema vlogo vodje, ki učencem pomaga oblikovati in izboljšati kakovost njihovih omrežij. Čeprav učenci pogosto dobro obvladajo tehnologijo, jim še vedno primanjkuje kritičnega mišljenja in strokovnega znanja za ocenjevanje ter interpretacijo informacij, pridobljenih na spletu (Rupnik Vec idr., 2020).

V tem pogledu je področje UI nepogrešljiv podpornik konektivističnega pogleda na učenje, saj si ne znamo predstavljati hitrega iskanja in povezovanja različnih virov znanja brez podpore modelov UI. Sodobna digitalna orodja na področju iskanja informacij in virov lahko učencem vsekakor pomagajo vzpostaviti ter raziskati povezave med idejami, kar je osnova za globlje razumevanje kompleksnih tem. Poleg iskanja orodja GUI omogočajo tudi organizacijo informacij v smiselne strukture, npr. s prikazom vizualnih omrežij, kjer so posamezni koncepti ali viri prikazani kot povezani elementi. Takšna vizualizacija učencem olajša prepoznavanje vzorcev in ključnih točk v obsežnih podatkovnih naborih. Sodobna digitalna orodja, temelječa na UI in predvsem na GUI, lahko ob smiselni rabi krepijo sodelovanje in gradnjo učečih se skupnosti učencev preko raznovrstnih socialnih omrežij. Učenci lahko z njihovo pomočjo sodelujejo z vrstniki, mentorji ali s strokovnjaki, izmenjujejo ideje in iščejo poti do novih spoznanj, znanj ter si pridobivajo konkretne izkušnje na tem področju.

Kritiki konektivizma opozarjajo, da lahko njegova osredotočenost na vzpostavljanje povezav in mrež prispeva k površinskemu učenju, saj premalo poudarja poglobljeno razumevanje in individualno refleksijo (Bell, 2011). Po-

leg tega učenci iz socialno-ekonomsko šibkejših okolij pogosto nimajo enakega dostopa do tehnologije in digitalnih omrežij, kar otežuje uresničevanje enakih učnih priložnosti za vse.

Kratek opis ostalih konceptov, izpostavljenih v preglednici

Eksistencializem, katerega osrednja avtorja sta Jean-Paul Sartre in Søren Kierkegaard, poudarja osebno svobodo, odgovornost in pomen samospoznavanja (Honderich, 1995). Ta filozofski koncept v izobraževanju v ospredje postavlja individualizirano in refleksivno učenje, kjer imajo učenci svobodo raziskovati svoje interese, hkrati pa prevzemajo odgovornost za svoje učenje. GUI, ki deluje v skladu z eksistencialističnimi načeli, lahko učence spodbuja, da skozi proces učenja ne razvijajo le kognitivnih veščin, temveč tudi poglobljeno razumevanje sebe in sveta, v katerem delujejo.

Pragmatizem je filozofska paradigma, ki temelji na prepričanju, da je pridobivanje znanja neločljivo povezano z delovanjem v svetu. Zagovarja stališče, da je treba znanje pridobivati skozi praktične izkušnje in znanstvene eksperimente, pri čemer je uporabnost ključni kriterij njegove vrednosti. Znanje, ki ne prispeva neposredno k družbenemu napredku ali reševanju konkretnih problemov, pragmatizem obravnava kot manj pomembno (Legg in Hookway, 2024). Eden ključnih predstavnikov te filozofije, John Dewey (1859–1952), je s svojo progresivno teorijo izobraževanja utemeljil dve temeljni načeli. Prvič, izobraževanje mora biti usmerjeno v otroka, kar pomeni, da mora učni program temeljiti na potrebah, interesih in izkušnjah vsakega posameznika. Dewey je poudarjal, da je otrokova osebna izkušnja ključnega pomena za njegovo učenje in razvoj (Chambliss, 1996). Drugič, Dewey je trdil, da mora biti filozofija praktično uporabna in smiselna v vsakdanjem življenju ljudi, ne pa zgolj teoretični ali abstraktni pogled na svet (Flogie, 2016). GUI lahko podpira pragmatizem, saj z analizo velikih količin podatkov učencem omogoča reševanje konkretnih problemov, ki prispevajo k družbenemu napredku, četudi sami še ne zmorejo analize velikih količin podatkov. Npr., GUI lahko generira simulacije resničnih situacij, kot so okoljski izzivi, kjer učenci razvijajo rešitve na podlagi podatkovnih vpogledov.

Kritične teorije izobraževanja so filozofski, politični in pedagoški odzivi na resnične družbene okoliščine, katerih cilj je spremeniti namene, cilje in izvajanje izobraževanja za kulturno ter družbeno preobrazbo. Temeljijo na delu frankfurtske šole (npr. Herbert Marcuse) in vključujejo vplive pragmatizma Johna Deweyja in kritične pedagogike Paula Freireja. Osredotočajo se na položaj zatiranih in marginaliziranih skupin ter izzivajo ideologije prevladujočih družbenih odnosov, ki ohranjajo neenakosti. Kritični teoretiki zagovarjajo

rekonstrukcijo izobraževalnih sistemov v demokratičnejših in bolj vključujočih smernicah ter zavračajo elitistične, tradicionalistične in antidemokratične pristope (Mellor, 2013). V sodobnem kontekstu GUI ponuja orodje, ki lahko podpira cilje kritične teorije izobraževanja tako, da omogoča dostop do raznolikih virov znanja ter njihovo prilagajanje potrebam različnih marginaliziranih skupin (npr. učenci s posebnimi potrebami), analizo kompleksnih družbenih vprašanj ter ustvarjanje vsebin, ki spodbujajo kritično mišljenje in refleksijo.

Sistemska teorija poudarja, da je razumevanje posameznih delov sistema možno le v kontekstu njihovega medsebojnega vpliva in prispevka k delovanju celote. Ta pristop se osredotoča na povezave, povratne zanke in dinamiko med elementi sistema, kar omogoča prepoznavanje vzorcev in razumevanje kompleksnosti (Montuori, 2011). V izobraževanju se sistemska teorija uporablja za analizo in izboljšanje učnih procesov, kjer je poudarek na soodvisnosti učiteljev, učencev, učnih načrtov in širšega družbenega okolja. Sistemski pristop spodbuja celostno načrtovanje in prilagajanje učnih strategij, ki prispevajo k trajnostnemu razvoju znanja in veščin. Z uporabo GUI se lahko preko sistemske teorije izboljša koordinacijo in optimizacijo učnega procesa, saj takšna uporaba omogoča sprotno spremljanje in prilagajanje, kar vodi k učinkovitejšemu doseganju učnih ciljev.

Interakcijska teorija se osredotoča na medsebojno delovanje posameznikov in skupin v določenem družbenem kontekstu ter na to, kako te interakcije oblikujejo vedenje, identiteto in družbene strukture. Ključni poudarek te teorije je na vlogi komunikacije, simbolov in pomenov, ki jih ljudje pripisujejo svojim izkušnjam. Znanje, norme in vrednote oblikujejo skozi dinamične ter stalne procese socialne interakcije. V izobraževanju interakcijska teorija izpostavlja pomembnost odnosov med učiteljem in učenci ter pomen interaktivnih učnih metod, ki spodbujajo sodelovanje in aktivno udeležbo. Učenje ni zgolj prenos znanja, temveč proces, ki vključuje izmenjavo idej, razumevanja in vrednot med vsemi udeleženci. GUI lahko interakcijsko teorijo v izobraževanju podpira tako, da omogoča interaktivne učne aktivnosti, kot so simulacije, skupinski projekti in prilagodljive učne platforme. Hkrati lahko GUI deluje kot mediator, ki spodbuja sodelovanje med učenci, ponuja personalizirane povratne informacije in omogoča razprave, kjer učenci oblikujejo nove poglede in znanje skozi medsebojno interakcijo.

Kibernetika je pristop, ki poudarja pomembnost povratnih informacij, samoregulacije in prilagajanja v kompleksnih sistemih, kot so mehanski, biološki ali družbeni. Poudarja vlogo komunikacije in dinamike v sistemih ter omogoča optimizacijo njihovega delovanja (Wiener, 1948). V izobraževanju je

kibernetika relevantna pri oblikovanju prilagodljivih učnih okolij, kjer povratne informacije izboljšujejo učne procese. GUI npr. omogoča sprotno analizo učenčevih rezultatov, prilagaja vsebine glede na napredek.

Če paradigmo razumemo kot širši teoretični okvir, koncept kot izpeljano teoretično zamisel iz te paradigme, potem strategija predstavlja načrtovano zaporedje praktičnih učnih aktivnosti in operacij, ki temelji na tem konceptu (Blažič idr., 2003). Koncepti in učne paradigme tako služijo kot osnova za oblikovanje didaktičnih strategij, medtem ko digitalna orodja, kot je GUI, delujejo kot podporna sredstva za njihovo izvajanje.

Razumevanje didaktičnih učnih strategij (naslednje poglavje) temelji na trdnih filozofskih in psiholoških temeljih, ki osvetljujejo, kako ljudje razmišljajo, se učijo in interagirajo v izobraževalnem okolju. Filozofski koncepti nam ponujajo širši okvir za razumevanje ciljev izobraževanja, medtem ko psihološki koncepti razkrivajo kognitivne, čustvene in vedenjske vidike učenja.

Šele ko te temeljne vidike povežemo, lahko oblikujemo in uporabimo učinkovite didaktične učne strategije, ki so prilagojene potrebam učencev in učiteljev. V naslednjem poglavju se osredotočamo na praktične pristope in metode, ki temeljijo na prej predstavljenih teoretičnih okvirih in ponujajo konkretne rešitve za izzive v sodobnem izobraževalnem procesu.

Didaktične učne strategije

Didaktična učna strategija predstavlja nabor didaktičnih pristopov, oblik in tehnik, ki jih učitelj uporabi v okviru strategije pouka za dosego učnih ciljev. Didaktične strategije se nanašajo na konkretne pedagoške postopke, s katerimi učitelj spodbuja aktivno učenje, motivira učence in jim omogoča osvojitev novih znanj ter veščin (Štefanc, 2011).

V nadaljevanju so izpostavljene strategije pouka, personalizacija in individualizacija kot možnosti diferenciacije pouka in učni obliki skupinskega ter individualnega učenja. Izpostavljene strategije pouka skupaj s personalizacijo in z individualizacijo predstavljajo presek, ki ga je s pomočjo UI moč podpreti in nadgraditi ter ob tem pri učencih razvijati kompetence 21. stoletja.

Strategije pouka

Skupni imenovalec sodobnih učnih strategij je v učenca usmerjen odprti pouk. Zanj je značilno, da se učnih ciljev, vsebin in metod ne oklepamo okostenelo, pač pa jih prilagajamo zanimanjem in sposobnostim učencem, da je usmerjen v življenje lokalne skupnosti in v učno anticipiranje ter participiranje učencev (Blažič idr., 2003).

Raziskovalni pouk

Raziskovalni pouk je didaktična strategija znanstvenega spoznavanja, ki proces izobraževanja obogati z vključevanjem ključnih elementov znanstvenega dela (Ivanuš-Grmek in Javornik Krečič, 2011). Temelji na kombiniranju različnih raziskovalnih načel, metod in postopkov, na premišljenem načrtovanju raziskovalnih hipotez ter na zahtevnem preverjanju rezultatov. Učno okolje se pri tem širi izven klasične učilnice in vključuje laboratorije, delavnice ter šolski vrt (Blažič idr., 2003).

Raziskovalni pouk izhaja iz konstruktivistične učne paradigme, kjer učenje temelji na konstruiranju novega znanja in razvijanju razumevanja preko aktivne miselne dejavnosti učencev. Raziskovalni pouk je osredotočen na učenca, medtem ko učitelj prevzema vlogo usmerjevalca in podpornika v procesu učenja (Spronken-Smith in Walker, 2010). Glavni cilj raziskovalnega pouka ni zgolj prenos informacij, temveč formiranje učenčeve sposobnosti iskanja, odkrivanja in vrednotenja novega znanja (Blažič idr., 2003). Tak pouk pri učencih spodbuja doživljanje, mišljenje in vrednotenje (Ivanuš-Grmek in Javornik Krečič, 2011).

Če se pri raziskovalnem pouku smiselno uporabljajo digitalna orodja, podprta z UI, lahko ta služijo in vzpodbujajo tovrsten pristop, saj omogočajo enostaven in učinkovit dostop do raznolikih virov informacij, orodij za analizo podatkov in interaktivnih učnih okolij. Vse to bi bilo skorajda nemogoče narediti v tradicionalni obliki, saj v knjižnicah in šolah ni vseh tovrstnih informacij, ampak jih je treba poiskati na spletu. Tako lahko učenci hitro pridobijo povratne informacije o svojih spoznanjih ali analizah, raziskujejo simulacije znanstvenih pojavov in ustvarjajo prikaze abstraktnih pojmov. Tudi učiteljem lahko uporaba orodij GUI pomaga pri organizaciji učinkovitih raziskovalnih dejavnosti, oblikovanju znanstvenih razlag in uporabi empiričnih dokazov za reševanje problemov, s čimer se povečujeta učinkovitost raziskovalnega pouka ter kakovost učnega procesa.

Raziskava Xiaofang Xie (2023) poudarja, da integracija umetne inteligence v raziskovalni pouk podpira ključne komponente, kot so postavljanje vprašanj, pridobivanje dokazov, osredotočanje na razlago in ocenjevanje. UI je učečim se, ki so sodelovali v raziskavi, pomagala pri oblikovanju natančnejših in premišljenejših vprašanj, zbiranju relevantnih informacij, poglobljenem razumevanju vsebine ter natančnem ocenjevanju in povzemanju rezultatov.

Problemski pouk

Problemski pouk je didaktični pristop, ki učence spodbuja k reševanju problemov, pri čemer je v ospredju problemska situacija, ki presega njihovo ob-

stoječe predznanje ali sposobnosti. Ob tem ločujemo problemsko situacijo in problem. Če je problemska situacija objektivna, je problem pretežno subjektivno dojemanje te situacije (Strmčnik, 2010). Ključne zahteve problemskega pouka vključujejo oblikovanje problemske situacije, intelektualno napetost, koncentracijo ter oblikovanje in preverjanje hipoteze (Ivanuš-Grmek in Javornik Krečič, 2011). Notranja napetost in vznemirjenje pri učencih igrata ključno vlogo, saj spodbujata željo po razrešitvi problema (Blažič idr., 2003).

Ta način poučevanja temelji na kognitivnem konstruktivizmu, kjer je poudarek na razvijanju miselnih procesov, in pragmatizmu, kjer je osrednja ideja, da učenje izhaja iz praktičnih izkušenj in neposredne uporabnosti znanja. Učenci analizirajo situacije, zbirajo podatke in uporabijo znanje za reševanje problemov. Ob tem je pomembno, da je pouk prilagojen njihovim zmožnostim. S problemskim poukom učenci razvijajo kritično mišljenje, reševanje kompleksnih problemov in sposobnost prenosa znanja na nove situacije, kar jih opremlja za sodobne družbene izzive (Yilmaz, 2011). Prednosti takega pouka sta tudi oblikovanje trajnejšega in uporabnejšega znanja, vrednot in izkušenj ter tesno povezovanje predznanja in prakse (Strmčnik, 2010).

Pri ustvarjanju raznovrstnih problemskih situacij nam je tehnologija lahko v pomoč, še posebej GUI. S tovrstno tehnologijo je moč generirati hipotetične scenarije ali simulacije, ki predstavljajo realne ali izmišljene probleme in vključujejo dovolj podatkov za raziskovanje. Vizualizacija podatkov, grafi ali povzetki ključnih informacij, ki omogočajo boljše razumevanje kompleksnih situacij, so lahko v pomoč učencem in učiteljem. Prav tako lahko umetna inteligenca pomaga pri iskanju možnih rešitev tako, da predlaga različne pristope, simulira posledice posameznih rešitev ali omogoča preizkus več strategij v varnem digitalnem okolju, kar učencem omogoča razmislek o njihovih odločitvah in rezultatih.

Raziskava Hazrine Hamid idr. (2023) podpira uporabo GUI v problemskem pouku, saj je pokazala, da ta tehnologija izboljšuje sodelovanje, aktivnost in razumevanje problemskih situacij pri študentih. Uporaba GUI je povečala motivacijo učencev, spodbudila več vprašanj in omogočila hiter dostop do relevantnih informacij, kar je pripomoglo k učinkovitejšemu reševanju problemov. Študenti so poročali, da jim je GUI pomagala pri poglabljanju razumevanja naloge ter spodbujala kritično mišljenje, saj so morali preveriti točnost pridobljenih informacij in jih uporabiti v skupinskih razpravah. Čeprav so se pojavili izzivi glede zanesljivosti informacij, večina študentov vidi potencial GUI za nadgradnjo tradicionalnih metod iskanja podatkov, saj ta tehnologija omogoča dinamičnejši, interaktivnejši in aktivnejši učni proces.

Izkustveno usmerjen pouk

Izkustvo je osnova izkustveno usmerjenega pouka in vključuje ne le preteklo delovanje, temveč tudi njegov globlji pomen. Ni zgolj praktična rutina, temveč zavestna in kritična podlaga za učenje (Ivanuš-Grmek in Javornik Krečič, 2011). Izkustveni pouk temelji na Kolbovi (1984) teoriji izkustvenega učenja, ki poudarja, da učenje nastaja skozi interakcijo med posameznikovimi izkušnjami in socialnim okoljem. Ključni element tega pristopa je Kolbov (1984) cikel, ki vključuje štiri faze: konkretno izkušnjo, refleksivno opazovanje, abstraktno konceptualizacijo in aktivno izvajanje. Učenci se najprej soočijo z izkušnjo ali nalogo, nato skozi refleksijo povezujejo opažanja z občutki. Na podlagi te refleksije oblikujejo konceptualne zaključke ali teorije, ki jim omogočajo boljše razumevanje tako izkušnje kot širših pojavov.

Izkustveni pouk, podobno kot raziskovalni, temelji na konstruktivizmu, zlasti na socialnem konstruktivizmu in interakcijski teoriji, ki izpostavljata pomen interakcije z drugimi posamezniki in okoljem pri oblikovanju ter razvoju znanja. Vendar se izkustveni pouk razlikuje od raziskovalnega v tem, da uporablja manj stroge metodološke pristope. Medtem ko raziskovalni pouk pogosto vključuje iskanje novih informacij, izkustveni pouk daje večji poudarek učenju skozi neposredne izkušnje in refleksijo, kjer učenci sami obdelujejo in povezujejo svoje izkušnje z novim znanjem. Blažič idr. (2003) navajajo, da so pri izkustveno usmerjenem pouku nujne pestre, čim bolj življenjske učne situacije, raznovrstne metode, ki omogočajo simbolno in čutno-praktično učenje ter demokratične in enakopravne učne odnose.

Raziskava Chie-Ju Lin idr. (2024) poudarja pomembno vlogo GUI pri podpori izkustvenega učenja. GUI je bila integrirana v drugi in tretji fazi Kolbovega cikla izkustvenega učenja, kjer je študentom pomagala pri refleksivnem opazovanju in abstraktni konceptualizaciji. Zagotavljala je povratne informacije, ki so omogočale boljše strukturiranje misli, poglobljeno razumevanje ter izboljšanje učnih dosežkov. Študenti, ki so uporabljali GUI, so dosegli boljše rezultate na testih znanja in pokazali višjo stopnjo refleksivnega mišljenja v primerjavi s kontrolno skupino. Poleg tega je GUI podpirala skupinsko delo, saj je izboljšala komunikacijo, delitev informacij in reševanje problemov v skupinah. Z možnostjo spremljanja interakcij in ponujanjem povzetkov je orodje zmanjšalo kognitivno obremenitev študentov, kar jim je omogočilo osredotočanje na ključne informacije.

Programirani pouk

Programirani pouk je oblika samostojnega individualnega učenja, ki ga usmerja vnaprej pripravljen program z vgrajenimi učnimi navodili oz. algoritmi (Iva-

nuš-Grmek in Javornik Krečič, 2011). Njegove poglavitne značilnosti so v tem, da omogoča samoizobraževanje, saj posredovanje in utrjevanje določenega znanja prevzema tehnologija s posebej sestavljenimi programi (Strmčnik, 1978). Temelj takega pouka je Skinnerjev behaviorizem, vezan na operativno kondicioniranje po načelu dražljaj –– reakcija – podkrepitev (Blažič idr., 2003).

Programirani pouk se osredotoča na sistematično in strukturirano obliko poučevanja, pri kateri so učni cilji, vsebine in metode natančno določeni, učni proces pa poteka preko individualiziranih učnih poti. Ob tem je pomembna možnost povratne informacije, ki mora učencu pomagati in se s svojimi možnostmi prilagoditi njegovim potrebam (Strmčnik, 1978). Tak način poučevanja je uporaben pri vsebinah, ki ne dopuščajo različnih interpretacij in ne zahtevajo intenzivne interakcije med učiteljem in učencem (Ivanuš-Grmek in Javornik Krečič, 2011). Danes se koncept programiranega pouka prepleta s sodobnimi digitalnimi učnimi okolji, kjer tehnologija omogoča personalizacijo in avtomatizacijo. Pristop, ki vključuje strukturiranost in postopnost, je uporaben za individualno delo ter sistematično pridobivanje znanja (Urbančič, 2021).

Sodobna učna okolja, ki omogočajo personalizacijo in avtomatizacijo, vključujejo široko uporabo naprednih tehnologij. GUI ima v tem kontekstu poseben potencial, saj omogoča personalizirane učne poti, dinamične povratne informacije, ustvarjanja učnih gradiv in sprotni nadzor nad napredkom učenca. GUI analizira učenčeve odzive v realnem času in prilagaja vsebine ter učno pot njegovim potrebam, kar zagotavlja individualizirano učno izkušnjo, pri kateri učenec napreduje v skladu s svojim tempom in razumevanjem. Povratna informacija je takojšnja in prilagojena, saj GUI ponuja specifične razlage, predlaga dodatne naloge ali ponuja namige, ki naslavljajo učenčeve šibkosti.

Diferenciacija pouka

Pri diferenciaciji pouka razlikujemo med učno diferenciacijo, individualizacijo in personalizacijo. Diferenciacija je groba individualizacija, ki zajema učne razlike učencev v okviru manjše skupine. Individualizacija stori korak naprej, saj se spusti na raven vsakega učenca, upoštevajo in zadovoljujejo učne zahteve posameznika (Strmčnik, 2001). Pri tem individualizacijo razumemo kot prilagajanje glede na kognitivne zmožnosti učenca, medtem ko personalizacija vključuje tudi upoštevanje njihovih interesov in želja (Flogie, 2016). Štefanc (2023) ob tem izpostavi še en pomemben vidik: individualizacija se osredotoča na učiteljev načrtovani pouk, prilagojen zmožnostim in potrebam učencev, personalizacija pa daje večji poudarek učenčevi aktivni vlogi, kjer učenec sam prevzema odgovornost za svoje učenje, medtem ko učitelj deluje kot podpornik.

Individualizacija

Individualizacija v izobraževanju izhaja iz predpostavke, da imajo učenci različne učne potrebe, kar pomeni, da morajo biti učne aktivnosti prilagojene vsakemu posamezniku. Individualizacija temelji na zunanjih pobudah, predvsem učiteljev, staršev ali šolskega sistema, ki učencem zagotavljajo potrebne vire in podporo za dosego učnih ciljev. Primer tega pristopa je inkluzija, ki se osredotoča na zagotavljanje enakih možnosti za vse otroke ne glede na njihove različne sposobnosti in potrebe (Flogie, 2016). Individualizacijo pogosto povezujemo s konstruktivističnim kognitivizmom, ki poudarja, da učenje temelji na aktivnem vključevanju posameznika v proces pridobivanja znanja, ki se prilagaja njegovim lastnim potrebam in sposobnostim.

Pri individualizaciji je treba natančno določiti obseg in globino obravnavane učne teme ter zagotoviti primeren učni napredek glede na sposobnosti vsakega učenca. Tudi učenci z večjimi težavami lahko dosežejo osnovne učne cilje, če imajo na voljo več časa, ustrezno podporo učitelja ter individualizirane učne materiale. Pomembno je, da se učne vsebine skrbno razčlenijo in postopoma predstavljajo z različnimi vrstami ponazarjanj, kar omogoča, da učenci napredujejo v skladu s svojimi potrebami in učnimi zmožnostmi (Blažič idr., 2003).

Podpore individualizaciji učenja brez tehnologije si skoraj ni mogoče predstavljati (če naj bodo oddelki učencev večji in naj učitelj poučuje 100 ali več različnih učencev), saj omogoča prilagajanje učnih vsebin potrebam vsakega učenca. S pomočjo GUI lahko učitelji ustvarijo naloge, ki so specifično prilagojene učnim sposobnostim posameznega učenca ter spremljajo njegov napredek. Če učitelj uporablja LMS-sistem, podprt z UI ali GUI, mu le-ta omogoča sprotno prilagajanje učnih virov in zagotavljanje povratnih informacij, kar mu pomaga prepoznati področja, kjer so potrebni dodatni ukrepi (učne poti posameznika). GUI ima pomembno vlogo tudi pri podpori učiteljev, saj jim omogoča učinkovitejše načrtovanje, izvedbo in pomoč pri vrednotenju rezultatov poučevanja.

Raziskava, ki jo je izvedel Rakap (2023), je preučila, kako lahko GUI, kot je ChatGPT, učiteljem začetnikom specialne pedagogike pomaga pri oblikovanju visokokakovostnih ciljev individualiziranih izobraževalnih programov za otroke z avtizmom. Rezultati so pokazali, da je uporaba ChatGPT pomembno izboljšala kakovost ciljev, ki so jih oblikovali učitelji začetniki, ne glede na njihovo predhodno usposabljanje. Učitelji, ki so uporabljali ChatGPT za razvoj ciljev, so prav tako porabili znatno manj časa v primerjavi s kolegi iz kontrolne skupine. Analiza je pokazala, da so bili cilji, razviti v skupini ChatGPT, celovitejši in so bolje upoštevali specifične prednosti ter potrebe otrok z avtizmom.

Personalizacija

Personalizacija izobraževanja je že vrsto let v ospredju pedagoških raziskav in velja za eno ključnih značilnosti prihodnjih učnih pristopov. Njena osnova je spodbujanje učencev k samozavedanju in aktivnemu usmerjanju lastne učne poti, ki temelji na njihovih izbirah (Flogie, 2016). Takšen način izobraževanja poudarja individualne interese in cilje vsakega učenca, s čimer prispeva k celostnejšemu razvoju. V humanistični paradigmi izobraževanja, ki jo je utemeljil Maslow, je osnovni cilj podpirati učence pri uresničevanju njihovega potenciala skozi intrinzično motivirano učenje, osredotočeno na osebne vrednote, interese in potrebe (DeCarvalho, 1991).

Ta pristop prepoznava edinstveno naravo vsakega posameznika in spodbuja ustvarjanje učnega okolja, ki podpira njegov razvoj. Rogers je zagovarjal, da je učenje smiselno le, če izhaja iz osebnih potreb učenca, ob tem pa temelji na empatiji, spodbujanju raziskovanja in svobodi izražanja (DeCarvalho, 1991). Personalizirano učenje učencem omogoča avtonomijo pri odločanju o tem, kaj, kako in kdaj se bodo učili, zaradi česar so samostojnejši in srečnejši. Hkrati s tem se poraja nemalo zadržkov in zaskrbljenosti, še posebej glede vloge učitelja, ki se mu nalaga več odgovornosti. Ta mora učencem svetovati in jih usmerjati, kadar se izgubijo na svoji učni poti (Flogie, 2016). Bistvo personalizacije pa je znotraj posameznika, sami smo edini, ki lahko personaliziramo svoje izobraževanje – tega ne more nihče namesto nas (Siekierska, 2015).

Raziskava, ki so jo izvedli Pesovski idr. (2024), poudarja, da GUI omogoča učinkovito personalizacijo učnega procesa z ustvarjanjem gradiv, prilagojenih specifičnim potrebam in interesom študentov. V raziskavi so razvili orodje, ki samodejno generira učna gradiva na podlagi učnih ciljev, določenih s strani profesorjev. Gradiva so bila oblikovana v treh slogih: tradicionalnem profesorskem slogu in dveh popkulturno navdihnjenih slogih. Rezultati raziskave kažejo, da je personalizacija z uporabo različnih slogov gradiv spodbudila večjo aktivnost študentov, podaljšala čas, ki so ga ti namenili učenju, in je bila še posebej koristna za tiste, ki sicer težje usvojijo snov. Študenti so tak pristop ocenili kot spodbuden in izrazili željo po njegovi širši uporabi v pedagoški praksi.

Učne oblike

Učne oblike urejajo položaj in vlogo med učiteljem in učenci. Med neposredne oblike pouka prištevamo frontalno obliko, med posredne pa skupinsko obliko, delo v dvojicah in individualno obliko pouka oz. učenja (Blažič idr., 2003).

Skupinska oblika učenja in sodelovalno učenje

Pouk je skupinski, kadar so učenci razdeljeni v manjše skupine, ki samostojno izvajajo del učnega procesa. Takšen pristop spodbuja večjo aktivnost učencev ter pozitivno vpliva na njihovo vzgojno in socializacijsko rast (Blažič idr., 2003). V skupinah učenci delujejo v različnih vlogah, ki si jih izmenjujejo, kar spodbuja intenzivnejše odnose in izkušnje različnih socialnih situacij. Sodelovalno učenje vključuje skupno delo in učenje, razvija kritično mišljenje, medosebne vrednote ter sodelovalne spretnosti. Poleg tega krepi solidarnost, razumevanje drugih ter sposobnost komuniciranja in medsebojne podpore, kar vodi k doseganju skupnih ciljev (Ivanuš-Grmek in Javornik Krečič, 2011).

Takšno sodelovalno učenje temelji na teoriji socialnega konstruktivizma, ki poudarja, da se znanje gradi skozi socialne interakcije, kjer učenci sodelujejo in soustvarjajo pomen ter razumevanje. Skupinsko učenje povezujemo tudi s konektivizmom, saj ta teorija učenje vidi kot proces povezovanja posameznikov z različnimi viri znanja in informacijami, bodisi v digitalnem bodisi v socialnem omrežju. Skupinsko obliko učenja lahko prakticiramo pri različnih strategijah pouka, tudi pri programiranem pouku, pri čemer moramo seveda vključiti možnosti virtualne interakcije učečih se z uporabo npr. socialnih omrežij.

Sodelovalno učenje izhaja iz skupinskega dela, kjer vsak učenec prispeva svoje znanje, spretnosti, izkušnje, ideje in razmišljanja za dosego skupnih ciljev. Sodelovalno učenje omogoča, da člani skupine skozi skupno delo razvijajo pomembne socialne veščine brez dodatnega truda učitelja. Učenci se učijo, kako ravnati drug z drugim, da bi dosegli skupne cilje, pri tem pa razvijajo spoštovanje, podporo, razumevanje, sposobnost reševanja problemov ter prilagajanje različnim delovnim stilom. Takšen učni proces spodbuja tudi razvoj samostojnega mišljenja in vedenja ter omogoča, da se učenci naravno vključijo v timsko delo, kjer vsak prispeva k uspehu skupine (Flogie, 2016).

Brecl idr. (2024) v svoji raziskavi izpostavljajo pomembnost podpore sodobne tehnologije skupinskemu in sodelovalnemu delu, temelječ na igrifikaciji in UI. Tehnologija, uporabljena na takšen način, pozitivno prispeva k sodelovalnemu delu, še posebej otrok s posebnimi potrebami. Smiselno uporabljena digitalna tehnologija, podprta z GUI, lahko učinkovito podpira sodelovalno učenje. GUI lahko prilagodi naloge glede na napredek posameznih članov skupine, kar omogoča večjo prilagodljivost in podporo pri delu v skupini. Ta pristop spodbuja učenje skozi socialne interakcije, kjer učenci sodelujejo, se učijo drug od drugega in skupaj razvijajo svoje sposobnosti. Učitelju lahko GUI v virtualnem okolju tudi zagotovi povratne informacije o načinu sodelovanja in prispevku posameznih učencev h končnemu rezultatu, kar je pri

tradicionalni obliki sodelovanja in hkratnem spremljanju dela več skupin pogosto nemogoče (in negativno vpliva na pravičnost ocenjevanja rezultatov sodelovalnega dela).

Potencial uporabe generativne umetne inteligence v izobraževanju – transformacija izobraževanja v 21. stoletju

Vključitev GUI v izobraževanje bo preoblikovala ne le poučevanje, učenje, raziskave in ocenjevanje, temveč tudi vse upravne funkcije, ki podpirajo izobraževalno ustanovo, zato morajo institucije načrtovati spremembe in nadaljnje motnje. V primerjavi s pandemijo pa ta motnja ni kratkoročni dogodek, ampak gre za začetek večje in daljše motnje, ki se bo v naslednjem desetletju širila in še intenzivirala. Na vsaki stopnji in v vsakem postopku dela in še posebej pri prenosu znanja bo GUI spremenila načine dela. Sodelovalno učenje pomeni prehod na timski pristop; za uresničitev novega hibridnega modela je potrebna trdna digitalna in informacijska infrastruktura; ocenjevanje kot učenje zahteva posodabljanje zakoreninjenih upravnih procesov. Kompleksni izzivi, ki jih prinaša umetna inteligenca, zahtevajo sistemski odziv, vključevanje GUI pa zahteva celovit pristop od političnih odločevalcev do neposrednih akterjev učnega procesa, tj. tako učiteljev kot učencev. Izobraževalci sami ne morejo uporabljati GUI brez institucionalne podpore v obliki financiranja tehnologije, podpore za usposabljanje in podpore za obsežne ter stalne spremembe, ki se morajo zgoditi.

Model izobraževanja se mora celovito spremeniti, da bo lahko podprl agilen, prilagodljiv in na kompetence osredotočen pristop k izobraževanju, ki bo trajnosten v svetu umetne inteligence. Preiti moramo na nov model, ki vključuje nov hibridni pristop, kjer ne obstaja samo ena inteligenca, to je človeška; vzporedno obstaja tudi umetna inteligenca, kjer so aktivnosti in dejavnosti v razredu aktivne, generativne, socialne, kjer je učenje konstruktivistično, dinamično, avtentično, generativne ocene pa temeljijo na formativnem spremljanju personaliziranega učenca. Vključevanje splošne sistemske pomoči bo zahtevalo znatne naložbe v izpopolnjevanje strokovnih delavcev (učiteljev, vzgojiteljev ...), kar zahteva celovito podporo vseh struktur v obliki institucionalnega načrtovanja in naložb, pri spremembah upravnih postopkov in načinov dela ter predvsem v podporo novi digitalni in fizični infrastrukturi. Vključevanje tehnologij v izobraževanje je skupno in ne individualno prizadevanje. Vključuje oblikovalce politik, vodstvo izobraževanja, učitelje, starše in učence. Nekatere ključne strategije za uvajanje digitalnih tehnologij se že izvajajo v številnih institucijah, vključno z izdajo smernic za uporabo, in so tudi plod projekta Inovativna pedagogika. Kar je treba še ustvariti, so politike in

smernice za *dejansko vključitev* te tehnologije v proces poučevanja in učenja, finančna podpora za te dejavnosti, dostop do strojne in programske opreme, zlasti naročnine na mejne (posebne) modele in druga orodja, usposabljanje o etični uporabi GUI in UI pismenost.

Toda na najvišji ravni integracija GUI zahteva institucionalno vizijo sprememb, kulturo, ki zajema eksperimentiranje, in podporo za njegovo uresničitev. Spreminjanje kulture in zagotavljanje časa ter podpore, ki jo potrebujemo za oblikovanje in ustvarjanje, je ključnega pomena. Brez te vizije, kulturnih sprememb in podpore se ne bo nič spremenilo. Vsa fizična in programska infrastruktura na svetu ne bo pomagala, če učitelji ne bodo imeli časa in prostora za inovacije, preizkušanje, izmenjavo izkušenj ter dobrih praks in nenazadnje sodelovanje v procesu soustvarjanja ustreznih učnih okolij. Vodje institucij morajo na tej poti podpirati svoje učitelje.

Inovativna pedagogika in generativizem

Učenje o orodjih GUI, o tem, kako jih uporabljati in komunicirati z njimi, je le nujen prvi korak k izgradnji UI-pismenosti in ozaveščenosti o UI. Vendar je to le »praskanje po površini«. Z uporabo GUI se ne bo spremenil le način poučevanja, ampak tudi vsebine, *to, kar* poučujemo. Jasno je, da bo prihodnost izobraževanja opredeljena s sodelovanjem z GUI na vseh področjih. Od jezikovnega izobraževanja do knjižnega, od kodiranja do kompozicije, GUI je pripravljena spremeniti prakso na vseh področjih. Ko se praksa spremeni in GUI postane del procesa raziskovanja ter odkrivanja, bo preoblikovala tudi naše discipline, naša vedenja in pristope k njim.

To ima pomembne posledice za razširjanje znanja, saj bo način poučevanja tesno prepleten s tem, kaj poučujemo. Učitelji morajo učeče se pripraviti na prihodnost, v kateri so ustvarjanje, raziskovanje in ustvarjanje strokovnega znanja na področju sodelovanja med človekom in umetno inteligenco. Z več inteligencami, ki so na voljo kot viri strokovnega znanja, se v izobraževanju vloga samostojnega učitelja kot nosilca vsebinskega znanja vse bolj pretvarja v vlogo usmerjevalca in ustvarjalca spodbudnega učnega okolja. Vloge bodo verjetno postale dorečenejše, ko bomo ponotranjili to sodelovanje med učiteljem in GUI, med fizičnim in virtualnim učiteljem. Končno bo vloga izobraževanja ostala ista, šola bo še vedno šola za življenje, ki mora učeče se pripraviti na svet, v katerem bodo živeli. Zato morajo biti učenci sposobni delati z GUI ne le kot z orodjem za učinkovitost na delovnem mestu, temveč tudi kot s sredstvom za raziskovanje in ustvarjanje znanja na svojem področju. Kako lahko oblikujemo izobraževalne izkušnje, ki spodbujajo kritično ustvarjanje smisla, ki je potrebno pri delu s to nastajajočo in še vedno globoko pomanj-

kljivo tehnologijo? Kako izkoristiti generativne in družbene privilegije GUI, hkrati pa še vedno vcepiti temeljne veščine kritičnega razmišljanja in raziskovanja? Naslonimo se na ideje in veščine, predstavljene v prejšnjih poglavjih, in jih oživimo z uporabo okvira digitalnega oblikovanja, ki je popolnoma primeren za generativne in družbene dostopnosti GUI.

Če hočemo, da bo področje GUI učinkovito umeščeno v učno paradigmo (strategije, oblike dela …), je treba pozornost usmeriti v razumevanje procesov generativnega učenja.

Generativno učenje

GUI je nastajajoča tehnologija in doslej vemo, da ni niti zanesljiva niti zaupanja vredna. Halucinira in si izmišlja stvari. Posnema naše človeške pristranskosti, naučene iz podatkov Web 2.0, na katerih je bila usposobljena, in jih včasih še »razširi«. Definitivno pa GUI zahteva popravek, nadzor in natančno nastavitev. Medtem ko se GUI hitro izboljšuje v smislu spomina, hitrosti, moči in drugih zmožnosti, je v mnogih pogledih problematična. Zato je pomembno, da učenci in učitelji razvijejo sposobnost kritičnega razmišljanja o svojem odnosu do te tehnologije ter se naučijo, kako z njo komunicirati na način, ki spodbuja in ne zmanjšuje njihove sposobnosti kritičnega razmišljanja. Učeči se, ki delajo z GUI, morajo razviti svojo sposobnost, da razumejo, kaj in kako GUI ustvarja. To je bistvo učenja z GUI, osredotočenega na človeka.

Teorija generativnega učenja se je pričela intenzivno razvijati z internetom, zametki pa segajo že v preteklost. Svoje korenine ima v pogledu na učenje kot dejanje konstrukcije, v teorijah kognitivnega razvoja in kognitivni revoluciji v izobraževanju. Za Wittrocka (1974, 1989), ki je koncept uvedel, generativno učenje zahteva povezovanje teorij predhodnega učenja z novim načinom učenja in poučevanja. Ta proces temelji na ideji asociativne sheme (proceduralni spomin) in globokega (pretežno nezavednega) epizodičnega spomina (naše izkušnje in znanje), ki je že shranjen v naših možganih. Pri generativnem učenju učenci povezujejo trenutno učenje s predhodnim znanjem, in to pretežno s štirimi komponentami: *ustvarjanjem, motivacijo, pozornostjo* in *spominom*. Bodimo pa pozorni na terminologijo. Čeprav je teorija generativnega učenja starejša od interneta in digitalne dobe, je težko spregledati pomen izrazov, kot sta »sheme« in »shranjeni pomnilnik«, ki spominjajo na delovanje računalnikov. To seveda ni naključno. Pogled na um kot računalnik je opisano v delu kognitivnih psihologov in znanstvenikov, ki so razlagali naše razumevanje o tem, kako se učenje dogaja, kako procesi učenja potekajo znotraj naših možganov. Veliki jezikovni modeli (LLM), ki temeljijo na nevronskih mrežah, so zasnovani okoli ideje računalnika kot umetnih možga-

nov. Ti modeli predstavljajo ogledalo kognitivističnega pojmovanja razuma (možganov) kot računalnika.

Generativno učenje je smiselna dejavnost. Vključuje razumevanje učnih gradiv, ki jih lahko zagotovi učitelj (ali tudi GUI v vlogi strokovnjaka), tako da ga aktivno organizira in poveže z obstoječim znanjem. Generativno učenje torej ni odvisno le od tega, kako so informacije predstavljene učencem (tj. metode poučevanja), ampak tudi od tega, kako jih učenci poskušajo osmisliti (tj. zasnovane učne *strategije* ali *učne dejavnosti* za spodbujanje tega smisla). Ta proces osmišljanja je ključnega pomena: generativno učenje je tudi aktivno učenje, ki ga navdihuje konstruktivizem, saj od učencev zahteva, da se ukvarjajo z znanjem v obliki gradiv (ki prihajajo od učitelja, iz besedila ali rezultatov GUI) in da ta rezultat integrirajo v oblikovanje lastnega znanja, tako da se lahko nato uporabi v drugem kontekstu. Ta proces gradnje znanja, ki ga je Wittrock imenoval ustvarjanje smisla, je temeljnega pomena pri delu z GUI, da bi spodbudil kritično razmišljanje, preizpraševanje njegovih rezultatov in zavestno sodelovanje s procesom ustvarjanja smisla.

Teorija generativnega učenja se odraža tudi v Mayerjevem modelu generativnega učenja *izberi – organiziraj – poveži* (angl. *select-organise-integrate* – SOI) (Fiorella in Mayer, 2016), kjer se procesi organiziranja in integracije imenujejo *generativna obdelava,* ki vključuje izgradnjo nove miselne reprezentacije, temelječo na ustreznem obstoječem znanju. V okviru SOI učenje vključuje tudi tri primarne kognitivne procese:

- učenci izberejo vhodne senzorične informacije,
- organizirati morajo izbrane informacije v miselno reprezentacijo trenutnega učenja,
- prezentacijo na osnovi izbranih informacij povežejo z dolgoročnim spominom.

Koncept SOI je zelo blizu Wittrockovemu prvotnemu pojmovanju pozornosti (izbiranja), gradnje notranjih povezav (organiziranje) in gradnje zunanjih povezav (povezovanje) ter priznava vlogo metakognitivnih in motivacijskih procesov v generativnem učenju.

Generativno učenje kot pristop je bilo v zadnjih letih oživljeno z delom Fiorelle in Mayerja, ki sta vzela štiri izvirne Wittrockove komponente čutnega ustvarjanja (generacija, motivacija, pozornost, spomin) in jih prevedla v metode poučevanja, namenjene spodbujanju učenčevega razumevanja. Pripravila sta vrsto generativnih učnih strategij, ki pomagajo pri »procesu preoblikovanja vhodnih informacij (npr. besed in slik) v uporabno znanje (npr. mentalni

modeli, sheme)«. Njune generativne strategije učenja (Fiorella in Mayer, 2016; Brod, 2020) učečim se pomagajo razumeti ta rezultat s povzetkom, kartiranjem, z risanjem, s predstavljanjem, samotestiranjem, samorazlaganjem, poučevanjem in z udejanjanjem.

Fiorella (2023) je podal okvir za opis, kako učenci razumejo konceptualno učno gradivo, ki opredeljuje tri načine ustvarjanja smisla. Vsak od njih služi edinstvenim in dopolnilnim kognitivnim funkcijam. To so:

- *razlaga* (ustvarjanje koherentnih verbalnih reprezentacij),
- *vizualizacija* (ustvarjanje koherentnih vizualnih reprezentacij) in
- *uprizoritev* (ustvarjanje koherentnih motoričnih reprezentacij).

Vsak opis ima edinstvene in dopolnilne funkcije: *posploševanje, organiziranje* in *simuliranje* posameznikovega znanja. *Razlaga* posplošuje znanje, *vizualizacija* organizira posameznikovo znanje, *udejanjanje* simulira posameznikovo znanje. Primarna predpostavka tega okvira je, da načini vizualizacije in udejanjanja služijo lajšanju načina razlage. Ti trije načini ustvarjanja smisla se lahko uporabijo za oblikovanje zgoraj navedenih strategij generativnega učenja (tj. učnih dejavnosti), ki pomagajo pri učenju odzivov in spodbujajo ustvarjanje smisla.

Zaključek

Uvajanje UI v izobraževalni prostor zahteva ukrepanje na več segmentih hkrati, vendar se morajo začeti ukrepi in miselni preskok predvsem na ključnih področjih. Nekatere izpostavljamo v nadaljevanju:

1. *Sprejeti agilnost učenja:* Agilnost je najpomembnejša kompetenca za učitelje, ki se morajo spopadati z GUI. Najmanj deset ur eksperimentiranja je potrebno povprečje, preden uporabniki začnejo ceniti načine, kako lahko delo z GUI spremeni prakso. Učiteljem je zato treba pripraviti ustrezna usposabljanja in jim dati čas, da usvojijo in ponotranjijo nove načine dela.
2. *Zagotavljanje dostopa:* Dostop do mejnih modelov umetne inteligence za vse bi moral biti prednostna naloga vsake institucije. Naročnine so drage, zato priporočamo sodelovanje z drugimi institucijami. Gradnja internih sistemov je še ena možnost za institucije, ki imajo sredstva za podporo.
3. *Ustvariti omrežje uporabnikov umetne inteligence:* Potrebna je strokovna informacijsko tehnološka (IT) podpora, ki se lahko poveže z višjim

»nivojem«, izobraževalce poveže z dejavnostmi na terenu in je vir informacij za sodelavce.

4. *Oblikovanje učečih se skupnosti inovatorjev, preizkuševalcev in mentorjev:* Izobraževalci nadgrajujejo svoja znanja in kompetence, tako samoiniciativno kot tudi na podlagi lastnih poskusov, uspehov ter neuspehov. Za delovanje tovrstnih skupnosti je potrebna vzpostavitev digitalnega prostora za izmenjavo teh dobrih praks.
5. *Vključitev »digitalne pedagogike«, ki temelji na praksi in na dokazih:* Pri vključevanju GUI v poučevanje in učenje je pedagogika vsekakor na prvem mestu. Na določenih segmentih je smiselno osvežiti znanja teorij učenja in pedagoške pristope, podprte s tehnologijo, ob pomoči dostopnih spletnih tečajev oblikovanja digitalnega učenja z in za UI.
6. *Delitev primerov dobrih praks pri oblikovanju učenja, ki temeljijo na umetni inteligenci:* Delitev najboljših primerov poučevanja in učenja, podprtega z GUI, s svojo učečo skupnostjo je eden zahtevnejših izzivov, ki ga je treba skrbno načrtovati.
7. *Uporaba ekosistema orodij umetne inteligence za ponovni razmislek in preoblikovanje dejavnosti:* Vzpostaviti inovativno učno okolje na ravni učilnice, ki bo že po obliki presegalo tradicionalne pristope poučevanja in učenja, ter podkrepiti fizično okolje še z orodji in vsebinami, podprtimi z GUI, je velik izziv, ki nas čaka vse izobraževalce.
8. *Preoblikovanje ocenjevanja in vrednotenja kot učenje:* Potreben je ponovni premislek o načinih vrednotenja in ocenjevanja, začenši z učnimi dejavnostmi, ter o tem, kako uporabiti GUI, da vrednotenje in ocenjevanje preusmerimo v dinamično ocenjevanje (formativna spremljava).

Ko gre za vključevanje GUI v izobraževanje, nas ob striktnem upoštevanju potrebnih etičnih in moralnih vrednot omejuje le naša domišljija. Cilj tega prispevka je le nakazati prostor za začetek te poti odkrivanja. Navedeni ukrepi so plod raziskovalnega dela v okviru projekta Generativna umetna inteligenca v izobraževanju ter dolgoročnega in intenzivnega razvoja v okviru projekta Inovativna pedagogika, ki predstavlja sistematičen pristop k razvoju učenja in poučevanja v 21. stoletju, tj. prehodu od informacijske družbe do družbe 5.0, ter nakazuje prehod in smernice razvoja v neko družbo bližnje prihodnosti, ki bo zagotovo zaznamovana kot superpametna družba (družba X.0), vendar pa v njej ne bodo več vladali odnosi, ki smo jih poznali in so prevladovali še v obdobju pred letom 2022.

Literatura

Aberšek, B. (2023). Science and the artificial life form (ALF). *Problems of Education in the 21st Century, 81*(1), 4–8.

Acar, O. (2023, 6. junij). *AI prompt engineering isn't the future.* Harvard Business Review. https://hbr.org/2023/06/ai-prompt-engineering-isnt-the-future

Anderson, J. R. (2007). *How can the human mind occur in the physical universe.* Oxford University Press.

Atkinson, R. C., in Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *Psychology of Learning and Motivation, 2,* 89–195.

Bell, F. (2011). Connectivism: Its place in theory-informed research and innovation in technology-enabled learning. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 12*(3), 98–118.

Bentham, S. (2002). Humanistic approach. V S. Bentham (ur.), *Psihology and education* (str. 29–31). Taylor and Francis.

Blažič, M., Ivanuš-Grmek, M., Kramar, M., in Strmčnik, F. (2003). *Didaktika: visokošolski učbenik*. Visokošolsko središče, Inštitut za raziskovalno in razvojno delo.

Brecl, J., Kordigel Aberšek, M., Čampelj, B., in Flogie, A. (2024). STEAM learning as a base for developing communication skills in inclusive schools. *Journal of Baltic Science Education, 23*(5), 854–866.

Bringuier, J.-C. (1977). *Conversation with Jean Piaget.* University of Chicago Press.

Brod, G. (2020). Generative learning: Which strategies for what age? *Educational Psychology Review, 33*(3), 1295–1318.

Bruner, J. (1996). *The culture of education.* Harvard University Press.

Burbules, N. C. (2000). The limits of dialogue as a critical pedagogy. V P. P. Trifonas (ur.), *Revolutionary pedagogies: Cultural politics, education, and discourse of theory* (str. 251–273). Routledge.

Chalmers University of Technology. (2023, 12. maj). *Students positive towards AI, but uncertain about what counts as cheating.* ScienceDaily. https://www.sciencedaily.com/releases/2023/05/230512144730.htm

Chambliss, J. (Ur.). (1996). *Philosophy of education: An encyclopedia.* Routledge.

Daniels, H. (Ur.). (2005). *An introduction to Vygotsky.* Routledge.

De la Higuera, C., in Iyer, J. (2024). *UI za učitelje: interaktivni spletni priročnik* (H. Fošnjar in I. Stegne, prev.). Unesco.

DeCarvalho, R. J. (1991). The humanistic paradigm in education. *The Humanistic Psychologist, 19*(1), 88–104.

Dewey, J. (2004) *Reconstruction in philosophy*. Courier Dover Publications.

Drožđek, L., in Pesek, I. (2024). The tehnological dimension od artificial intelligence in education. V M. Licardo in A. Lipovec (ur.), *Artificial intelligence literacy and social-emotional skills as transversal competencies in education* (str. 13–30). Verlag Dr. Kovač.

Elliott, A. (Ur.). (1999). *Freud 2000.* Routledge.

European Digital Education Hub. (2024). *How to support teachers to use AI in teaching.* https://www.indire.it/wp-content/uploads/2023/06/How-to-Support-Teachers-to-Use-AI-in-Teaching-2.pdf

Ferrari, A. (2013). *DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe.* Publications Office of the European Union.

Fiorella, L. (2023). Making sense of generative learning. *Educational Psychology Review, 35*(2), 50.

Fiorella, L., in Mayer, R. E. (2016). *Learning as a generative activity: Eight learning strategies that promote understanding.* Cambridge University Press.

Flogie, A. (2016). *Vpliv inovativnega izobraževanja in informacijsko-komunikacijske tehnologije na spremembe pedagoške paradigme* [Neobjavljena doktorska disertacija]. Univerza v Mariboru.

Global Market Insights. (2023, januar). *AI in education market.* https://www.gminsights.com/toc/detail/artificial-intelligence-ai-in-education-market

Graham, G. (2023). Behaviorism. V E. N. Zalta in U. Nodelman (ur.), *Stanford encyclopedia of philosophy.* Stanford University. https://plato.stanford.edu/entries/behaviorism/

Hamid, H., Zulkifli, K., Naimat, F., Che Yaacob, N. L., in Ng, K. W. (2023). Exploratory study on student perception on the use of chat AI in process-driven problem-based learning. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning, 15*(12), 1017–1025.

Hamilton, I. (2024, June 3). *Artificial intelligence in education: Teachers' opinions on AI in the classroom*. Forbes Advisor. https://www.forbes.com/advisor/education/it-and-tech/artificial-intelligence-in-school/

Hayman, S. (1999). The McCulloch-Pitts model. V *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)* (str. 4438–4439). Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Honderich, T. (Ur). (1995). *Oxford companion to philosophy.* Oxford University Press.

Hua Liu, C., in Matthews, R. (2005). Vygotsky's philosophy: Constructivism and its criticisms examined. *International Education Journal, 6*(3), 386–399.

Ivanuš-Grmek, M., in Javornik Krečič, M. (2011). *Osnove didaktike.* Pedagoška fakulteta.

Jordan, B. (1993). *Birth in four cultures: A Crosscultural investigastion of childbirth in Yucatan, Holland, Sweden, and the United States.* Waveland Press.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development.* Prentice-Hall.

Legg, C., in Hookway, C. (2024). Pragmatism. V E. N. Zalta in U. Nodelman (ur.), *Stanford encyclopedia of philosophy.* Stanford University. https://plato.stanford.edu/archives/win2024/entries/pragmatism/

Leonard, D. C. (2002). *Learning theories A to Z.* Greenwood Press.

Lin, C.-J., Lee, H.-Y., Wang, W.-S., Huang, Y.-M., in Wu, T.-T. (2024). Enhancing reflective thinking in STEM education through experiential learning: The role of generative AI as a learning aid. *Education and Information Technologies, 30,* 6315–6337.

Mackenzie, J. (2001). Christopher Winch on the representational theory of language and its pedagogic relevance. *Educational Philosophy and Theory, 33*(1), 35–56.

Marentič-Požarnik, B. (2019). *Psihologija učenja in pouka: od poučevanja k učenju* (2. prenovljena izd.). Državna založba Slovenije.

Markič, O. (1995). Kognitivizem in konekcionizem: dva pristopa v kognitivni znanosti. *Časopis za kritiko znanosti, domišljijo in novo antropologijo, 23*(176), 101–115.

McGahey, P. (2024). *Unlock generative AI safely and responsibly: classroom toolkit*. Microsoft. https://learn.microsoft.com/en-us/training/educator-center/instructor-materials/classroom-toolkit-unlock-generative-ai-safely-responsibly

Ministrstvo za digitalno preobrazbo. (2024, 22. februar). *Kako umetna inteligenca kroji prihodnost trga delovne sile v Sloveniji?* https://www.gov.si/novice/2024-02-22-kako-umetna-inteligenca-kroji-prihodnost-trga-delovne-sile-v-sloveniji/

Mellor, D. (2013). Critical theory of education. V J. Ainsworth (ur.), *Sociology of education: An A-To-Z GEN-Uide* (str. 165–167). Sage Publications.

Microsoft Education AI Toolkit. (2024). *A navigator for education institutions to plan their AI journey*. Microsoft Education AI Toolkit.

Montuori, A. (2011). Systems approach. V M. A. Runco in S. R. Pritzker (ur.), *Encyclopedia of creativity* (2. izd., str. 414–421). Academic Press.

OECD. (2014). *PISA 2012 results: Creative problem solving students' skills in tackling real-life problems* (5. zv.). https://doi.org/10.1787/9789264208070-en

OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030; The future we want.* https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/06/the-future-of-education-and-skills_5424dd26/54ac7020-en.pdf

Pesovski, I., Santos, R., Henriques, R., in Trajkovik, V. (2024). Generative AI for customizable learning experiences. *Sustainability, 16*(7), 3034.

Pestalozzi, J. H. (1872). *Wie Gertrud ihre Kinder lehrt*. Siegismund & Volkening.

Pevec Semec, K. (2009). Spodbudno učno okolje v kurikularni prenovi. Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

Piaget, J. (1983). Piaget's theory. V P. Mussen (ur.), *Handbook of child psychology* (4. izd., 41–102). Wiley.

Prothero, A. (2023, 23. marec). *ChatGPT is all the rage: But teens have qualms about AI*. EducationWeek. https://www.edweek.org/technology/chatgpt-is-all-the-rage-but-teens-have-qualms-about-ai/2023/03

Rakap, S. (2023). Chatting with GPT: Enhancing individualized education program goal development for novice special education teachers. *Journal of Special Education Technology, 39*(3), 339–348.

Rouhiainen, L. (2018). *Artificial intelligence 101 things you must know today about our future*. CreateSpace Independent.

Rousseau, J. J. (2009). *Emile, or on education* (B. Foxley, prev.). The Floating Press.

Rupnik Vec, T., Preskar, S., Slivar, B., Zupanc Grom, R., Kregar, S., Holcar Brunauer, A., Bevc, V., Mithans, M., Grmek, M., in Musek Lešnik, K. (2020). *Analiza izobraževanja na daljavo v času epidemije Covid-19 v Sloveniji: delno poročilo, julij 2020.* Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

Sheehan, T. (2023, 11. september). *Generative AI in education: Past, present, and future.* Educaouse. https://er.educause.edu/articles/sponsored/2023/9/generative-ai-in-education-past-present-and-future#fn1

Sheikh, A. (2023, 23. junij). *67% of UK students use AI tools.* Cryptoplitan. https://www.cryptopolitan.com/67-percent-uk-students-use-ai-tools/

Siekierska, E. (Ur.). (2015). *The book of trends in education 2.0.* Young Digital Planet.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2*(1), 3–10.

Siemens, G. (2006). *Knowing knowledge.* Lulu.com.

Skinner, B. F. (1968). *The technology of teaching.* Appleton-Century-Crofts.

Spronken-Smith, R., in Walker, R. (2010). Can inquiry-based learning strengthen the links between teaching and disciplinary research? *Studies in Higher Education, 35*(6), 723–740.

Strmčnik, F. (1978). *Sodobna šola v luči programiranega pouka.* Univerzum.

Strmčnik, F. (2001). *Didaktika: osrednje teoretične teme.* Znanstveni inštitut Filozofske fakultete.

Strmčnik, F. (2010). *Problemski pouk v teoriji in praksi* (2. dopolnjena izd.). Visokošolsko središče, Inštitut za raziskovalno in razvojno delo.

Štefanc, D. (2011). Pojmovanja znanja v pedagoškem diskurzu: nekateri problemi. *Sodobna pedagogika, 62*(1), 100–140.

Štefanc, D. (2023). Individualizacija, diferenciacija, personalizacija: ključne značilnosti in konceptualne razlike. V D. Štefanc in J. Kalin (ur.), *Sodobna šola in pouk v luči didaktične zapuščine Franceta Strmčnika* (str. 67–88). Založba Univerze v Ljubljani.

UNESCO. (2016). *Education 2030: Incheon declaration and framework for action for the implementation of sustainable development goal 4: Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656

UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693

Urbančič, M. (2021). Programirani pouk in učno oziroma poučevalno okolje. *Sodobna pedagogika, 72*(*138*), 138–150.

Vygotsky, L. S. (1992). *Educational psychology* (R. Silverman, prev.). St. Lucie Press.

Watson, J. (1913). Psychology as a behaviorist views it. *Psychological Review, 20,* 158–77.

Wiener, N. (1948). *Cybernetics: Or control and communication in the animal and the machine.* MIT Press.

Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process. *Educational psychologist, 11*(2), 87–95.

Wittrock, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist, 24*(4), 345–376.

Xie, X. (2023). Influence of AI-driven inquiry teaching on learning outcomes. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET).* https://doi.org/10.3991/ijet.v18i23.45473

Yilmaz, K. (2011). The cognitive perspective on learning: Its theoretical underpinnings and implications for classroom practices. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas, 84*(5), 204–212.

Žerovnik, A., in Zapušek, M. (2024). *Uporaba generativne umetne inteligence v izobraževanju.* Pedagoška fakulteta.

Pedagogical Foundations for the Use of Generative Artificial Intelligence in Education

Developing 21st-century competences in learners represents one major goal of modern education. How to achieve this goal through meaningful use of modern digital technology, particularly generative artificial intelligence (GUI), is a major challenge for researchers and educators. As with all major techno-technological inventions and industrial revolutions, the development of GUI is expected to bring about major changes in society and, by extension, in schools (labour market, economy, ethical challenges, etc.). The ease of access to this type of technology has a marked impact on changes in society as a whole and, consequently, in schools, as we have seen with the development of social networks. Therefore, the use of GUI and other modern digital technologies in contemporary schools needs to be pedagogically sound. A reflection on the philosophical and pedagogical-psychological foundations of introducing such technologies into the teaching and learning process is needed to ensure that the use is pedagogically sound and that the technology supports didactical approaches to teaching. Generative artificial intelligence in schools is not merely a technological tool, but a transformative factor that can improve the quality of teaching and learning. This article presents fundamental considerations for the introduction of this type of technology in the school environment.

Keywords: generative artificial intelligence, digital literacy, didactic strategies, learning paradigms, innovative pedagogy.

Pregled stanja generativne umetne inteligence v izobraževanju z regulativnega vidika

Lucija Brezočnik
Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko UM
lucija.brezocnik@um.si

Vili Podgorelec
Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko UM
vili.podgorelec@um.si

Grega Vrbančič
Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko UM
grega.vrbancic @um.si

Umetna inteligenca, ki strojno posnema človekove kognitivne aktivnosti, kot so reševanje problemov, učenje, razmišljanje in odločanje, se je pojavila kot transformativna tehnologija in že preoblikuje industrije, gospodarstva ter družbe in tako nepovratno spreminja naš način življenja. Na izreden odziv najširše množice uporabnikov je naletela predvsem generativna umetna inteligenca, ki si prizadeva posnemati širok razpon in zapletenost človeških miselnih sposobnosti, s čimer omogoča strojem, da izvajajo različne intelektualne naloge na ravni človeka, le da je pri tem neprimerno hitrejša, se ne utrudi ali naveliča izvajanja nalog, na voljo pa ima praktično neskončen nabor podatkov in informacij. S svojo sposobnostjo ustvarjanja besedila, slike, zvoka ali videa, ki posnemajo človekovo ustvarjalnost, predstavlja tehnologijo z izrednim potencialom za spremembe uveljavljenih načinov učenja in poučevanja. A čeprav v splošnem ponuja številne priložnosti za inovacije in izboljšave v izobraževanju, je hkrati zelo pomembno, da se zavedamo tudi izzivov, ki jih prinaša, ter si prizadevamo za odgovorno in etično uporabo te tehnologije. V poglavju zato predstavimo pregled obstoječih pristopov k urejanju uporabe umetne inteligence v različnih državah po svetu ter ponudimo splošno ogrodje generativne umetne inteligence v izobraževanju, pri čemer navedemo poglavitne razloge in možnosti za njeno ureditev ter regulacijo.

Ključne besede: generativna umetna inteligenca, izobraževanje, regulativni okvir, predlagano ogrodje umetne inteligence v izobraževanju

CC BY-SA © 2025 Lucija Brezočnik, Grega Vrbančič in Vili Podgorelec
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.2

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.

Uvod

Umetna inteligenca (UI, angl. *artificial intelligence*) se je pojavila kot transformativna tehnologija, ki preoblikuje industrije, gospodarstva in družbe ter tako nepovratno spreminja naš način življenja, dela in učenja (Das idr., 2015). Nanaša se na razvoj računalniških sistemov za izvajanje nalog, ki običajno zahtevajo človeško inteligentnost, ki se kaže pri reševanju problemov, odločanje, razumevanje jezika in prepoznavanje vzorcev. UI ni posamezna entiteta ali zavest, temveč zbirka tehnik in algoritmov, zasnovanih za obdelavo informacij in ustvarjanje rezultatov na podlagi podatkov. V svojem bistvu deluje preko matematičnih modelov in računalniških metod, pri čemer pogosto uporablja velike nabore podatkov za prepoznavanje vzorcev in napovedovanje. Čeprav lahko UI posnema določene kognitivne funkcije, nima zavedanja, čustev ali razumevanja ter v primerjavi z ljudmi nima zmožnosti razumevanja pomena ali konteksta informacij oz. podatkov, ki jih obdeluje (Zhou, 2021). V osnovi je orodje – tehnični mehanizem, optimiziran za posebne naloge – in njegova »inteligentnost« je omejena na učinkovito in natančno izvajanje programiranih ciljev. Učitelji UI razumejo kot zmogljiv, a nečuteč sistem, obenem pa poudarjajo njegovo vlogo kot vir za pomoč pri poučevanju in učenju, ne pa nadomestilo za človeški vpogled, ustvarjalnost ali etično presojo.

Generativna UI (GUI) je specializirana oblika UI, zasnovana za ustvarjanje nove vsebine z učenjem vzorcev in struktur iz obstoječih podatkov. V primerjavi s tradicionalnimi sistemi UI, ki se osredotočajo na napovedovanje, GUI uporablja napredne modele, kot so nevronske mreže, za ustvarjanje besedila, slike, zvoka ali videa, ki posnemajo človeško ustvarjalnost. Ti sistemi, vključno z dobro znanimi orodji, kot sta ChatGPT in DALL·E, so naučeni na obsežnih množicah podatkov ter ustvarjajo rezultate z identifikacijo in s kombiniranjem vzorcev iz podatkov, ki so jim bili izpostavljeni. Npr., model generativne UI, naučen na naravnih besedilih, lahko sestavi skladne eseje ali dialoge, medtem ko lahko drugi, naučen na vizualnih podatkih, ustvari realistične slike ali umetniška dela. Kljub impresivnim rezultatom GUI ne »razume« vsebine, ki jo proizvaja; opira se izključno na verjetnostne asociacije, ki izhajajo iz podatkov, ki jim je bil sistem izpostavljen v času »učenja«. To pomeni, da njegove stvaritve niso izvirne v človeškem smislu, temveč so matematične rekonstrukcije naučenih vzorcev. Učiteljem GUI ponuja priložnosti za izboljšanje učnih izkušenj s kreativnimi orodji, hkrati pa zahteva skrbno upoštevanje njenih omejitev, kot so morebitne netočnosti, pristranskosti ali etični pomisleki v zvezi z izvirnostjo in lastništvom ustvarjene vsebine.

Raziskave in razvoj na področju GUI so osredotočeni na izboljšanje hitrosti, zmogljivosti in učinkovitosti teh modelov. Kljub temu pa številna vprašanja o temeljnih načelih, aplikacijah in družbeno-ekonomskem vplivu GUI še zmeraj ostajajo neraziskana. To predstavlja izziv, saj jasna podoba in razumevanje GUI še nista dokončno oblikovana. GUI v splošnem prinaša številne priložnosti za inovacije in izboljšave v različnih panogah, vendar je hkrati pomembno, da se zavedamo tudi izzivov, ki jih prinaša, ter si prizadevamo za odgovorno in etično uporabo te tehnologije.

V primerjavi z drugimi razvitimi sistemi UI si GUI prizadeva posnemati širok razpon in zapletenost človeških kognitivnih spretnosti, s čimer omogoča strojem, da izvajajo različne intelektualne naloge (Jovanović in Campbell, 2022). Na ta način ima GUI v izobraževanju izreden potencial, zlasti pri gradnji prilagodljivih učnih okolij za različne individualne potrebe učencev, pri čemer omogoča dinamično prilagajanje učenčevim sposobnostim in potrebam na ravni, ki je primerljivejša s človeško interakcijo v primerjavi z računalniškimi sistemi, ki ne temeljijo na uporabi GUI. A visoka zmogljivost rešitev GUI brez zavedanja in razumevanja širšega konteksta ter njena nekritična uporaba predstavljata mnoge potencialne izzive, kot so akademska nepoštenost, pretirano zanašanje na avtomatizirana orodja, širjenje pristranskih ali netočnih informacij ter zmanjšano kritično mišljenje in ustvarjalnost učencev in učiteljev. Z vzpostavitvijo jasnih okvirov in smernic lahko z ustreznimi regulacijami ublažimo tveganja, hkrati pa spodbudimo etično in učinkovito uporabo tehnologij UI po celotni vertikali izobraževalnega sistema.

Potreba po ureditvi in regulaciji umetne inteligence

Medtem ko so potencialne koristi UI ogromne – povečanje produktivnosti, spodbujanje inovacij in obravnavanje zapletenih izzivov –, ta prinaša tudi pomembna tveganja in etične pomisleke (Tongia, 2024). Ker se UI že vse pogosteje vpeljuje v gospodarstvu, državni upravi, izobraževanju in ustvarjalni umetnosti, jo je treba ustrezno urediti in regulirati.

Obstaja več ključnih vidikov, ki jih je z vidika urejanja in regulacije UI nujno potrebno nasloviti (Díaz-Rodriguez idr., 2023).

Zagotavljanje varnosti in zanesljivosti delovanja sistemov UI. Slabo zasnovani ali nedelujoči sistemi UI lahko povzročijo škodljive posledice, kot so nesreče v avtonomnih vozilih ali napake v medicinskih diagnozah. Regulacija lahko uveljavi varnostne standarde za ublažitev tovrstnih tveganj.

Zaščita človekovih pravic. Sistemi UI lahko nenamerno posegajo v zasebnost, svobodo izražanja in druge temeljne pravice. Npr., tehnologije množičnega nadzora in pristranski algoritmi lahko nesorazmerno prizadenejo

posamezne družbene skupine. Ustrezni predpisi lahko pomagajo varovati te pravice z določanjem omejitev dosega UI in zagotavljanjem odgovornosti.

Preprečevanje diskriminacije in pristranskosti. Sistemi UI se pogosto zanašajo na pretekle podatke, ki so lahko netočni in vsebujejo pristranskosti. Brez nadzora lahko te pristranskosti ohranijo ali povečajo diskriminacijo na področjih, kot sta zaposlovanje ali kazenski pregon. Predpisi lahko zahtevajo pravičnost in ukrepe za ublažitev pristranskosti.

Spodbujanje preglednosti in odgovornosti. Postopki odločanja številnih sistemov UI so nepregledni, zaradi česar je težko razumeti ali izpodbijati njihove rezultate. Predpisi lahko zahtevajo razložljivost, ki zainteresiranim stranem omogoča razumevanje in zaupanje v sisteme UI.

Spodbujanje etičnih inovacij. Z določitvijo jasnih smernic lahko predpisi spodbujajo inovacije, hkrati pa zagotavljajo vključitev etičnih vidikov v razvoj in uvajanje UI.

Naslavljanje vplivov na gospodarstvo in zaposlovanje. Porast avtomatizacije, ki jo poganja UI, vzbuja zaskrbljenost glede ukinjanja delovnih mest in ekonomske neenakosti. Regulativni okviri lahko spodbujajo politike, ki uravnotežijo tehnološki napredek z zaščito zaposlenih.

Ohranjanje varnosti in preprečevanje zlorab. Od tehnologij globokih ponaredkov (angl. *deepfake*) do avtonomnega orožja je UI mogoče izkoristiti za zlonamerne namene. Predpisi lahko določijo omejitve za aplikacije z visokim tveganjem, da preprečijo zlorabo in povečajo globalno varnost.

Kako regulirati umetno inteligenco

A reguliranje UI ni enostavno. Tako kot mnoge tehnologije tudi UI sama po sebi ni niti dobra niti slaba. Odvisno je od tega, kako jo nekdo uporablja in/ali zlorablja. Njena učinkovita regulacija zahteva uravnotežen pristop, ki spodbuja inovacije in hkrati obravnava tveganja. Ključne strategije regulacije UI vključujejo naslednje vidike (Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council, 2024; OECD, 2019, 2024; The White House, 2022; Sheehan, 2023).

Na tveganju temelječi pravni okviri. Aplikacije UI se kategorizirajo glede na njihov potencialni vpliv, s strožjimi pravili za sisteme z visokim tveganjem (npr. zdravstveno varstvo, pravne odločitve) in lažjim nadzorom za aplikacije z nizkim tveganjem.

Etična načela in smernice. Predpisi gradijo na temeljnih etičnih načelih, kot so pravičnost, odgovornost, preglednost in zasebnost. Okviri, kot so OECD-jeva načela UI (OECD, 2024) in Unescova etična priporočila za AI (UNESCO, 2022), zagotavljajo dragocene načrte.

Globalno sodelovanje. UI deluje čezmejno, kar zahteva mednarodno sodelovanje za uskladitev standardov in reševanje čezmejnih izzivov. Organizacije, kot sta Združeni narodi in Evropska unija, igrajo ključno vlogo pri spodbujanju globalnega soglasja.

Javno-zasebno partnerstvo. Za oblikovanje vključujočih in praktičnih regulativnih ukrepov se vključijo zainteresirane strani iz industrije, akademskih krogov, civilne družbe in državne uprave. Tovrstni modeli omogočajo deljeno odgovornost in inovacijam prijazno upravljanje.

Prilagodljivost in fleksibilnost. Tehnologija UI se hitro razvija, zaradi česar statični predpisi hitro zastarajo. Regulacija UI mora biti dinamična ter vključevati mehanizme za redne posodobitve in preglede, da pravila ostanejo ustrezna.

Mehanizmi odgovornosti. Vzpostaviti je treba jasno strukturo odgovornosti za prepoznavanje in reševanje težav, ki izhajajo iz uvajanja UI. Ti mehanizmi naj vključujejo obvezne ocene učinka, revizije in sisteme reševanja pritožb.

Splošni predpisi in okviri UI

Po svetu se ureditve UI lotevajo na različne načine. Pri tem obstajajo nekateri splošni predpisi in okviri, namenjeni regulaciji UI. Uredba Evropske unije o UI (Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council, 2024) je obsežen dokument, ki kategorizira sisteme UI na podlagi tveganja, s strogimi zahtevami za aplikacije z visoko stopnjo tveganja. Poudarja preglednost, varnost in ublažitev pristranskosti. Načrt ZDA za listino pravic UI (The White House, 2022) je osredotočen na zaščito posameznikov pred škodljivimi praksami UI in poudarja načela, kot so zasebnost, pravičnost in algoritemska odgovornost. Kitajski predpisi o UI (Sheehan, 2023) so mešanica politik, ki temeljijo na inovacijah, in strogega nadzora, ki se osredotoča na varstvo podatkov, etični razvoj UI in pomisleke glede nacionalne varnosti, z novimi strategijami za upravljanje algoritmov, pogovornih robotov in drugih rešitev UI. Poleg omenjenih obstajajo tudi nekatere globalne pobude za etiko UI, kot so Načela OECD o UI (OECD, 2024), Unescovo priporočilo o etiki UI (UNESCO, 2022) in Načela umetne inteligence G20 (OECD, 2019), ki predstavljajo ključna prizadevanja za ustvarjanje skupnih norm in standardov na mednarodni ravni.

S primerno naslovitvijo teh splošnih regulativnih vidikov lahko oblikovalci politik ustvarijo okolje, v katerem se sistemi UI razvijajo in uvajajo odgovorno, kar zagotavlja, da so njihove koristi čim večje, hkrati pa se zmanjšajo tveganja.

Evropska uredba o UI

Uporabo UI v EU ureja Evropska uredba o umetni inteligenci (Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council, 2024), ki je prvi ce-

lovit zakon o UI na svetu. EU UI Act je pionirski regulativni okvir, ki ga je sprejela Evropska unija za urejanje uporabe UI v različnih sektorjih. Njegov primarni cilj je zagotoviti, da so sistemi UI varni, pregledni in usklajeni s temeljnimi pravicami, hkrati pa želi spodbujati inovacije in zaupanje v tehnologije UI.

EU UI Act uporablja pristop, ki temelji na tveganju in sisteme UI razvršča v štiri stopnje tveganja:

1. *Nesprejemljivo tveganje.* Aplikacije UI, ki ogrožajo temeljne pravice in varnost, kot je socialno točkovanje[1] s strani vlad, so prepovedane.
2. *Visoko tveganje.* Za sisteme s pomembnimi vplivi na posameznika in družbo, kot so biometrična identifikacija, zdravstvo in izobraževanje, veljajo strogi predpisi. Ti vključujejo zahteve glede preglednosti, ublažitev pristranskosti in ukrepe glede odgovornosti.
3. *Tveganje preglednosti.* Sistemi UI, kot so pogovorni roboti, zahtevajo osnovne ukrepe preglednosti (npr. razkritje njihove avtomatizirane narave).
4. *Minimalno tveganje.* Večina ostalih aplikacij, kot so priporočilni sistemi ali videoigre (kjer delovanje računalniških tekmecev poganja UI), ne zahteva posebne regulacije.

Uredba EU UI Act prav tako poudarja pomen upravljanja podatkov, ki zahteva skladnost s Splošno uredbo o varstvu podatkov oz. General Data Protection Regulation (GDPR) (Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council, 2016), in človeški nadzor nad aplikacijami UI, kjer je tveganje visoko. Z vzpostavitvijo jasnih pravil želi uredba zaščititi posameznike in organizacije, hkrati pa zagotoviti, da Evropa ostane vodilna v svetu na področju etičnih inovacij na področju UI.

Pomen regulacije umetne inteligence v izobraževanju

Integracija GUI v izobraževanje preoblikuje procese učenja in poučevanja ter ponuja izjemne priložnosti za personalizirano, na posameznika osredotočeno poučevanje, večjo ustvarjalnost in boljšo administrativno učinkovitost učiteljev. Vendar pa hitro uvajanje GUI sproža tudi etične, družbene in tehnične

[1] Socialno točkovanje je sistem, ki ocenjuje posameznike na podlagi njihovega vedenja in dejanj, pogosto z uporabo podatkov iz različnih virov, kot so finančne transakcije ali dejavnost na družbenih medijih. Tako podeljene ocene lahko nato vplivajo na dostop do storitev in priložnosti ali celo na socialni status. Osnovni namen točkovanja je nagrajevati pozitivno vedenje in kaznovati negativnega, vendar takšni sistemi vzbujajo pomisleke glede zasebnosti, nadzora, poštenosti in možnosti zlorabe ali diskriminacije, še zlasti, če točke določajo netransparentni sistemi UI.

izzive, ki zahtevajo ustrezno ureditev in regulacijo. Predpisi morajo zagotoviti odgovorno uporabo UI z obravnavanjem vprašanj, kot so zasebnost podatkov, pravičnost in intelektualna lastnina, hkrati pa morajo spodbujati zaupanje in transparentnost med učitelji, učenci ter drugimi deležniki izobraževanja. V tem kontekstu se transparentnost nanaša na odprtost in jasnost glede delovanja sistemov UI, vključno s tem, kako se sprejemajo odločitve, kateri podatki se uporabljajo in kakšne morebitne pristranskosti ali omejitve obstajajo. V izobraževanju preglednost učiteljem, učencem in drugim deležnikom pomaga razumeti orodja UI in jim zaupati.

V izobraževalnem kontekstu je potreba po regulaciji še posebej pomembna zaradi inherentne ranljivosti področja (Ali idr., 2024). Izzivi uporabe UI vključujejo ravnanje z občutljivimi podatki učencev, možnost algoritemske pristranskosti, ki vpliva na neenakovredno obravnavo učencev, in pomisleke glede akademske integritete zaradi zlorabe orodij GUI, kot so generatorji esejev[2] (npr. Chat GPT ali EssayBot). Z vzpostavitvijo jasnih okvirov in smernic lahko z ustreznimi regulacijami ublažimo tveganja, hkrati pa spodbudimo etično in učinkovito uporabo tehnologij UI po celotni vertikali izobraževalnega sistema.

Regulativna prizadevanja v Evropski uniji in v svetu

Z vidika Uredbe EU o UI (Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council, 2024) izobraževalne aplikacije GUI pogosto spadajo v kategorijo visokega tveganja glede na njihov potencial, da znatno vplivajo na pravice in dobro počutje posameznikov. Ključne določbe uredbe, ki se nanašajo na izobraževanje, vključujejo zahteve glede preglednosti, zmanjšanja pristranskosti in varovanja zasebnosti podatkov v skladu z GDPR.

Sistemi UI, ki se uporabljajo v izobraževanju, morajo tako razkriti svojo avtomatizirano naravo in zagotoviti jasne informacije o svoji funkcionalnosti in omejitvah, kar učiteljem in učencem pomaga pri sprejemanju informiranih odločitev o uporabi UI. Razvijalci morajo dokazati, da njihovi sistemi UI ne ohranjajo ali poslabšujejo pristranskosti, zlasti v situacijah z visokim tveganjem, kot je ocenjevanje ali vpisni postopek učnih programov. Prav tako EU UI Act (Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council, 2024) poudarja skladnost s Splošno uredbo o varstvu podatkov (GDPR) ter varuje osebne podatke učencev in učiteljev, hkrati pa zago-

[2] Generatorji esejev so računalniška orodja, ki samodejno ustvarijo pisno vsebino na podlagi pozivov z uporabo naprednih jezikovnih modelov za ustvarjanje koherentnih in strukturiranih esejev. Čeprav lahko pomagajo pri razmišljanju in pripravi osnutkov, hkrati sprožajo pomisleke glede njihovega vpliva na akademsko integriteto in razvoj veščin kritičnega mišljenja učencev.

tavlja, da so sistemi UI zasnovani tako, da privzeto zagotavljajo zasebnost uporabnikov.

Medtem ko je EU z vidika reguliranja UI vodilna s svojim celovitim pristopom, tudi druge regije napredujejo pri urejanju UI v izobraževanju. Regulacija UI v ZDA je trenutno razdrobljena z zbirko zveznih in državnih predpisov, ki obravnavajo vidike, kot sta zasebnost podatkov in algoritemska odgovornost. Pojavljajo pa se tudi pobude, ki poudarjajo naraščajoče zvezno zanimanje za vzpostavitev etičnih smernic za UI v izobraževanju.

Kitajski regulativni pristop združuje strog nadzor z močnim poudarkom na inovacijah. Nedavni normativni akti, kot sta Zakon o varstvu podatkov (Data Security Law of the People's Republic of China, 2021) in Zakon o varstvu osebnih podatkov (Personal Information Protection Law of the People's Republic of China, 2021) nalagajo stroge zahteve glede tega, kako izobraževalni sistemi UI obravnavajo osebne podatke. Poleg tega je Kitajska uvedla posebne ukrepe za nadzor vpliva UI v izobraževanju, kot je prepoved njene uporabe v postopkih izbire oz. vpisa študentov na univerze.

Avstralska vlada poudarja etična načela UI ter se zavzema za preglednost, pravičnost in odgovornost sistemov UI. Avstralski okvir etike umetne inteligence (Commonwealth of Australia, 2023) služi kot vodnik za uvajanje UI v različne sektorje, vključno z izobraževanjem, s priporočili, prilagojenimi potrebam učiteljev in učencev.

Tudi v drugih državah, kot so Kanada, Južna Koreja in Singapur, sprejemajo hibridne pristope, ki združujejo etične smernice s sektorskimi predpisi. Npr., singapurski okvirni model upravljanja UI (Smart Nation Singapore, 2019) ponuja orodja in vire za izobraževalne ustanove za odgovorno ukrepanje pri integraciji ter uporabi UI.

Ključni vidiki reguliranja umetne inteligence v izobraževanju

Menimo, da bi morali pri razvoju predpisov o UI v izobraževanju izhajati iz ključnih vprašanj, kot so zasebnost in varnost podatkov, pravičnost in vključenost, odgovornost in nadzor, preglednost in razložljivost, akademska integriteta ter opolnomočenje učiteljev in učencev.

Izobraževalne ustanove obdelujejo ogromne količine občutljivih podatkov, vključno z uspešnostjo učencev in njihovimi osebnimi podatki. Predpisi morajo zagotoviti trdne zaščitne ukrepe proti kršitvam podatkov, nepooblaščenemu dostopu in zlorabi informacij s strani sistemov UI. Sisteme UI je treba oblikovati in izvajati za spodbujanje pravičnih izobraževalnih možnosti.

To vključuje obravnavo algoritemskih pristranskosti[3], ki bi lahko prikrajšale učence na podlagi rase, spola, socialno-ekonomskega statusa ali invalidnosti. Jasno je treba določiti meje odgovornosti za rezultate uvajanja UI med razvijalci UI, izobraževalnimi ustanovami in oblikovalci politik. Neodvisne revizije in ocene lahko pri tem pomagajo ohraniti nadzor. Učitelji in učenci morajo razumeti, kako sistemi UI delujejo in sprejemajo odločitve. Predpisi bi morali zahtevati razložljive funkcije v sistemih UI, zlasti v aplikacijah z visokim tveganjem za namene, kot je ocenjevanje znanja. Generativna orodja UI za ustvarjanje vsebin (npr. besedil in slik) predstavljajo izziv za akademsko integriteto. Oblikovalci politik bi morali sodelovati z učitelji, da bi določili smernice o sprejemljivi uporabi UI, pri čemer bi inovacije uravnotežili z etičnimi standardi. Učinkovita ureditev UI bi morala učitelje in učence opolnomočiti z zagotavljanjem usposabljanja o orodjih UI ter njihovih posledicah, kar zagotavlja informirano in samozavestno uporabo UI v razredu.

Dobre prakse in priporočila

Za spodbujanje odgovorne uporabe UI v izobraževanju lahko oblikovalci politik in učitelji sprejmejo nekatere dobre prakse. Smiselno je spodbujanje sodelovanja med državno upravo, vodilnimi v industriji in izobraževalnimi ustanovami za razvoj prožnih ter prilagodljivih predpisov glede vpeljave in uporabe UI. Na osnovi splošno razvitih smernic naj se predpisi prilagodijo edinstvenim izzivom in priložnostim v izobraževanju, s poudarkom na vključenosti, etiki in željenih dolgoročnih učinkih. Spodbuja naj se pismenost z UI, tako da se izobraževanje o UI vključi v usposabljanje učiteljev in učne načrte ter opremi vse deležnike z znanjem za odgovorno uporabo UI. Za zagotavljanje skladnosti z etičnimi in regulativnimi standardi sta potrebna redno spremljanje skladnosti sistemov UI ter ocenjevanje možnosti za nastanek tveganj. S sprejetjem celovitih regulativnih okvirov in dobrih praks lahko izobraževalni sektor izkoristi transformativni potencial GUI, hkrati pa ščiti interese učencev in učiteljev.

Pregled stanja generativne umetne inteligence v izobraževanju

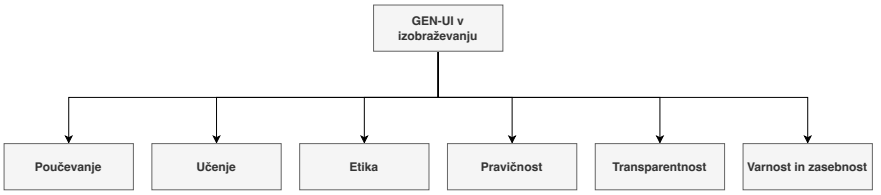
Pri UI gre v bistvu za strojno posnemanje človeških kognitivnih procesov, kar vključuje aktivnosti, kot so reševanje problemov, učenje, razmišljanje in odločanje. GUI si v primerjavi z drugimi razvitimi sistemi UI prizadeva posnemati širok razpon in zapletenost človeških miselnih sposobnosti, s čimer omogoča

[3] Algoritemska pristranskost se nanaša na sistematične napakoe ali nepoštene rezultate, do katerih pride, ko sistemi UI dajejo prednost določenim skupinam pred drugimi zaradi pristranskih podatkov ali napačnega programiranja. To lahko privede do nenamerne diskriminacije, kar povečuje družbene neenakosti.

strojem, da izvajajo različne intelektualne naloge, ki jih je sicer sposoben opraviti človek (Jovanović in Campbell, 2022). Posledično ima GUI v izobraževanju velik potencial. Omogoča personalizacijo učenja glede na raznolike potrebe, hitrost in želje učencev (Baidoo-Anu in Ansah, 2023) ter premika meje ustvarjalnosti in inovativnosti v interaktivnih, privlačnih ter pogosto precej realističnih učnih izkušnjah. Tovrstne tehnologije lahko premostijo vrzeli v učnih dosežkih, demokratizirajo kakovostno izobraževanje in ponudijo nova orodja vsem, ki želijo inovirati metodologijo poučevanja. Z razvojem najnovejših metod in tehnik globokega učenja, transformerjev in velikih jezikovnih modelov pa se ob navdušenju nad sposobnostmi GUI vse jasneje kažejo tudi njeni možni negativni vplivi, izzivi in pasti neustrezne uporabe.

V nadaljevanju je predstavljen pregled GUI v izobraževanju z različnih zornih kotov in izpostavljene najbolj obravnavane teme, organizirane v obliki ogrodja oz. taksonomije (krovna razdelitev je prikazana na sliki 1). Pregled je nastal na osnovi analize množice dokumentov z vsega sveta, ki naslavljajo področje UI in izobraževanja ter podajajo smernice, pravila ali priporočila za ureditev in regulacijo UI ter GUI v izobraževanju. Pri analizi smo se najbolj opirali na naslednje dokumente:

- Smernice za generativno umetno inteligenco v izobraževanju in raziskavah (UNESCO, 2023),
- Priročnik o uporabi umetne inteligence v izobraževanju (Spanish Ministry of Education, Vet and Sports, 2024),
- Poročilo o UI skupine Evropskega digitalnega izobraževalnega središča o umetni inteligenci v izobraževanju (European Commission, 2023),
- Umetna inteligenca ter prihodnost poučevanja in učenja – vpogledi in priporočila (U.S. Department of Education, b. l.),
- Avstralski okvir za generativno umetno inteligenco v šolah (Commonwealth of Australia, 2023),
- Generativna umetna inteligenca za izobraževanje in pedagogiko (Cornell University, b. l.),
- Priporočila in premisleki za implementacijo generativne UI v Severni Karolini za javne šole PK-13 (North Carolina Department of Public Instruction, 2024),
- Etične smernice o uporabi umetne inteligence in podatkov pri poučevanju in učenju za učitelje (European Union, 2022),
- Potencialni vpliv umetne inteligence na pravičnost in vključenost v izobraževanje (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2024),



Slika 1 Krovne teme generativne umetne inteligence v izobraževanju

- Etične smernice za zaupanja vredno AI, High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, Evropska Unija (European Commission, 2019),
- Priporočilo o etiki umetne inteligence (UNESCO, 2022).

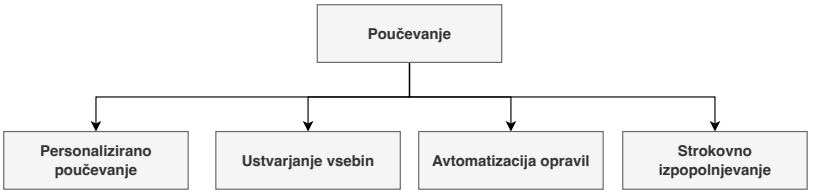
Splošno ogrodje generativne umetne inteligence v izobraževanju

Splošno ogrodje GUI v izobraževanju, kot izhaja iz pregleda trenutnega stanja, je prikazano na sliki 1. Ključne teme pod okriljem GUI v izobraževanju so poučevanje, učenje, etika, pravičnost, transparentnost ter varnost in zasebnost.

Tema *poučevanja* se osredotoča na uporabo GUI za namene poučevanja, medtem ko se *učenje* osredotoča na učni proces učenca. Etika izpostavlja ključna etična vprašanja, povezana z izobraževanjem, medtem ko *pravičnost* obravnava vključevanje in zaščito pravic ter interesov vseh deležnikov v sistemih UI. *Transparentnost* daje velik poudarek razkritju uporabe, kar pomeni, da je treba uporabo UI razkriti vsem udeleženim stranem v procesih poučevanja, učenja in odločanja. Področje *varnosti in zasebnosti* se osredotoča predvsem na zaščito institucionalnih podatkov in informacij o učencih, poudarja stroge politike zasebnosti, ter zagotavljanja varstva podatkov in obravnava zakonske omejitve v kontekstu učencev.

Poučevanje

GUI zagotavlja odlično podporo za učitelje v zvezi z učnimi nalogami, ki so usmerjene v izboljšanje učne učinkovitosti in učinkovitosti pri poučevanju (North Carolina Department of Public Instruction, 2024). Omogoča prilagojeno, *personalizirano učenje* s prilagajanjem za posameznega učenca, z lekcijami, vajami in osebnim tempom napredovanja skozi snov (Spanish Ministry of Education, 2024). Uporablja se lahko tudi za pomoč učiteljem pri *ustvarjanju vsebin,* kot je npr. priprava učnih načrtov, priprava kvizov ali večpredstavnostnih gradiv in izgradnja interaktivnih virov (Spanish Ministry of Education, 2024; UNESCO, 2023). Pomembna spretnost je *avtomatizacija opravil,* pri čemer

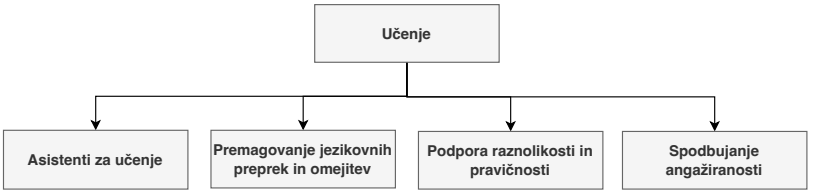


Slika 2 Najpogostejše teme GUI v izobraževanju z vidika poučevanja

lahko GUI avtomatizira rutinske dejavnosti, kot sta hitra povratna informacija in ustvarjanje poročil, ter komunikacijo s starši, s čimer učitelje in pedagoge osvobodi administrativnih bremen ter jim omogoči več časa, da se osredotočijo na svojo primarno vlogo (Spanish Ministry of Education, 2024). GUI podpira tudi *strokovno izpopolnjevanje* z zagotavljanjem virov za usposabljanje in inštruiranjem o tem, kako lahko učitelji na najprimernejši način vključujejo orodja in rešitve UI v svojo pedagoško prakso (North Carolina Department of Public Instruction, 2024; Spanish Ministry of Education, 2024). Najpogostejše teme GUI v izobraževanju z vidika poučevanja so predstavljene na sliki 2.

Učenje

GUI bi bila lahko v pomoč pri povečanju obsega učenja, saj zajema različna orodja in funkcionalnosti, ki zadovoljujejo različne potrebe in olajšajo učni proces. Deluje kot *asistent za učenje* in podpira učence v realnem času pri izvajanju različnih nalog, od odgovarjanja na vprašanja do razlage konceptov, ki jih je težko razumeti (North Carolina Department of Public Instruction, 2024). S primerno uporabo GUI izboljšuje dostopnost, saj pomaga *premagovati jezikovne prepreke in druge omejitve* (npr. učencev s posebnimi potrebami), vključno s prevajanjem, prilagojenimi prikazi in z drugimi podpornimi tehnologijami, kot sta pretvorba besedila v govor in govora v besedilo (Commonwealth of Australia, 2023). Zagotovi lahko boljšo *podporo raznolikosti in pravičnosti* ter spodbuja vključevanje kulturno in jezikovno različnih učencev. Z uporabo GUI lahko *spodbudimo angažiranost* učencev z učenjem, ki temelji na igrah, z interaktivnimi orodji in s sprotnimi povratnimi informacijami, pri čemer učenci proces učenja doživljajo kot bolj motivirajoč (Spanish Ministry of Education, 2024). Najpogostejše teme GUI v izobraževanju z vidika učenja so predstavljene na sliki 3.



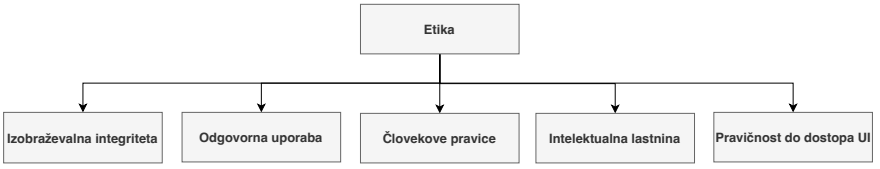
Slika 3 Najpogostejše teme GUI v izobraževanju z vidika učenja

Etika

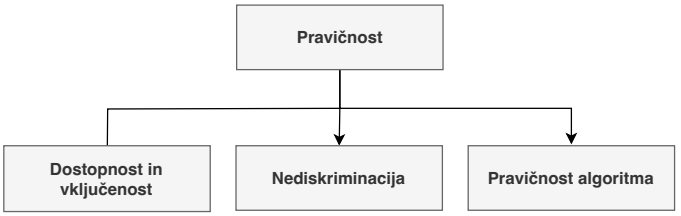
Z vidika uporabe GUI v izobraževanju so ključna etična vprašanja, ki vključujejo odgovorno in enakopravno uporabo (European Union, 2022; European Commission, 2023). Zelo pomembno je spodbuditi in zagotoviti *izobraževalno integriteto* s ponudbo postopkov za iskanje ter preprečevanje plagiatorstva ali kakršne koli druge nepravilne uporabe UI pri vrednotenju dela in ocenjevanju znanja učencev. S tega vidika je treba zagotoviti smernice glede *odgovorne uporabe* preko etičnih okvirov pri oblikovanju in uporabi orodij UI v izobraževalnih okoljih. Nadalje lahko GUI služi podpiranju temeljnih človekovih pravic z zagotavljanjem ohranjanja avtonomije, dostojanstva in varnosti učencev v njihovih interakcijah z rešitvami UI. Vzpostavitev dobro opredeljenih politik *intelektualne lastnine* v zvezi z lastništvom in uporabo materialov, ustvarjenih z UI, bi zagotovila jasne smernice tako za učitelje kot učence. Obravnavanje *pravičnosti pri dostopu do UI* vključuje premostitev digitalnega razkoraka, ki obstaja, in zagotavljanje enakih možnosti za vse učence, da imajo koristi od UI ne glede na svoje ozadje. Najpogostejše teme GUI v izobraževanju v zvezi z etičnimi vprašanji so predstavljene na sliki 4.

Pravičnost

Pravičnost z vidika GUI naslavlja vključevanje ter zaščito pravic in interesov vseh deležnikov v izobraževalnem procesu v sistemih UI. To zahteva *zagota-*



Slika 4 Najpogostejše teme GUI v izobraževanju v zvezi z etičnimi vprašanji



Slika 5 Najpogostejše teme GUI v izobraževanju s stališča pravičnosti

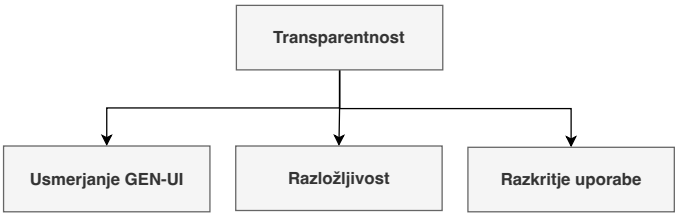
vljanje dostopnosti in vključenosti že pri samem oblikovanju rešitev UI. Orodja GUI morajo biti na voljo, uporabna in dostopna učencem ter učiteljem z različnimi sposobnostmi in različnimi učnimi stili, pri čemer se spodbuja razvoj in uporaba sistemov, ki zadovoljujejo širok spekter potreb (UNESCO, 2022). Zelo pomembno je zadostiti potrebi po *nediskriminaciji* v mehanizmih UI, da ne bi ohranjali stereotipov in izključevalnih praks (European Commission, 2019). GUI mora pri tem slediti načelom *algoritemske pravičnosti,* pri čemer se modele UI poučuje na reprezentativnih naborih podatkov in s pogostimi revizijami, ki ne dopuščajo, da bi pristranskost ostala neopažena, temveč se jih z ustreznimi pregledi usmerja v poštene rezultate za vse uporabnike. Najpogostejše teme GUI v izobraževanju s stališča pravičnosti so predstavljene na sliki 5.

Transparentnost

Transparentnost GUI za izobraževanje je bistvena za vzpostavitev zaupanja in zagotavljanje etične uporabe teh tehnologij. Zajema potrebo po *razložljivosti,* kjer uporabniki razumejo algoritme in vire podatkov, na katerih temeljijo rezultati UI, kar jim omogoča kritično ovrednotenje njihove zanesljivosti (Bala idr., 2023). Z drugimi besedami, odločitve in rezultati UI morajo biti razložljivi in razumljivi tako učiteljem kot učencem. Preglednost zajema tudi *usmerjanje GUI,* ki z jasnimi navodili za pravilno uporabo uporabnikom omogoča, da kar najučinkoviteje komunicirajo z orodjem UI za samozavestno sodelovanje. Velik poudarek je treba dati tudi *razkritju uporabe,* kar pomeni, da je treba uporabo UI razkriti vsem udeleženim stranem v procesih poučevanja, učenja in odločanja (Commonwealth of Australia, 2023). Najpogostejše teme z vidika transparentnosti in preglednosti GUI v izobraževanju so predstavljene na sliki 6.

Varnost in zasebnost

Področje varnosti in zasebnosti v GUI za izobraževanje vključuje kritična vprašanja glede zaščite občutljivih podatkov in zasebnosti uporabnikov. Ko izo-



Slika 6 Najpogostejše teme z vidika transparentnosti in preglednosti GUI v izobraževanju

Slika 7 Najpogostejše teme GUI v izobraževanju z vidika zagotavljanja varnosti in zasebnosti

braževalna okolja začenjajo vključevati tehnologije UI, se pojavljajo pomisleki v zvezi z nepooblaščenim zbiranjem in morebitno zlorabo osebnih podatkov (UNESCO, 2023). Spoštovanje predpisov, kot je Splošna uredba o varstvu podatkov (GDPR), je bistvenega pomena za zagotavljanje skladnosti pri zbiranju in uporabi podatkov. Za obvladovanje izzivov *pristranskosti, zanesljivosti in napačnega predstavljanja* rezultatov v okviru GUI je treba rezultate redno preverjati glede točnosti in morebitne pristranskosti, kar vključuje kritično razmišljanje o veljavnosti vseh ustvarjenih odgovorov in vsebin. Uporaba GUI v učnih okoljih mora tako potekati pod ponavljajočim se potrjevanjem celovitosti rezultatov UI, kar v enačbo vključuje tudi potrebo po strogih *politikah zasebnosti* in varstvu podatkov. Spodbuja se nov osredotočen pristop k *zmanjševanju podatkov,* pri čemer se zbirajo samo osnovni podatki, da se zmanjšajo možnosti kršitev zasebnosti (UNESCO, 2023). Poleg tega se spodbuja tudi uvedba ukrepov *kibernetske varnosti* v učna okolja, ki sisteme UI ščitijo pred vdori ali zlonamerno uporabo, ki bi lahko povzročila škodo učencem, učiteljem ali izobraževalnim institucijam. Najpogostejše teme GUI v izobraževanju z vidika zagotavljanja varnosti in zasebnosti so predstavljene na sliki 7.

Zaključek

Poglavje ponuja poglobljen pregled uporabe GUI v izobraževanju s poudarkom na njenem transformativnem potencialu in ključnih temah, kot so

poučevanje, učenje, etika, pravičnost, preglednost ter varnost in zasebnost. GUI omogoča personalizacijo učenja, ustvarjanje vsebin, avtomatizacijo administrativnih opravil in možnost strokovnega razvoja za učitelje, hkrati pa izboljšuje angažiranost, inkluzivnost in dostopnost za učence. Etični vidiki podpirajo odgovorno uporabo tehnologij, ohranjajo integriteto izobraževanja, zagotavljajo pravičnost pri dostopu do UI in ščitijo intelektualno lastnino. Pravičnost pomeni biti vključujoč, nediskriminatoren in algoritemsko pravičen. Transparentnost pri izvajanju UI zagotavlja zaupanje, ki ga usmerjajo razlaga podanih rezultatov, ustrezna povratna informacija in informirana uporaba. Varnost in zasebnost preko strogih politik varstva podatkov in kibernetske varnosti ščitita institucionalne ter učenčeve podatke.

Na podlagi vpogledov v množico mednarodnih pravil, priporočil in dobrih praks uporabe UI v izobraževanju smo skušali podati čim celovitejši pristop k odgovorni uporabi GUI na načine, ki izboljšajo izobraževalno izkušnjo in obravnavajo ključne izzive glede pristranskosti, zasebnosti in etičnih vprašanj, povezanih s tehnologijo, zmožno korenitih sprememb uveljavljenih načinov učenja in poučevanja v bodoče.

Literatura

Ali, O., Murray, P. A., Momin, M., Dwivedi, Y. K., in Malik, T. (2024). The effects of artificial intelligence applications in educational settings: Challenges and strategies. *Technological Forecasting and Social Change, 199*(5), 123076.

Baidoo-Anu, D., in Ansah, L. O. (2023). Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. *Journal of AI*, *7*(1), 52–62.

Bala, K., Colvin, A., Christiansen, M. H., Heinemann, A. W., Kreps, S., Levine, L., Liang, C., Mimno, D., Rush, S., Snyder, D., Tarlow, W. E., Thoemmes, F., Vanderlan, R., Stevenson Won, A., Zehnder, A., in Ziewitz, M. (2023, 18. julij). *Generative artificial intelligence for education and pedagogy.* Cornell University.

Commonwealth of Australia. (2023). *Australian framework for generative artificial intelligence in schools*. https://www.education.gov.au/schooling/resources/australian-framework-generative-artificial-intelligence-ai-schools

Cornell University. (B. l.). *CU committee report: Generative artificial intelligence for education and pedagogy.* https://teaching.cornell.edu/generative-artificial-intelligence/cu-committee-report-generative-artificial-intelligence-education

Das, S., Dey, A., Pal, A., in Roy, N. (2015). Applications of artificial intelligence in machine learning: Review and prospect; enhanced reader. *International Journal of Computer Applications*, *115*(9), 31–41.

Data Security Law of the People's Republic of China (2021, 10. junij). The Supreme People's Procuratorate of the People's Republic of China. https://en.spp.gov.cn/2021-06/10/c_948426.htm

Díaz-Rodriguez, N., Del Ser, J., Coeckelbergh, M., López de Prado, M., Herrera-Viedma, E., in Herrera, H. (2023). Connecting the dots in trustworthy artificial intelligence: From AI principles, ethics, and key requirements to responsible AI systems and regulation. *Information Fusion, 99,* 101896.

European Commission. (2019). *High-level expert group on AI: Ethics guidelines for trustworthy AI.* https://doi.org/10.2759/346720

European Commission. (2023). *AI report by the European Digital Education Hub's squad on artificial intelligence in education*. https://doi.org/10.2797/110865

European Union. (2022). *Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for Educators.* https://doi.org/10.2766/127030

Jovanović, M., in Campbell, M. (2022). *Generative artificial intelligence: Trends and prospects. Computer, 55*(10), 107–112.

North Carolina Department of Public Instruction. (2024). *North Carolina generative AI implementation recommendations and considerations for PK-13 public schools.* https://go.ncdpi.gov/AI_Guidelines

OECD. (2019). *G20 AI principles.* https://oecd.ai/en/wonk/documents/g20-ai-principles

OECD. (2024). *The Potential impact of artificial intelligence on equity and inclusion in education* (OECD Artificial Intelligence Papers št. 23). https://www.oecd.org/en/publications/the-potential-impact-of-artificial-intelligence-on-equity-and-inclusion-in-education_15df715b-en.html

Personal Information Protection Law of the People's Republic of China. (2021, 29. december). The Supreme People's Procuratorate of the People's Republic of China. https://en.spp.gov.cn/2021-12/29/c_948419.htm

Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). (2016). *Official Journal of the European Union,* (L 119), 1–88.

Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828 (Artificial Intelligence Act). (2024). *Official Journal of the European Union,* (1689), 1–144.

Sheehan, M. (2023, 10. julij). *China's AI regulations and how they get made.* Carnegie Endownment for International Peace. https://carnegieendowment.org/research/2023/07/chinas-ai-regulations-and-how-they-get-made?lang=en

Smart Nation Singapore. (2019). *National artificial intelligence strategy: Advancing our smart nation journey.* https://go.gov.sg/nais2019

Spanish Ministry of Education, Vet and Sports. (2024). *Guide on the use of artificial intelligence in education.*

The White House. (2022). *Blueprint for an AI bill of rights*.

Tongia, R. (2024, 28. maj). *Why regulating AI can be surprisingly straightforward, when teamed with eternal vigilance.* World Economic Forum. https://www.weforum.org/stories/2024/05/why-regulating-ai-can-be-surprisingly-straightforward-providing-you-have-eternal-vigilance/

U.S. Department of Education. (B. l.). *Fostering educational excellence and ensuring equal access.* https://tech.ed.gov/ai-future-of-teaching-and-learning/

UNESCO. (2022). *Recommendations on the Ethics of Artificial Intelligence.* https://www.unesco.org/en/articles/recommendation-ethics-artificial-intelligence

UNESCO. (2023). Guidance for generative AI in education and research. https://doi.org/10.54675/ewzm9535

Zhou, Z. (2021). Emotional thinking as the foundation of consciousness in artificial intelligence. *Cultures of Science*, *4*(3), 112–123.

Current State of Generative AI in Education from a Regulative Point of View

Artificial intelligence, which mimics human cognitive activities such as problem-solving, learning, thinking, and decision-making, has emerged as a transformative technology and is already transforming industries, economies, and societies, irreversibly changing the way we live. Generative AI has received an especially extraordinary welcome from the widest possible audience, by mimicking the broad range and complexity of human thinking and thus enabling machines to perform various intellectual tasks at a human-comparable level, but at a much faster rate, without getting tired or bored, and with a virtually infinite set of data and information at its disposal. With its ability to create texts, images, sounds, and videos that resemble human creativity, it represents a technology with extraordinary potential for substantial changes in established methods of learning and teaching. However, while it generally brings many opportunities for innovation and improvement in education, it is also very important to be aware of the challenges it brings and to strive for responsible and ethical use of this technology. In this chapter, we, therefore, present an overview of existing approaches to regulating the use of AI in different countries around the world and offer a general framework for generative artificial intelligence in education, outlining the main reasons and possible ways for its regulation.

Keywords: generative artificial intelligence, education, regulatory framework, proposed framework for generative artificial intelligence in education

Analiza mednarodnih nacionalnih smernic za uporabo umetne inteligence v učenju in poučevanju na douniverzitetni ravni

Sonja Čotar Konrad
Univerza na Primorskem
sonja.cotarkonrad@pef.upr.si

Maja Lebeničnik
Univerza na Primorskem
maja.lebenicnik@pef.upr.si

V prispevku analiziramo mednarodne nacionalne smernice rabe generativne umetne inteligence (GUI) v osnovnošolskem in srednješolskem izobraževanju držav Hrvaške, Španije, dveh zveznih dežel Nemčije, Norveške, Kanade in Združenih države Amerike. V prispevku smo se osredotočili na dve raziskovalni vprašanji, in sicer vlogo in pomen GUI pri poučevanju učiteljev ter pomen GUI pri učenju učencev. Na osnovi izvedene tematske analize smernic ugotavljamo, da nacionalni dokumenti izkazujejo ambivalenten odnos do vključevanja GUI v izobraževanje. Slednja orodja na eni strani prinašajo velik potencial za izboljšano učinkovitost in kakovost poučevanja, po drugi strani pa opozarjajo na tveganja in izzive te tehnologije. Ključni predlogi analiziranih nacionalnih dokumentov se nanašajo na razmislek glede prenove obstoječih učnih načrtov z vidika vključevanja GUI in doseganja višjih taksonomskih ravni znanja ter izpostavljajo potrebo po vseživljenjskem učenju učiteljev, predvsem na področju spretnosti rabe orodij UI, etičnih, pravnih in tehnično-tehnoloških vidikov UI v izobraževanju. Prispevek s pregledom obstoječih evropskih in drugih smernic poudarja potencial za oblikovanje izhodišč nacionalnih usmeritev rabe GUI v osnovnošolskem in srednješolskem izobraževanju v Sloveniji.

Ključne besede: mednarodne smernice GUI v izobraževanju, osnovna šola, srednja šola, evropski prostor, učenci, učitelji

CC BY-SA © 2025 Sonja Čotar Konrad in Maja Lebeničnik
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.3

Analysis of International National Guidelines for the Use of Artificial Intelligence in Learning and Teaching at the Pre-university Level

This paper analyses international guidelines for the use of generative artificial intelligence in education (GEN-AI) in primary and secondary education across Croatia, Spain, two German regions, Norway, Canada, and the United States. The study addresses two key research questions: the role and relevance of GUI in teachers' teaching and its significance for students' learning.

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.

Through thematic analysis of these guidelines, we identify ambivalent perspectives on the integration of GEN-AI in education. While the documents highlight the significant potential of GEN-AI for enhancing the efficiency and quality of teaching, they also underscore the risks and challenges associated with this technology. The key proposals emphasize the need to revise existing curricula to better integrate GEN-AI, aiming to foster the achievement of higher-order cognitive skills. Additionally, they stress the importance of lifelong professional development for teachers, particularly in building competencies related to the use of AI tools and understanding the ethical, legal, and technical aspects of AI in education.

By reviewing European and international guidelines, this paper underscores the potential to establish a foundational framework for national guidelines on the use of GEN-AI in primary and secondary education in Slovenia.

Keywords: international GEN-AI guidelines in education, primary school, secondary school, Europe, students, teachers

Uvod

Učenje in poučevanje z uporabo generativne umetne inteligence (GUI)

Umetna inteligenca (UI) se razvija že več desetletij, vendar pa pomemben mejnik za uporabo generativne umetne inteligence (GUI) za splošno javnost predstavlja leto 2022, ko je bil izdan Chat Generative Pre-Trained Transformer oz. ChatGPT (Deng idr. 2025; Zhang idr., 2024). Po mnenju nekaterih avtorjev (npr. Ali idr., 2024) GUI za izobraževanje predstavlja velik potencial predvsem na področju motivacije, personalizacije in dostopnosti učenja. Ob možnostih in potencialu, ki jih orodja prinašajo, pa je treba preučiti tudi potencialne grožnje za njegovo uporabo v izobraževanju, med njimi težavo »halucinacij« (Santiago-Ruiz, 2023), povečano možnost plagiatorstva ali pa morebitno pretirano zanašanje na uporabo GUI (Ali idr., 2024).

Do sedaj je bilo opravljenih le nekaj preglednih raziskav o uporabi GUI v douniverzitetnem izobraževanju (več o tem glej v drugih poglavjih monografije, npr. Klančar idr., 2025), pri čemer raziskave kažejo, da učenci GUI najpogosteje uporabljajo za pomoč pri pisanju in ustvarjanju vsebin ter za podporo učenju (npr. iskanje informacij in razlag, oblikovanje vprašanj za samopreverjanje) (Zhang idr., 2024). Po drugi strani pa naj bi učitelji GUI najpogosteje uporabljali za razvoj učnih gradiv (npr. interaktivnih in multimedijskih gradiv ter lažje razumljivih in berljivih besedil ipd.), za podporo procesu poučevanja (npr. strukturiranje učne vsebine, iskanje pedagoških priporočil ipd.) in za pripravo povratnih informacij (Zhang idr., 2024). Treba je opozoriti, da se kar 75 % (Zhang idr., 2024) oz. 84 % (Deng idr., 2025) raziskav, vključenih v omenjeni pregledni raziskavi, nanaša na uporabo GUI v visokošolskem okolju. Uporaba na douniverzitetni ravni je tako veliko manj preučevana.

Peng Zhang in Gemma Tur (2024) sta opravila sistematičen pregled znanstvene literature o uporabi GUI na primarni in sekundarni stopnji izobraževanja ('K-12'). Ugotovitve njune raziskave kažejo, da so prakse uporabe GUI na douniverzitetni stopnji šolanja načeloma v večji meri in pogosteje vezane na učitelje (torej proces poučevanja) kot pa na učence (raba GUI pri učenju).

Peng Zhang in Gemma Tur (2024) sta identificirala naslednje prakse uporabe GUI, ki naj bi se jih posluževali učitelji v osnovnih oz. srednjih šolah:

- podpora pri pripravi na pouk (npr. GUI predlaga ustrezne vire, strategije poučevanja, didaktične rešitve);
- podpora pri poučevanju (npr. pomaga oblikovati vprašanja in naloge za spodbujanje diskusije, kritičnega mišljenja in reševanja problemov, pomaga pri razjasnjevanju in poučevanju konceptov);
- podpora pri podajanju povratne informacije (npr. oblikovanje hitre in konstruktivne povratne informacije posameznim učencem);
- podpora pri diferenciaciji pouka (z analizo vzorcev učenčevega napredka in razumevanja lahko predlaga strategije poučevanja);
- podpora pri profesionalnem razvoju (razvoj digitalnih veščin);
- podpora pri oblikovanju inkluzivnega učnega okolja v primeru posebnih potreb učenca.

Učenci pa naj bi GUI uporabljali za (Zhang in Tur, 2024):

- boljše razumevanje obravnavanih konceptov (npr. preko hitre povratne informacije);
- pomoč pri raziskovanju kompleksnejših vsebin;
- razvoj komunikacijskih spretnosti;
- razvoj digitalnih veščin.

Santiago-Ruiz (2023) je na vzorcu mehiških univerzitetnih študentov raziskoval, kako le-ti uporabljajo ChatGPT pri svojem študiju. Kot najpogostejša oblika rabe ChatGPT s strani univerzitetnih študentov se je pokazalo iskanje informacij ali preverjanje dejstev, pri čemer avtor opozarja, da je študente treba opozarjati na pomanjkljivosti tovrstne uporabe zaradi možnosti generiranja neresnične vsebine. Študenti v njegovi raziskavi naj bi to dejstvo podcenjevali. Pri ustvarjanju besedila sta bila identificirana dva načina rabe GUI: v prvem primeru večino besedila ustvari ChatGPT na podlagi pozivov študenta. Študent v tem primeru poda začetne ideje in usmeritve ter pregle-

da in priredi vsebino, ki jo generira ChatGPT. V drugem primeru študent pripravi večino besedila, prispeva ideje in oblikuje strukturo. ChatGPT uporabi za preverjanje jezikovne ustreznosti, manjše prilagoditve besedila ali slogovno urejanje besedila. Študenti so navajali, da so ChatGPT uporabljali tudi za prevajanje, oblikovanje naslovov in iskanje dodatnih razlag oz. iskanje nepravilnosti/ preverjanje lastnega znanja (Santiago-Ruiz, 2023).

Problem in namen raziskave

Na osnovi predstavljenih empiričnih podatkov znanstvenih raziskav smo v našem prispevku na osnovi tematske analize mednarodnih smernic rabe GUI v izobraževanju želeli ugotoviti, katere teme izbrane smernice za osnovnošolsko in srednješolsko izobraževalno obdobje naslavljajo na področju učenja in katere na področju poučevanja. V okviru tega smo si zastavili dve raziskovalni vprašanji:

1. Kako posamezne države v izbranih dokumentih opredeljujejo pomen in vlogo GUI pri poučevanju učiteljev?
2. Kako posamezne države v izbranih dokumentih opredeljujejo pomen in vlogo GUI pri učenju učečih se (učencev, dijakov, študentov)?

Metoda

V okviru prispevka smo izvedli tematsko analizo dokumentov, ki pomeni eno izmed metod obdelave kvalitativnih podatkov (Krmac in Cencič, 2023), v kateri prepoznavamo različne pomene vzorcev (tem ali tematskih kod/ kategorij), ki se nanašajo na raziskovalno vprašanje, ter jih vzporejamo glede na celotno zbrano gradivo, v našem primeru posameznih dokumentov. Opredelitev tem smo določili glede na pomembnost koncepta, ki smo ga raziskovali v okviru tematske analize posameznih dokumentov (Braun in Clarke, 2006), pri čemer nas je v skladu z raziskovalnima vprašanjema zanimalo, kako izbrani nacionalni dokumenti opredeljujejo dvoje:

– *opredelitev vloge in pomena GUI pri poučevanju učiteljev:* kako je opredeljena raba GUI pri učiteljevi pripravi in načrtovanju pouka; kako je opredeljena vloga GUI za izboljšanje kakovosti poučevanja, pri neposredni izvedbi pouku; kateri so še drugi vidiki, ki jih morajo učitelji poznati/ upoštevati, da bi lahko smiselno uporabljali GUI pri poučevanju;
– *opredelitev vloge in pomena Gen-UI pri učenju učečih se (učenci, dijaki, ponekod študenti):* kako je opredeljena raba GUI s strani pri ustvarja-

nju učnih vsebin (oblikovanju, pripravi, raziskovanju učnih vsebin); kako smernice naslavljajo vprašanje rabe GUI pri personalizaciji/individualizaciji učenja za vsakega učenca ter rabe GUI za razumevanje učnih vsebin in razvoja spretnosti samoregulativnega učenja pri učencih; kateri so še drugi vidiki rabe GUI s strani učencev pri učenju, ki pomembno določajo smiselno in učinkovito rabo orodij UI pri učenju.

Postopek analize podatkov

V analizo smo vključili zgolj nacionalne/regionalne dokumente, ki so se neposredno navezovali na vprašanje strategije in smernic vključevanja

Tematska analiza dokumentov je deloma potekala po deduktivni semantični metodi, deloma pa po induktivni semantični metodi (Braun in Clarke, 2006). Opredelitev tem smo tako deloma že koncipirali na osnovi pregleda znanstvene literature (glej ugotovitve Penga Zhanga in Gemme Tur (2024); več v poglavju pričujoče monografije avtoric Karmen Drljić in Sonje Čotar Konrad (2025)), deloma pa smo jih vsebinsko dopolnjevali med samo analizo izbranih mednarodnih dokumentov.

V skladu s splošno sprejetim okvirom za izvajanje tematske analize (Kiger in Varpio, 2020) smo se najprej seznanili z dokumenti, generirali začetne kode, poiskali teme ter jih pregledali. Po tem smo teme definirali, jih dopolnili, poimenovali ter oblikovali strukturiran način predstavitve analiziranih podatkov za vsakega izmed sedmih preučevanih dokumentov.

Analizo vseh osmih dokumentov smo izvedli s pomočjo orodja NotebookLM Google (Google NotebookLM, 2024) in s pomočjo orodja ChatGPT 4o (OpenAI, 2024). V obe orodji smo vnesli enaka poziva (prompta): prvi se je nanašal na vprašanje povezanosti rabe UI in poučevanja, drugi pa na povezanosti rabe UI in učenja učečih se. Dobljene podatke obeh orodij smo medsebojno analizirali in primerjali. Rezultate smo samostojno oblikovali v preglednice, jih predstavili ter analizirali in interpretirali.

Rezultati in interpretacija

V tematsko analizo dokumentov smo vključili sedem prostodostopnih mednarodnih dokumentov (glej preglednico 1) oz. nacionalnih smernic, ki se nanašajo na vprašanje vključevanja GUI v izobraževanje predvsem na douniverzitetni in deloma univerzitetni stopnji, druge dokumente, pravne akte in splošne smernice, kot so Unescovi dokumenti, Akt EU o UI ipd. (glej pre-

glednico v prilogi[1]), pa smo iz nadaljnje analize izključili, saj se nanašajo na splošnejša vprašanja in ne izključno na ožji vidik učenja in poučevanja.

Pri podrobnejši analizi mednarodnih smernic oz. dokumentov smo se osredotočili predvsem na dokumente držav, ki se neposredno nanašajo na vključevanje orodij UI v izobraževanje predvsem na osnovnošolski in srednješolski stopnji. Povzetke izbranih mednarodnih smernic, ki smo jih generirali s pomočjo ChatGPT 4o (OpenAI, 2024), predstavljamo v nadaljevanju (glej preglednico v prilogi).

V okviru prvega raziskovalnega vprašanja nas je zanimalo, kako posamezne države v dokumentih oz. dostopnih mednarodnih smernicah opredeljujejo pomen in vlogo GUI za poučevanje učiteljev. Rezultate tematske analize izbranih dokumentov pokažejo (glej preglednico v prilogi), da smo v dokumentih identificirali teme, ki se vežejo na rabo GUI pri učiteljevi pripravi na pouk (načrtovanje pouka in oblikovanje priprav, oblikovanje ali doseganje učnih ciljev), na rabo GUI za neposredno izvedbo pouka in izboljšanje kakovosti poučevanja (personalizacija, individualizacija, diferenciacija poučevanja, preverjanje in ocenjevanje znanja, raba GUI z namenom spodbujanja kritičnega mišljenja in razvoja metakognitivnih spretnosti učencev) ter druge kontekstualne vidike učiteljevega razumevanja, poznavanja, zagotavljanja dostopnosti do orodij UI v izobraževanju (glej preglednico 2).

Raba GUI pri učiteljevi pripravi na pouk: načrtovanje pouka in oblikovanje priprav ter oblikovanja in doseganja učnih ciljev

V okviru prve teme ugotavljamo, da mednarodni dokumenti naslavljajo rabo GUI pri učiteljevi pripravi in načrtovanju pouka predvsem z vidika:

- ustvarjanja učnih vsebin in priprave gradiv: interaktivna gradiva; oblikovanje večjega nabora različic enakega gradiva za utrjevanje in vajo; možnosti spreminjanja gradiv iz vizualnega v besedilnega in obratno; oblikovanje različni simulacij, kvizov, *učno privlačnejših gradiv, zanimivih, zabavnih; personalizacija gradiv;*
- načrtovanja, strukturiranja *učne ure* ter oblikovanja *učnih priprav/scenarijev;*
- generiranja idej in pristopov za načine poučevanja: nabor različnih didaktičnih pristopov, poudarek na pedagoškem pristopu in šele potem osredotočanje na orodje samo;

[1] Glej https://www.hippocampus.si/ISBN/978-961-293-431-6/3a.pdf.

Preglednica 1 Povzetki v analizo vključenih izbranih nacionalnih dokumentov na področju GUI v izobraževanju

Dokument	Povzetek vsebine dokumenta
01 Bala idr. (2023)	Dokument obravnava vlogo GUI v izobraževanju, s poudarkom na njenih potencialih in omejitvah. Orodja GUI, kot so ChatGPT, Bard idr., omogočajo personalizirano učenje, izboljšanje dostopnosti za učence s posebnimi potrebami, razvoj kritičnega mišljenja in spodbujanje ustvarjalnosti. Možnosti rabe GUI vključujejo uporabo za pripravo učnih gradiv, generiranje povratnih informacij, pisanje, analizo podatkov ter ustvarjanje umetniških in znanstvenih vsebin. Dokument opozarja na tveganja, kot so pristranskosti v modelih, dezinformacije, etične dileme ter možna odvisnost učencev od tehnologije, kar lahko ogrozi razvoj osnovnih veščin. Avtorji predlagajo tri strategije uporabe GUI: prepoved, kadar lahko orodje nadomesti osnovne učne procese; dovoljenje z navedbo vira, ko GUI podpira višje ravni učenja; in spodbujanje uporabe, kadar GUI omogoča poglobljeno analizo ali ustvarjalno raziskovanje. Dokument vsebuje smernice za učitelje, ki vključujejo vzpostavitev jasnih politik, poučevanje o etičnem ravnanju in prilagoditev učnih ciljev glede na zmožnosti GUI. V zaključku poudarja, da ima GUI sicer potencial za preoblikovanje izobraževanja, vendar jo je treba uporabljati premišljeno, da bi povečali koristi in zmanjšali tveganja, predvsem z vidika etike in akademske integritete.
02 U.S. Department of Education (2023)	Dokument raziskuje vpliv UI na izobraževanje ter podaja smernice za njeno etično in učinkovito uporabo. Poudarja, da UI omogoča personalizacijo učnega procesa, podporo učiteljem pri načrtovanju in ocenjevanju ter prilagoditev orodij glede na individualne potrebe učencev. Prinaša priložnosti za izboljšanje dostopnosti izobraževanja, posebej za učence z različnimi učnimi potrebami, vendar hkrati odpira vprašanja o etiki, pristranskosti odgovorov in varnosti podatkov. Dokument predstavlja tri osrednje pristope k uporabi UI v izobraževanju: (1) vključitev učiteljev v odločanje (t. i. human in the loop), (2) usmeritev UI v podporo doseganju pedagoških ciljev ter (3) zagotavljanje transparentnosti in zanesljivosti algoritmov. Prav tako obravnava tveganja, kot so avtomatizacija nepravičnih odločitev, izguba zasebnosti ter omejevanje učnega procesa na preozke, neustrezne učne cilje. Priporočila vključujejo potrebo po večdisciplinarnem sodelovanju med učitelji, raziskovalci, razvijalci tehnologije in odločevalci s ciljem vzpostavitve smernic, ki spodbujajo pravičnost, varnost in prilagodljivost UI. Avtorji menijo, da ima UI potencial preoblikovati izobraževanje, če bo uporabljena kot dopolnilo človeški presoji in z osredotočenjem na koristi za učence.
03 Spanish National Institute of Educational Technologies and Teacher Training (INTEF) (2024)	Dokument obravnava možnosti, izzive in etične implikacije uporabe UI v izobraževanju. UI se prepoznava kot t. i. transformativna tehnologija, ki omogoča personalizacijo učnega procesa, podporo pri ustvarjanju izobraževalnih virov in avtomatizacijo administrativnih nalog vzgojno izobraževalne inštitucije. Poudarjene so tri osnovne dimenzije poučevanja z UI: poučevanje za razumevanje UI, poučevanje o UI ter poučevanje z uporabo UI. V dokumentu so izpostavljene prednosti rabe UI, kot so vključevanje UI za razvoj interaktivnih učnih okolij, prilagojenih individualnim potrebam učencev, izboljšanje ocenjevanja ter povečanje dostopnosti za marginalizirane skupine učečih se. Dokument pa pri tem opozarja tudi na tveganja, kot so pristranskost algoritmov, zasvojenost s tehnologijo, morebitne kršitve zasebnosti in zmanjšanje ustvarjalnosti pri učencih. Predlagane so strategije za oblikovanje pravičnih in vključujočih sistemov UI ter krepitev avtonomije učiteljev pri uporabi orodij UI. Avtorji v dokumentu dodatno pozivajo k razvoju etičnih smernic za uporabo UI kot tudi k vključitvi različnih deležnikov v razpravo o transparentnosti in regulaciji rabe UI. Menijo sicer, da ima UI potencial za izboljšanje kakovosti izobraževanja, vendar pa to zahteva skrbno načrtovanje in nenehno spremljanje tega procesa z namenom zagotavljanja enakopravne in etične uporabo v korist vseh učencev.

Nadaljevanje na naslednji strani

- rabe za samorefleksijo in analizo lastnega poučevanja: analiza podatkov o interakciji med učiteljem in učencem pri poučevanju;
- zmanjšanja in avtomatizacije administrativnih, rutinskih nalog;
- komunikacije s starši: samodejni opomniki, zbiranje in posodabljanje informacij o napredku otrok;

Preglednica 1 Nadaljevanje s prejšnje strani

Dokument	Povzetek vsebine dokumenta
04 Kunnskapsdepartementet (2023)	Dokument izpostavlja pomen digitalizacije v vzgoji in izobraževanju ter usmeritev v krepitev digitalnih kompetenc in digitalne infrastrukture v norveškem izobraževalnem sistemu. Poudarja pomen digitalne kompetence kot ključne kompetence otrokovega razvoja in možnosti za uspešno učenje ter sodelovanje v sodobni družbi. Avtorji menijo, da digitalizacija prinaša priložnosti za personalizacijo poučevanja, izboljšanje dostopnosti, inovativne pedagoške pristope in učinkovito upravljanje izobraževalnih procesov. Hkrati dokument izpostavlja izzive rabe orodij UI, kot so etična uporaba tehnologije, zagotavljanje varnosti podatkov, preprečevanje digitalne neenakosti in potreba po ustreznem usposabljanju učiteljev. ... Avtorji predstavljajo smernice za vključujoče in odgovorne digitalne prakse, ki podpirajo cilje kurikuluma in omogočajo trajnostno digitalno transformacijo. Poleg spodbujanja uporabe UI za prilagajanje učnih vsebin, vrednotenje napredka učencev in razvoj kritičnega razmišljanja dokument poudarja pomen usposobljenih učiteljev ter sistematičnega sodelovanja med različnimi deležniki. Zaključuje, da je ključno zagotoviti, da digitalizacija in uporaba UI temeljita na premišljenih in znanstveno podprtih praksah, ki bodo izboljšale kakovost izobraževanja ter okrepile digitalno kompetenco vseh udeležencev.
05 Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2023)	Dokument obravnava uporabo orodij GUI (npr. ChatGPT) ter analizira njihovo relevantnost za izobraževanje. Predstavlja prednosti in izzive rabe tovrstnih orodij, poudarja pa, da UI omogoča ustvarjanje, urejanje in vrednotenje besedil, vendar lahko zaradi pomanjkljivosti modelov slednji povzročajo dezinformacije. Dokument obravnava tudi nujnost krepitve medijske pismenosti* učencev, da lahko prepoznajo pomanjkljivosti in predsodke, ki jih UI lahko generira. Avtorji poudarjajo, da naj bi bila uporaba UI vključena v poučevanje z upoštevanjem etičnih in pravnih smernic, vključno z zaščito osebnih podatkov. Dokument se osredotoča na vprašanje rabe GUI za podporo procesu učenja in poučevanja, predvsem personaliziranemu učenju, ustvarjanju učnih gradiv in razvijanju kritičnega mišljenja. Avtorji menijo, da je nujno potrebno oblikovati pravila, ki zagotavljajo transparentnost rabe UI in opozarjajo na potrebo po nadaljnjem usposabljanju učiteljev, predvsem na področju rabe GUI za načrtovanje učne ure in evalvacije doseganja učnih ciljev. Dokument se zaključi z razmislekom, da prepoved uporabe UI ni realna, ampak je treba vključevanje GUI v izobraževane načrtovati in ves čas spremljati njen vpliv na pedagoško prakso.
06 Kralj idr. (2024).	Dokument je zasnovan kot priročnik za vključevanje UI v izobraževanje, namenjen pa je učiteljem, strokovnim sodelavcem in odločevalcem. Avtorji v njem razpravljajo o temeljnih konceptih UI, vključno z njenimi sposobnostmi avtomatizacije rutinskih nalog, personalizacije učenja in analitike podatkov. V dokumentu so izpostavljene prednosti uporabe UI, kot so večja učinkovitost učenja, prilagoditev in zasnova personalizacije učenja ter podpora pri oblikovanju učnih gradiv. Vendar pa dokument opozarja na tveganja, vključno z možnimi pristranskostmi algoritmov, s tveganji kršitve na področju zagotavljanja zasebnosti in težavami pri pridobivanju napačnih informacij s prekomernim zanašanjem na tehnologijo. Etična vprašanja so osrednjega pomena, saj napačna uporaba lahko otrokom škodi ali poveča neenakosti med njimi. Posebna poglavja v dokumentu so namenjena praktičnim strategijam za uporabo UI pri pouku, od oblikovanja prilagojenih gradiv do vrednotenja znanja. Dokument naslavlja tudi pomen spodbujanja kritičnega mišljenja in osveščeno uporabo tehnologij ter učiteljem nudi smernice za zagotavljanje varnega okolja za učence.
07 Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (b. l.)	Dokument obravnava integracijo UI v izobraževalni proces v Nemčiji, regiji Baden-Württemberg. UI je predstavljena kot orodje, ki podpira učitelje pri pripravi in izvedbi pouka ter omogoča prilagoditev učenja posameznim potrebam učencev. Izpostavljene so prednosti, kot so avtomatizacija rutinskih nalog, ustvarjanje personaliziranih učnih vsebin in uporaba analitike za spremljanje napredka učencev. Avtorji izpostavljajo tudi tveganja, ki so povezana predvsem s pristranskostjo algoritmov, varnostjo vnesenih in pridobljenih podatkov ter potrebo po kritičnem mišljenju pri rabi tehnologije; potrebna je premišljena implementacija z upoštevanjem pedagoških ciljev, etike ter zaščite podatkov. Ob tem dokument poudarja tudi vprašanje profesionalnega razvoja in usposabljanja učiteljev za učinkovito uporabo UI pri poučevanju ter spodbuja razvoj smernic za etično uporabo orodij UI. V zadnjem delu so predstavljeni tudi primeri dobre prakse za učenje in poučevanje – raba UI za večjo interaktivnost pouka ter boljšo vključenost v učne procese.

Opomba * Pojem medijska pismenost se v Nemčiji obravnava kot sinonim digitalne pismenosti.

– pomoči pri oblikovanju učnih ciljev ter strukturiranju učnih načrtov, podpore pri doseganju učnih ciljev višje taksonomske ravni (generiranje idej za diskusije, argumentiranje, analizo, kritično mišljenje) in vključevanja vsebin o tehnološko-tehničnem vidiku GUI: prestrukturiranje, redefinicija učnih ciljev upoštevajoč napredek na področju GUI (npr. z vidika doseganja višjih taksonomskih ravni znanja, refleksija ustaljenih načinov ocenjevanja znanja ipd.)

Raba GUI za neposredno izvedbo pouka in izboljšanje kakovosti poučevanja učiteljev: preverjanje in ocenjevanje znanja, doseganje personalizacije/individualizacije/diferenciacije poučevanja, spodbujanje kritičnega mišljenja in razvoja metakognitivnih spretnosti učencev

Druga tema naslavlja vprašanje rabe GUI neposredno v procesu poučevanja učencev, pri čemer smo identificirali tri ožja področja:

– preverjanje in ocenjevanje znanja: smernice navajajo, da je GUI možno uporabiti predvsem pri oblikovanju in generiranju personalizirane, hitre povratne informacije o napredku učencev v procesu preverjanja znanja z namenom identifikacije šibkih ter močnih področij učenca in generiranju različnih dodatnih nalog ipd.; obenem pa smernice poudarjajo previdnost pri ocenjevanju znanja in upoštevanje pomembnosti tega, da odločitev in presoja končne ocene še vedno ostaja izključno v domeni učiteljev in ne orodij UI;
– personalizacija/individualizacija/diferenciacija poučevanja: raba GUI za avtomatizacijo in prilagajanje učnih aktivnosti, oblikovanje nabora in preoblikovanje gradiv glede na specifične potrebe učencev z namenom doseganje večje personalizaciije in individualizacije poučevanja; personalizirana povratna informacija učencem; vsebinsko tutorstvo za učence;
– spodbujanje kritičnega mišljenja in razvoj metakognitivnih spretnosti učencev: raba GUI z namenom oblikovanja in doseganja učnih ciljev višjih taksonomskih stopenj (npr. za spodbujanje učencev, da pri pouku kritično vrednotijo generirane vsebine, ozaveščanje učencev o vprašanju vsebinske veljavnosti generiranih vsebin in kritični presoji lažnih vsebin, uporaba orodij za analizo virov); spodbujanje samostojnega in samoregulativnega učenja učencev ter opozarjanje na morebitno pretirano zanašanje na GUI; učiteljeva podpora učencem pri suverenejši rabi orodij pri samostojnem učenju.

Drugi vidiki rabe GUI pri učenju in poučevanju: raba GUI za zagotavljanje večje dostopnosti do izobraževanja ter vprašanje širšega/sistemskega konteksta rabe GUI s strani učiteljev

V tretjem, zadnjem tematskem sklopu analiziranih smernic smo identificirali dvoje podpodročij (glej preglednico 2), ki so jih naslavljajo analizirani dokumenti na področju vključevanja GUI pri poučevanju s strani učiteljev, in sicer:

- v dokumentih Kanade, ZDA in Španije (glej preglednico 2) so dokumenti izpostavljali možnosti raba GUI za boljše in lažje zagotavljanje inkluzivnega učnega okolja, predvsem omogočanje večje dostopnosti učnih gradiv za vse učence, posebej učencev s posebnimi potrebami ali pa učencev, ki se soočajo z različnimi jezikovnimi ovirami ipd.;
- razumevanje širšega konteksta in razumevanja rabe GUI pri poučevanju: raba orodij naj bi ohranjala in zagotavljala pedagoško integriteto učiteljev, kar pomeni, da naj bi bila premišljena, GUI pa uporabljena zgolj takrat, ko to prinaša dodano didaktično vrednost in omogoča kakovostnejše poučevanje, ne pa takrat, ko se pri učencih šele razvijajo osnove spretnosti; učitelji naj bi bili tudi nosilci in prvi pri razumevanju sprememb, kar kaže na pomen in potrebe po njihovem nenehnem dodatnem usposabljanju (oblikovanje učeče se skupnosti, vseživljenjsko izobraževanje) ter pomembnost razvoja digitalne pismenosti vseh deležnikov izobraževanja; učitelji bi morali poznati in razumeti etične, pravne, tehnične in tehnološke vidike rabe orodij ter omenjeno učence tudi poučevati; pri tem smernice različnih držav poudarjajo pomen in potrebo po nujni digitalizaciji celotnega šolskega sistema z ozaveščanjem o prednostih in pomanjkljivostih vključevanja GUI v sistem vzgoje in izobraževanja.

Preglednica 2 Ključne teme in kode dokumentov na področju vključevanje GUI v učiteljevo poučevanje

Država in dokument
01 Kanada
Generative Artificial Intelligence for Education and Pedagogy (Cornell University)
Raba GUI pri učiteljevi pripravi na pouk
Načrtovanje pouka in oblikovanje priprav
• ustvarjanje učnih vsebin, strukturiranje učne ure in priprava gradiva za učence, generiranje večjega nabora različic nalog za preverjanje in utrjevanje znanja, vajo;
• pomembno preveriti vsebinsko veljavnost gradiv;
• treba je ustrezno navesti vir generiranja gradiv/vsebin;
• pri tem je treba razumeti omejitve orodij

Učni cilji
- vključevanje orodij zahteva razmislek o redefiniciji učnih ciljev z namenom doseganja višje ravni učenja in poučevanje ter razvoja kritičnega mišljenja
- pojasniti učencem, zakaj je pomembno, da dosegajo učne cilje brez neustrezne rabe orodij (npr. iskanje »krajših poti« do cilja)

Raba GUI za neposredno izvedbo pouka in izboljšanje kakovosti poučevanja

Preverjanje in ocenjevanje znanja
- možnost generiranja povratne informacije pri formativnem spremljanju napredka učenca (npr. pri praktičnih nalogah – šibka in močna področja), a to naj nima vpliva na oceno;
- se ne priporoča kot raba za ocenjevanje učencev;
- zaradi izogibanja plagiatorstvu naj se pogosteje uporablja ocenjevanje v razredu, manj ocenjevanja nalog, k jih učenci izvedejo doma; ustni izpiti

Personalizacija/invidualizacija/diferenciacija poučevanja
- pomoč pri personalizaciji in individualizaciji poučevanja – vključevanje orodij za prilagoditev vsebin in načina poučevanja individualnim potrebam učencev;
- individualiziran nabor nalog za vadbo, vsebinsko tutorstvo

Spodbujanje kritičnega mišljenja in razvoja metakognitivnih spretnosti učencev
- spodbujanje rabe orodij za doseganje višje taksonomske ravni učenja: kritično vrednotenje generiranih informacij;
- poučevanje spretnosti rabe orodij in zavedanja, omejitev GUI;
- razvoj razumevanja, kdaj orodje spodbuja in kdaj ovira učni proces;
- uporaba orodij za razvoj analize in presoje posameznih virov

Drugo

Povečevanje dostopnosti izobraževanja
- omogoča večjo dostopnost za otroke s posebnimi potrebami, za otroke z duševnimi motnjami in v primerih različnih ovir pri jeziku poučevanja

Širši kontekst učiteljevega razumevanja rabe GUI
- pedagoška integriteta: raba orodij tudi takrat, ko je cilj učenja urjenje spretnosti brez njih: v obdobju, ko učenci šele razvijajo osnovne spretnosti, se raba odsvetuje;
- odgovorna raba GUI: naloga učiteljev je, da učence poučujejo o etični in smiselni rabi orodij;
- poučevanje učencev, da pri rabi orodij ustrezno navedejo avtorstvo in vir generiranih vsebin;
- poučevanje učencev o varni in etični rabi orodij – učence seznani, kdaj je in kdaj pri predmetu ni dovoljena raba orodij

Država in dokument

02 Združene države Amerike

Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations (U.S. Department of Education)

Raba GUI pri učiteljevi pripravi na pouk

Načrtovanje pouka in oblikovanje priprav
- raba orodij naj bi zmanjšala administrativne naloge učiteljev in jim omogočila več časa za interakcijo z učenci;
- raba UI za analizo in samorefleksijo poučevanja: tudi z analizo podatkov o pedagoški interakciji;
- raba UI pri načrtovanju in strukturiranju učne ure
- iskanju virov in ustvarjanju učnih gradiv; spreminjanje gradiv (npr. vizualno gradivo proti pisnemu gradivu za spodbujanje branja)

Učni cilji
- doseganje višjih taksonomskih ravni zastavljenih učnih ciljev

Raba GUI za neposredno izvedbo pouka in izboljšanje kakovosti poučevanja

Preverjanje in ocenjevanje znanja

- možnost avtomatizacije povratne informacije in formativnega spremljanja učencev;
- raba za avtomatizacijo ocenjevanja z namenom časovnega prihranka;
- raba za identifikacijo področij, kjer učenci potrebujejo dodatno podporo

Personalizacija/invidualizacija/diferenciacija poučevanja
- prilagajanje učnih aktivnosti in gradiv, učnih virov;
- oblikovanje individualiziranega programa za otroke s posebnimi potrebami;
- analiza podatkov o učencih z namenom analize potreb učencev, njihovih močnih/šibkih področij, personalizacije poučevanja

Spodbujanje kritičnega mišljenja in razvoja metakognitivnih spretnosti učencev
- integracija UI z namenom spodbujanja doseganja višjih taksonomskih ravni učenja, razvoja kritičnega mišljenja, sodelovalnega učenja in ustvarjalnosti

Drugo

Povečevanje dostopnosti izobraževanja
- podpora pri zagotavljanju inkluzivnega učnega okolja

Širši kontekst učiteljevega razumevanja rabe GUI
- etična vprašanja in tveganja: razumevanje etičnega in odgovornega pristopa k UI; zaščita zasebnosti podatkov učencev; preprečevanje algoritmične diskriminacije;
- prevzemanje odgovornosti pri odločanju, interpretaciji rezultatov GUI, razumevanju kontekstu učenja, ki ne sme biti prepuščena orodju;
- dokument poudarja pomen učitelja pri poučevanju

Država in dokument

03 Španija

Guide on the Use of AI in Education (Spanish National Institute of Educational Technologies and Teacher Training (INTEF))

Raba GUI pri učiteljevi pripravi na pouk

Načrtovanje pouka in oblikovanje priprav
- podpora doseganju višjih taksonomskih ravni;
- poučevanje o tehnično tehnološkem vidiku delovanja UI

Učni cilji
- doseganje višjih taksonomskih ravni zastavljenih učnih ciljev

Raba GUI za neposredno izvedbo pouka in izboljšanje kakovosti poučevanja

Preverjanje in ocenjevanje znanja
- uporaba UI za avtomatizacijo ocenjevanja;
- UI za zagotavljanje povratne informacije: hitra in personalzirana povratna informacija učencem pri oddaji nalog – rezultate ocenjevanja mora učitelj preveriti in pri tem zagotavljati pravičnost ocen

Personalizacija/invidualizacija/diferenciacija poučevanja
- prilagajanje učnih gradiv različnim jezikom;
- prilagajanje vsebin prevladujočemu načinu učenja učencev s pomočjo sistemov UI za prilagajanje vsebine;
- personalizacija in indiviualizacija poučevanja na osnovi »priporočilnih sistemov«, ki predlagajo individualizirane učne vire;

Spodbujanje kritičnega mišljenja in razvoja metakognitivnih spretnosti učencev
- spodbujanje kritičnega mišljenja in ustvarjalnega reševanja problemov s pomočjo interaktivnih orodij UI;
- spodbujanje samostojnega učenja učencev;
- poučevanje učencev o kritični presoji z generiranimi rezultati s pomočjo UI

Drugo

Povečevanje dostopnosti izobraževanja
- raba UI za doseganje večje inkluzije v izobraževanju

Širši kontekst učiteljevega razumevanja rabe GUI
- pomen usposabljanja učiteljev na področju: etičnih vprašanj, izogibanja pristranskosti v algoritmih, zagotavljanja zasebnosti in varnosti podatkov, zagotavljanja inkluzije

(dokument navaja 10 zahtev dobre rabe UI);
- učitelji morajo biti prvi, ki se bodo seznanili z novostmi;
- pomen seznanitve z UI za vse deležnike v vzgoji in izobraževanju;
- razvoj digitalne pismenosti celotnega šolskega sistema – poziv za postavitev regulativnega okvira , ki ohranja temeljne pravice vseh, hkrati pa krepi okolje neprekinjenega in trajnostnega razvoja

Država in dokument

04 Noverška

Strategi for digital kompetanse og infrastruktur i barnehage og skole 2023–2030 [Strategy for Digital Competence and Infrastructure in Kindergarten and School 2023–2030] (Kunnskapsdepartementet)

Raba GUI pri učiteljevi pripravi na pouk

Načrtovanje pouka in oblikovanje priprav
- poudarek na pedagoškem vidiku rabe orodij UI;
- pomoč pri načrtovanju učne ure in prilagajanju vsebin glede na različne potrebe učencev;
- generiranje interaktivnih in vizualno privlačnih gradiv za učence

Učni cilji
- raba orodij UI podpira doseganje učnih ciljev na višjih taksonomskih ravneh;
- vključevanje UI je lahko izziv za učitelje, da učne cilje preoblikujejo tudi v skladu s spretnostmi 21. St. (reševanje problemov, sodelovalno učenje, kritično mišljenje, metakognitivne spretnosti);
- vključenost vsebin UI v kurikulum podpira razvoj digitalne pismenosti in informirane rabe digitalne tehnologije

Raba GUI za neposredno izvedbo pouka in izboljšanje kakovosti poučevanja

Preverjanje in ocenjevanje znanja
- uporaba UI za merjenje napredka učenca – avtomatizacija povratne informacije in sledenje uspešnosti; prihranek časa učiteljev;
- zaradi velikih zmožnosti orodij UI je tradicionalno preverjanje in ocenjevanje znanja treba ponovno premisliti;
- ocenjevanje z orodji UI zahteva razumevanje delovanja sistemov in presojo učiteljev z namenom preprečevanja neenake obravnave učencev

Personalizacija/invidualizacija/diferenciacija poučevanja
- avtomatizacija in individualizirana prilagoditev učnih gradiv glede na specifične potrebe učencev, prilagojena težavnost gradiv;
- personalizirana povratna informacija za vsakega učenca, sledenje napredku

Spodbujanje kritičnega mišljenja in razvoja metakognitivnih spretnosti učencev
- vključenost spodbujanja kritičnega mišljenja in razvoja metakognitivnih spretnosti učencev z rabo UI za dosego učnih ciljev;
- spodbujanje učence h kritični presoji informacij, generiranih s pomočjo UI

Drugo

Povečevanje dostopnosti izobraževanja
- ni zapisa

Širši kontekst učiteljevega razumevanja rabe GUI
- digitalizacija kot nujen del razvoja šolskega sistema, a na osnovi pedagoške presoje učiteljev;
- usposabljanje učiteljev (sodelovanje v učečih se skupnostih) na področju digitalne kompetentnosti z namenom večje samozavesti pri sprejemanju odločitev z/ o rabi UI;
- poudarek na pedagoškem vidiku rabe UI;
- razumevanje in poznavanje etičnih, pravnih vidikov rabe UI;
- zagotavljanje varnosti in zasebnosti
- (zaščitq otrok, preprečevanje izpostavljenosti neprimernim vsebinam);
- preprečevanje diskriminacije zaradi algoritmične pristranskosti;
- presoja posameznega orodja UI glede na pedagoški, pravni, etični vidik

Država in dokument

05 Nemčija, zvezna dežela Severno Porenje - Vestfalija

Umgang mit textgenerierenden KI-Systemen: Ein Handlungsleitfaden (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen)

Raba GUI pri učiteljevi pripravi na pouk

Načrtovanje pouka in oblikovanje priprav

- raba UI za načrtovanje pouka, predvsem z vidika generiranja idej za pedagoške metode poučevanja;
- generiranje učnih gradiv,

Učni cilji

- pri doseganju učnih ciljev je možnost rabe UI kot orodja za generiranje argumentov, idej, kot podlage za diskusijo v razredu

Raba GUI za neposredno izvedbo pouka in izboljšanje kakovosti poučevanja

Preverjanje in ocenjevanje znanja

- oblikovanje različic nalog in testov, kvizov za preverjanje znanja;
- prvi pregled oddanih izdelkov učencev; pomoč pri popravljanju besedil (slovnica, pravopis, skladnja);
- ocenjevanje besedil glede na vnaprej določene kriterije – na ta način učenci dobijo takojšnjo povratno informacijo in možnosti za izboljšanje kvalitete izdelkov;
- formativno spremljanje

Personalizacija/invidualizacija/diferenciacija poučevanja

- raba za individualno podporo učenju: oblikovanje besedil na različnih ravneh in za različne stopnje predznanja

Spodbujanje kritičnega mišljenja in razvoja metakognitivnih spretnosti učencev

- treba je razvijati zavedanje o vprašanju vsebinske veljavnosti rezultatov orodij UI – preverjanje vsebin;
- razvoj spretnosti prepoznavanja lažnih informacij – ločevanja med dejstvi in lažnimi novicami

Drugo

Povečevanje dostopnosti izobraževanja

- ni zapisa

Širši kontekst učiteljevega razumevanja rabe GUI

- razvijanje medijske pismenosti in digitalnih kompetenc;
- etična vprašanja;
- vprašanje transparentnosti;
- pristranskot odgovorov UI;
- avtorstvo in zasebnost

Država in dokument

06 Hrvaška

Umjetna inteligencija u obrazovanju: edukativni priručnik o primjeni umjetne inteligencije u učenju i poučavanju za učitelje, nastavnike i stručne suradnike u školama (Kralj idr.)

Raba GUI pri učiteljevi pripravi na pouk

Načrtovanje pouka in oblikovanje priprav

- raba UI zmanjša delovne obremenitve (avtomatizacija rutinskih nalog) in omogoča več časa za kompleksnejše naloge poučevanja – večja učinkovitost;
- ustvarjanje interaktivnih vsebin/učnih izkušenj (simulacije, igre), priprava učnih gradiv;
- generiranje personaliziranih učnih gradiv, ustvarjalnih rešitev

Učni cilji

- pomoč pri oblikovanju učnih ciljev, strukturiranju in razvoju učnih načrtov ter prilagajanju le-teh potrebam učencev

Raba GUI za neposredno izvedbo pouka in izboljšanje kakovosti poučevanja

Preverjanje in ocenjevanje znanja

- spremljanje napredka in generira nje personalizirane povratne informacije in podpore v realnem času (UI-asistenti);
- neposredna izdelava kriterijev in rubrik, testov, kvizov, vsebin za ocenjevanje;
- identifikacija močnih/šibkih strani učencev

Personalizacija/invidualizacija/diferenciacija poučevanja
- omogoča diferenciacijo pouka;
- individualno
- generiranje predlogov za personalizacijo poučevanja

Spodbujanje kritičnega mišljenja in razvoja metakognitivnih spretnosti učencev
- spodbujanje učencev h kritičnemu in analitičnemu razmišljanju;
- preverjanje prekomernega zanašanja na UI (pri vsakodnevnih šolskih nalogah učencev, izogibanje miselnemu naporu in trudu pri reševanju problemov);
- pozornost na negativen vpliv UI pri razvoju kritične presoje učencev

Drugo

Povečevanje dostopnosti izobraževanja
- ni zapisa

Širši kontekst učiteljevega razumevanja rabe GUI
- etični izzivi in tveganja rabe orodij: pristranskost algoritmov, pomanjkanje transparentnosti, vprašanje zasebnosti in varnosti podatkov;
- učitelji naj orodja uporabljajo kritično, odgovorno, etično;
- razvoj digitalnih kompetenc, pomen digitalne pismenosti veh deležnikov izobraževanja – učiteljeva usposobljenost je ključna za rabo UI in spremljanje tehnološkega razvoja (vseživljenjsko učenje)

Država in dokument

07 Nemčija – zvezna dežela Baden - Württemberg

KI im Unterricht - Informationsangebote für Lehrkräfte (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg)

Raba GUI pri učiteljevi pripravi na pouk

Načrtovanje pouka in oblikovanje priprav
- lažje oblikovanje interaktivnih vsebin in razvoj novih pedagoških praks;
- vključevanje digitalne tehnologije naj bi postalo samoumeven del poučevanja

Učni cilji
- nji neposrednega zapisa, kako naj UI pomaga oblikovati učne cilje;
- medijska pismenost mora postati samoumevna in ključna kompetenca učencev ter zapisana v učnih načrtih

Raba GUI za neposredno izvedbo pouka in izboljšanje kakovosti poučevanja

Preverjanje in ocenjevanje znanja
- dokument ne navaja neposredno, kako bi morali vključevati GUI v preverjanje in ocenjevanje znanja;
- spodbuditi je treba razpravo o spremembi pomena in kulture preverjanja znanja ter razvoja novih pristopov ocenjevanja znanja;
- raba orodij za avtomatizacijo ocenjevanja in takojšnjo povratno informacijo učencem

Personalizacija/invidualizacija/diferenciacija poučevanja
- lažja prilagoditev pouka z vključevanjem GUI: večja nazornost, raznolikost vsebin;
- poveča individualizacijo poučevanja

Spodbujanje kritičnega mišljenja in razvoja metakognitivnih spretnosti učencev
- cilj vključevanja orodij naj bi bil tudi razvoj znanj učencev na področju kritične in suverene rabe orodij;
- šola kot prostor razvoja medijske pismenosti učencev;
- razvoj spretnosti kritičnega vrednotenja rezultatov, generiranih z UI

Drugo

Povečevanje dostopnosti izobraževanja
- ni zapisa

Širši kontekst učiteljevega razumevanja rabe GUI
• oblikovanje učeče se skupnosti med učitelji z namenom raziskovanja rabe orodij in razmisleka o različnih vprašanjih glede GUI; • razvoj vključevanja novih pedagoških praks; • na področju rabe UI je treba oblikovati dodatna usposabljanja učiteljev; • šola mora imeti zagotovljeno potrebno tehnično opremo in infrastrukturo, digitalne učne vire, osnovane v pedagoškem procesu; • etična raba: nujnost zaščite podatkov in preglednosti rabe

V sklopu drugega raziskovalnega vprašanja nas je zanimalo, kako je v analiziranih dokumentih opredeljen pomen GUI pri učenju učečih se. V splošnem smo identificirali tri sklope tem (glej preglednico 3): »raba GUI za ustvarjanje učnih vsebin«, »raba GUI za podporo procesu učenja« in »drugo«. *Raba GUI za ustvarjanje učnih vsebin: priprava in raziskovanje*

V vseh analiziranih dokumentih je omenjeno, da lahko učenci GUI uporabljajo za *pripravo nalog*. Najpogosteje se rabo GUI omenja v zvezi s pripravo pisnih izdelkov, bodisi kot pomoč pri snovanju pisnega besedila, pripravi besedila ali popravi besedila. Omenjeni načini rabe so konsistentni s praksami uporabe GUI za pripravo akademskih besedil, ki jih je Santiago-Ruiz (2023) identificiral pri univerzitetnih študentih. Nekateri dokumenti omenjajo tudi rabo GUI za pripravo drugih gradiv, npr. videov, glasbe, slik, miselnih vzorcev, infografik in programskih kod.

Poleg priprave vsebine analizirane mednarodne smernice izpostavljajo tudi pomen GUI za podrobnejše *raziskovanje* posameznih vsebin, področij in informacij ter za reševanje problemov. Prav raba GUI za spodbujanje radovednosti in raziskovanja učencev je v zajetih smernicah identificirana kot zelo smiselna in naj bi se spodbujala. Po drugi strani Santiago-Ruiz (2023) za univerzitetne študente ne priporoča uporabe ChatGPT za namene pridobivanja informacij ali preverjanja dejstev, saj obstaja velika možnost pridobitve neresničnih podatkov. Kritičnost do uporabe pridobljenih podatkov s pomočjo GUI in pomen ozaveščanja učencev o tveganjih rabe GUI sta sicer izpostavljena tudi v preučenih dokumentih, kar podrobneje predstavimo v nadaljevanju.

Raba GUI za podporo procesu učenja: personalizacija/individualizacija učenja, podpora razumevanju in samoregulativnemu učenju

V okviru rabe GUI za podporo učenju se v dokumentih najpogosteje omenja raba v kontekstu *personalizacije in individualizacije* učenja. Glede tega mednarodne smernice omenjajo vlogo UI pri prilagajanju učne vsebine učenčevim potrebam, predvsem izboljševanje dostopnosti vsebin za učence s posebnimi potrebami. Izpostavlja se raba UI za individualizacijo učenja, npr. prilagajanje učnega tempa, povratne informacije ter pomoči in podpore in-

dividualnemu učencu. Rabo GUI v vlogi učencu prilagojenega tutorja so raziskave pokazale tako na douniverzitetni (Zhang in Tur, 2024) kot univerzitetni (Santiago-Ruiz, 2023) ravni. V kontekstu personalizacije učenja se v analiziranih smernicah navaja omogočanje prilagajanja vsebine in metodologije poučevanja s pomočjo UI glede na posameznikove učne preference ter interese.

GUI se v smernicah navaja tudi za namene boljšega *razumevanja obravnavanih učnih vsebin* (npr. kompleksnejših konceptov). Z GUI si učenci lahko pomagajo pri organiziranju informacij, poenostavljanju kompleksnejših besedil, pridobivajo alternativne razlage in ustvarjajo naloge za samopreverjanje znanja. Peng Zhang in Gemma Tur (2024) navajata, da interaktivni način uporabe GUI, takojšna povratna informacija, omogoča boljše razumevanje konceptov tudi na douniverzitetni ravni. V zvezi s tovrstno uporabo smo v analiziranih smernicah odkrili opozorila, da raba ne sme nadomestiti pridobivanja osnovnih znanj. Prav tako je v zvezi s to vrsto rabe ponovno povezano opozorilo, da se vsebina z GUI generira na podlagi verjetnosti in je zato lahko nepravilna.

V nekaterih izmed obravnavanih dokumentov je zaslediti omenjanje rabe GUI za *podporo samoregulativnemu učenju*. Izpostavlja se predvsem vloga GUI pri podajanju povratne informacije v realnem času med procesom učenja, na podlagi katere učenec prilagaja strategije učenja, ter za spremljanje in beleženje učnega napredka. Preko tovrstne rabe GUI spodbuja učenčevo refleksijo in samonadzor lastnega učenja. V preglednih raziskavah rabe (Zhang idr. 2024; Zhang in Tur, 2024) smo zasledili le pomen GUI za pridobivanje povratne informacije, ne pa tudi za merjenje napredka.

Drugo: kritična in etična uporaba GUI

Med drugimi temami, povezanimi z rabo GUI, vsi obravnavani dokumenti vsebujejo temo *kritične rabe* GUI. Učenci morajo razvijati veščine kritičnega vrednotenja pridobljenih informacij in naj bi s svojim predznanjem znali ocenjevati vsebino, ki jo je generirala GUI. Razumeti morajo, da je dobljena vsebina lahko nepravilna, in se zavedati, da so odgovorni za vsebino, ki jo ustvarijo z rabo GUI. Trije izmed obravnavanih dokumentov omenjajo tudi etični vidik rabe GUI, vezan na učeče se. Učenci se morajo zavedati etičnih vprašanj o uporabi GUI (npr. problematike avtorskih pravic in intelektualne lastnine) in morajo uporabo GUI pri svojem delu ustrezno navajati.

Drugo: spodbujanje uporabe GUI

V dokumentih je navedeno, da naj bi bila raba GUI spodbujanja na naslednjih področjih:

– *Optimizacija učnega procesa*: GUI mora biti orodje za dvig kakovosti

učenja in ne nadomestek za učenje. Raba je smiselna, ko učenci z njeno pomočjo dosegajo učne cilje višjih taksonomskih stopenj, izvajajo refleksijo in raziskujejo.

– *Razvoj kritičnega mišljenja*: GUI mora biti uporabljana na način, da razvija kritično mišljenje učenca in ne sme postati nadomestek za učenčevo razmišljanje.
– *Razvoj kompetenc:* Z uporabo GUI naj bi učenci razvijali kompetence digitalne in/ali medijske pismenosti. Dokumenti ne omenjajo razvoja komunikacijskih spretnosti s pomočjo uporabe GUI, kar sta med učenci identificirala Zgang in Tur (2024).

Preglednica 3 Ključne teme in kode mednarodnih smernic na področju vključevanje GUI v učenje učečih se (učenci, dijaki, študenti)

Država in dokument **01 Kanada** Generative Artificial Intelligence for Education and Pedagogy (Cornell University)
Raba GUI za pripravo učnih vsebin
Priprava nalog • za pomoč pri reševanju različnih nalog (pisanje, ustvarjanje glasbe, umetnosti, programiranje); • pomaga pri pripravi osnutkov besedil, povzetkov in idej
Raziskovanje • za raziskovanje vsebin in področij; • za pripravo seznama virov, ki jih učenci preverijo in ocenijo
Raba GUI za podporo procesa učenja
Samoregulativno učenje • pomaga pri refleksiji učenčevega napredka
Podpora razumevanju vsebine • spodbuja višje ravni učenja • raba GUI ne sme preprečiti učenja osnovnih znanj
Personalizacija, individualizacija • za individualizirano vajo, pomoč in tutorstvo; • lahko izboljša dostopnost za učence z učnimi težavami, anksioznostjo in jezikovnimi ovirami
Drugo
Kritična raba • učenci morajo kritično pristopati k informacijam, ki jih ustvari GUI, in razumeti omejitve tehnologije
Etična raba • ni zapisa
Priporočena raba

- pri raziskovanju kreativnih idej, za razvoj kritičnega mišljenja in doseganje višjih ravni znanja;
- lahko izboljša možnosti za učence s posebnimi potrebami

Država in dokument

02 Združene države Amerike

Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations (U.S. Department of Education)

Raba GUI za pripravo učnih vsebin

Priprava nalog
- za pisanje esejev, reševanje problemov;
- za izboljševanje pisnih izdelkov

Raziskovanje
- ni zapisa

Raba GUI za podporo procesa učenja

Samoregulativno učenje
- lahko podpira učenje z zagotavljanjem informacij za samonadzor in refleksijo;
- lahko pomaga pri postavljanju ciljev in beleženju napredka;
- učencem lahko nudi prilagojeno povratno informacijo pri reševanju problemov, pri čemer se osredotoča na korake reševanja in ne samo na končni odgovor

Podpora razumevanju vsebine
- ni zapisa

Personalizacija, individualizacija
- samodejna prilagoditev zaporedja, tempa, namigov ali poteka učenja;
- omogoči prilagodljivost v učnem procesu, s čimer se odgovarja na potrebe posameznih učencev

Drugo

Kritična raba
- UI ni vedno enako dobra pri razumevanju konteksta kot ljudje

Etična raba
- ni zapisa

Priporočena raba
- za raziskovalno učenje;
- kadar podpira učne cilje in učno zavzetost

Država in dokument

03 Španija

Guide on the Use of AI in Education (Spanish National Institute of Educational Technologies and Teacher Training (INTEF))

Raba GUI za pripravo učnih vsebin

Priprava nalog
- lahko se uporablja za ustvarjanje digitalnih vsebin, kot so povzetki, miselni vzorci, infografike, prevodi in interaktivno učno gradivo;
- učenci lahko z orodji UI analizirajo podatke in napovedujejo trende

Raziskovanje
- ni zapisa

Raba GUI za podporo procesa učenja

Samoregulativno učenje
- učence spodbuja pri načrtovanju učenja, spremljanju napredka in refleksiji o lastnem učenju

Podpora razumevanju vsebine
- UI pomaga pri strukturiranju informacij in vizualizaciji podatkov za boljše razumevanje vsebine in vzorcev

Personalizacija, individualizacija
- orodja za vadbo, ki jih poganja UI, lahko avtomatsko prilagajajo težavnost nalog glede na učenčev napredek;
- orodja UI lahko prilagodijo vsebino in metodologijo poučevanja individualnim potrebam vsakega učenca;
- sistemi za upravljanje učenja (angl. learning management systems – LMS) s pomočjo UI lahko prilagajajo vsebino glede na posamezne učne stile učencev

Drugo

Kritična raba
- učence je treba naučiti kritično presojati z GUI ustvarjene vsebine, da jih ne smejo jemati kot avtomatično resničnihe

Etična raba
- ni zapisa

Priporočena raba
- v primerih, ko dopolnjuje učne cilje in je v skladu s kurikularnimi cilji;
- priporočljiva za spodbujanje radovednosti, ustvarjalnosti in kritičnega razmišljanja pri učencih;
- priporočljiva tudi za razvoj tehničnih kompetenc, ki so pomembne za prihodnost

Država in dokument

04 Norveška

Strategi for digital kompetanse og infrastruktur i barnehage og skole 2023–2030 (Kunnskapsdepartementet)

Raba GUI za pripravo učnih vsebin

Priprava nalog
- za različne naloge, kot so ustvarjanje idej, reševanje problemov in pisanje besedil;
- lahko ustvarja besedila, slike in filme

Raziskovanje
- uporablja se za usmerjanje učencev k raziskovanju

Raba GUI za podporo procesa učenja

Samoregulativno učenje
- ni zapisa

Podpora razumevanju vsebine
- UI učencem pomaga razumeti zapletene koncepte in organizirati pridobljene informacije;
- sistemi lahko ustvarjajo enostranske ali pristranske predstavitve zadev, če podatki niso dovolj dobri

Personalizacija, individualizacija
- lahko pomaga pri individualizaciji učenja, saj samodejno izbira vsebino, naloge in povratne informacije, prilagojene posameznemu učencuv

Drugo

Kritična raba
- učenci se morajo naučiti kritično ocenjevati vsebino, ki jo ustvari GUI, in prepoznati morebitne pristranskosti

Etična raba
- učenci morajo razumeti etična vprašanja, povezana z uporabo tehnologije

Priporočena raba
- ko podpira proces učenja in doseganje višjih učnih ciljev;
- ko spodbuja raziskovanje in refleksijo učencev

Država in dokument

05 Nemčija, zvezna dežela Severno Porenje - Vestfalija.

Umgang mit textgenerierenden KI-Systemen: Ein Handlungsleitfaden (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen)

Raba GUI za pripravo učnih vsebin

Priprava nalog
- lahko se uporablja za ustvarjanje besedil po vnaprej določeni obliki ali slogu;
- lahko pomaga pri obdelavi besedil, kot so strukturiranje, formuliranje in predlogi za popravke

Raziskovanje
- pomemben vidik uporabe GUI je oblikovanje ustreznih pozivov, ki omogočajo pridobitev želenih rezultatov

Raba GUI za podporo procesa učenja

Samoregulativno učenje
- podpira samostojno učenje, saj ponuja povratne informacije v realnem času
- procesa pisanja

Podpora razumevanju vsebine
- uporablja se lahko tudi za pojasnjevanje konceptov ali za poenostavitev zahtevnih vsebin;
- omogoča poenostavljanje kompleksnih besedil ali ponuja alternativne razlage, kar izboljšuje razumevanje vsebine;
- lahko ustvarja vaje za preverjanje znanja in s tem učencem omogoča ponavljanje snovi
- dokument opozarja, da UI ustvarja besedila na podlagi verjetnosti in ne nujno na podlagi resnice

Personalizacija, individualizacija
- lahko nudi individualno pomoč med učnim procesom, npr. s poenostavljanjem besedil ali prevajanjem

Drugo

Kritična raba
- učenci naj bi preverjali vsebino, ki jo je ustvarila GUI, s svojim predznanjem

Etična raba
- učenci morajo označiti uporabo UI pri ustvarjanju besedil in navesti pozive, ki so jih uporabili

Priporočena raba
- uporaba UI v šolskem kontekstu je smiselna za pridobivanje digitalnih kompetenc, raziskovanje možnosti novih tehnologij in spodbujanje kritičnega mišljenja;
- uporaba UI mora biti vključena v varnem in nadzorovanem okolju

Država in dokument

06 Hrvaška

Umjetna inteligencija u obrazovanju: edukativni priručnik o primjeni umjetne inteligencije u učenju i poučavanju za učitelje, nastavnike i stručne suradnike u školama (Kralj idr.)

Raba GUI za pripravo učnih vsebin

Priprava nalog
- lahko se uporablja za ustvarjanje idej za zgodbe, pisanje in urejanje besedil;
- učencem lahko pomaga pri prevajanju, ustvarjanju povzetkov in pri sodelovanju pri projektih

Raziskovanje
- učencem lahko pomaga pri iskanju informacij, raziskovanju

Raba GUI za podporo procesa učenja

Samoregulativno učenje
- UI lahko uporabljajo za sledenje svojemu napredku in prilagajanje učnih strategij;
- nudi takojšnje povratne informacije, kar spodbuja refleksijo učencev

Podpora razumevanju vsebine
- omogoča analizo in strukturiranje informacij za boljše razumevanje vsebine

Personalizacija, individualizacija
- učencem lahko omogoči prilagojeno učenje glede na njihove potrebe in interese;

- učencem lahko nudi individualno podporo in povratne informacije, ki so na voljo 24 ur na dan

Drugo

Kritična raba
- učenci morajo razvijati veščine kritičnega mišljenja, saj so odgovorni za vsebino, ki jo ustvarijo z uporabo GUI;
- pri uporabi GUI je pomembno kritično vrednotenje informacij in zavedanje, da GUI lahko halucinira (daje napačne odgovore)

Etična raba
- pri ustvarjanju slik in glasbe z GUI se pojavljajo vprašanja avtorskih pravic in intelektualne lastnine

Priporočena raba
- ni zapisa

Država in dokument

07 Nemčija, zvezna dežela Baden - Württemberg

KI im Unterricht - Informationsangebote für Lehrkräfte (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg)

Raba GUI za pripravo učnih vsebin

Priprava nalog
- lajšanje blokad pri pisanju

Raziskovanje
- ni zapisa

Raba GUI za podporo procesa učenja

Samoregulativno učenje
- ni zapisa

Podpora razumevanju vsebine
- poenostavitev kompleksnih znanstvenih besedil

Personalizacija, individualizacija
- ni zapisa

Drugo

Kritična raba
- učenci morajo biti sposobni kritično ocenjevati informacije, ki jih ustvari GUI

Etična raba
- ni zapisa

Priporočena raba
- ključno je, da se GUI, uporablja na način, ki podpira učenje, spodbuja kritično mišljenje in razvija medijsko pismenost

Sklep

Analiza mednarodnih smernic Hrvaške, Španije, Nemčije (zvezne države Severno Porenje - Vestfalija in zvezne države Baden - Württenmburg), Norveške ter Kanade in Združenih držav Amerike v pričujočem prispevku prinaša nekaj ključnih ugotovitev. Najprej je smiselno poudariti dejstvo, da je nabor smernic izjemno skop, kar kaže na to, da je obstoj nacionalnih dokumentov na področju vključevanja orodij UI za osnovnošolsko in srednješolsko obdobje

relativno majhen in nakazuje potrebo po oblikovanju nacionalnih usmeritev tudi v preostalih evropskih in drugih državah.

V nadaljevanju najprej ugotavljamo, da so smernice že utemeljene na empiričnih podatkih obstoječih znanstvenih raziskav, saj nacionalni dokumenti in usmeritve na področju učenja ter poučevanja v osnovnošolskem, srednješolskem in deloma univerzitetnem prostoru sovpadajo z rezultati empiričnih znanstvenih raziskav (npr. Zhang in Tur, 2024), ki poročajo o podobnih temah že obstoječe rabe GUI v izobraževanju, kot jih naslavljajo obstoječe smernice.

Ocenjujemo tudi, da analizirani dokumenti pri vključevanju GUI v izobraževanje tako za učitelje kot tudi za učence prepoznavajo velik potencial v smeri povečevanja učinkovitosti pedagoškega procesa in dviga kakovosti poučevanja, sočasno pa vsi naslavljajo pomanjkljivosti in pasti, ki jih s seboj prinaša vključevanje omenjene tehnologije.

Prav tako nacionalni dokumenti izpostavljajo pomembne sistemske korake, ki naj bi jih sistem vzgoje in izobraževanja evropskih ter drugih zahodnih držav moral sistemsko izpeljati v prihajajočem obdobju: ponovni premislek nacionalnih šolskih sistemov o vsebinah in didaktičnih priporočilih obstoječih kurikulov ter učnih načrtov z vidikov vključevanja orodij UI, oblikovanja učnih ciljev za doseganje višjih taksonomskih stopenj znanja ter razvoja spretnosti 21. stoletja; zasnova vseživljenjskega učenja učiteljev in drugih deležnikov v vzgoji in izobraževanju na področju vključevanja UI v učenje ter poučevanje; razumevanje etičnih, pravnih in tehnično-tehnoloških vidikov delovanja orodij UI.

Izvedena analiza tako pomeni pomemben prispevek k pregledu trenutno obstoječih nacionalnih dokumentov (nekateri, npr. smernice Finske, so šele v nastajanju), ki lahko pomembno pripomore k oblikovanju izhodišč za nacionalne smernice na področju vključevanja GUI v izobraževanje v Sloveniji.

Literatura

ali, D., Fatemi, Y., Boskabadi, E., Nikfar, M., Ugwuoke, J., in Ali, H. (2024). ChatGPT in teaching and learning: A systematic review. *Education Sciences, 14*(6), 643.

Bala, K., Colvin, A., Christiansen, M. H., Heinemann, A. W., Kreps, S., Levine, L., Liang, C., Mimno, D., Rush, S., Snyder, D., Tarlow, W. E., Thoemmes, F., Vanderlan, R., Won, A. S., Zehnder, A., in Ziewitz, M. (2023). *Generative artificial intelligence for education and pedagogy.* Cornell University.

Braun, V., in Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *3*(2), 77–101.

Deng, R., Jiang, M., Yu, X., Lu, Y., in Liu, S. (2025). Does ChatGPT enhance student learning? A systematic review and meta-analysis of experimental studies. *Computers and Education, 227,* 105224.

Drljić, K., in Čotar Konrad, S. (2025). Trendi raziskovanja na področju generativne umetne inteligence v izobraževanju v obdobju med 2014 in 2024. V A. Flogie in S. Čotar Konrad (ur.), *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave* (str. ***). Založba Univerze na Primorskem

***Google NotebookLM. (2024) [Analiza besedil Bala idr., 2023; Spanish National Institute of Educational Technologies and Teacher Training (INTEF), 2024; Norwegian Ministry of Education and Research, 2023; Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2023; Kralj idr., 2024; Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, b. l.]. https://notebooklm.google/

Kiger, M. E., in Varpio, l. (2020). Thematic analysis of qualitative data: AMEE guide no. 131. *Medical Teacher, 42*(8), 846–854.

Klančar, A., Lekan Kraševec, T., in Štemberger, T. (2025). Raba umetne inteligence pri učenju in poučevanju v obveznem izobraževanju: integrativni pregled literature. V A. Flogie in S. Čotar Konrad (ur.), *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave* (str. ***). Založba Univerze na Primorskem.

Kralj, L., Blažić, A., Valečić, H., Janeš, S., Blašković, V., Marinić, N., Slišurić, K., Dasović, D., Majdandžić, V., in Rakić, D. (2024). *Umjetna inteligencija u obrazovanju: edukativni priručnik o primjeni umjetne inteligencije u učenju i poučavanju za učitelje, nastavnike i stručne suradnike u školama.* Agencija za elektroničke medije in UNICEF.

Krmac, N., in Cencič, M. (2023). *Kvalitativno pedagoško raziskovanje: od obdelave podatkov do predstavitve ugotovitev. Založba Univerze na Primorskem.*

Kunnskapsdepartementet. (2023). *Strategi for digital kompetanse og infrastruktur i barnehage og skole 2023–2030.* https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/strategi-for-digital-kompetanse-og-infrastruktur-i-barnehage-og-skole/id2972254/

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (B. l.). *KI im Unterricht - Informationsangebote für Lehrkräfte.* https://km.baden-wuerttemberg.de/de/schule/digitalisierung/kuenstliche-intelligenz-im-unterricht

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2023). *Umgang mit textgenerierenden KI-Systemen: Ein Handlungsleitfaden.*

***OpenAI. (2024). *ChatGPT* (različica GPT-4o) [Analiza besedil – Bala idr., 2023; U.S. Department of Education, Office of Educational Technology,2023; Spanish National Institute of Educational Technologies and Teacher Training (INTEF); Norwegian Ministry of Education and Research, 2023; Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2023; Kralj idr., 2024; Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, b. l.]. https://chat.openai.com/chat

Santiago-Ruiz, E. (2023). Writing with ChatGPT in a context of educational inequality and digital divide. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology, 19*(3), 28–38.

Spanish National Institute of Educational Technologies and Teacher Training (INTEF). (2024). *Guide on the use of AI in education.*

U.S. Department of Education. (2023). *Artificial intelligence and the future of teaching and learning: Insights and recommendations.*

Zhang, P., in Tur, G. (2024). A systematic review of ChatGPT use in K-12 education. *European Journal of Education, 59*(2), e12599.

Zhang, X., Zhang, P., Shen, Y., Liu, M., Wang, Q., Gašević, D., in Fan, Y. (2024). A systematic literature review of empirical research on applying generative artificial intelligence in education. *Frontiers of Digital Education, 1,* 223–245.

Analysis of International National Guidelines for the Use of Artificial Intelligence in Learning and Teaching at the Pre-university Level

This paper analyses international guidelines for the use of generative artificial intelligence in education (GEN-AI) in primary and secondary education across Croatia, Spain, two German regions, Norway, Canada, and the United States. The study addresses two key research questions: the role and relevance of GUI in teachers' teaching and its significance for students' learning.

Through thematic analysis of these guidelines, we identify ambivalent perspectives on the integration of GEN-AI in education. While the documents highlight the significant potential of GEN-AI for enhancing the efficiency and quality of teaching, they also underscore the risks and challenges associated with this technology. The key proposals emphasize the need to revise existing curricula to better integrate GEN-AI, aiming to foster the achievement of higher-order cognitive skills. Additionally, they stress the importance of lifelong professional development for teachers, particularly in building competencies related to the use of AI tools and understanding the ethical, legal, and technical aspects of AI in education.

By reviewing European and international guidelines, this paper underscores the potential to establish a foundational framework for national guidelines on the use of GEN-AI in primary and secondary education in Slovenia.

Keywords: international GEN-AI guidelines in education, primary school, secondary school, Europe, students, teachers

Strateški okvirji uporabe generativne umetne inteligence v visokošolskem izobraževanju

Ema Meden
Univerza v Ljubljani
ema.meden@ff.uni-lj.si

Marko Radovan
Univerza v Ljubljani
marko.radovan@ff.uni-lj.si

Danijela Makovec Radovan
Univerza v Ljubljani
danijela.makovecradovan@ff.uni-lj.si

Tadej Košmerl
Univerza v Ljubljani
tadej.kosmerl@ff.uni-lj.si

Prispevek analizira strateške okvire za integracijo generativne umetne inteligence (GUI) v visokošolsko izobraževanje, pri čemer izhaja iz evropskega Akta o umetni inteligenci (2024) in drugih relevantnih dokumentov. Obravnava tri najpomembnejše ravni implementacije: sistemsko raven, raven visokošolskih učiteljev in raven študentov. Na sistemski ravni raziskujemo mehanizme za vzpostavitev uravnoteženega regulativnega okvira, ki spodbuja inovativno rabo GUI ob hkratnem zagotavljanju visokih etičnih standardov in varstva podatkov. Na ravni visokošolskih učiteljev preučujemo strategije za odgovorno integracijo GUI v pedagoške procese, s poudarkom na spodbujanju kritičnega mišljenja in ohranjanju akademske integritete. Pri študentih se osredotočamo na razvoj kompetenc za učinkovito in etično rabo GUI pri učenju ter raziskovanju. Prispevek ponuja celovit strateški okvir za implementacijo GUI v visokošolskem prostoru, ki temelji na aktualnih uredbah in dobrih praksah ter vzpostavlja ravnotežje med izkoriščanjem tehnoloških priložnosti in zagotavljanjem kakovosti izobraževalnega procesa.

Ključne besede: generativna umetna inteligenca (GUI), visokošolsko izobraževanje, strateški okviri, integracija GUI

CC BY-SA © 2025 Ema Meden, Danijela Makovec Radovan, Marko Radovan, in Tadej Košmerl
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.4

Uvod

V dobi digitalizacije opažamo, da generativna umetna inteligenca (GUI) postaja eno pomembnih orodij za izboljšanje učenja in poučevanja v visokošolskem izobraževanju. V tem prispevku raziskujemo strateške okvire za učinkovito uporabo GUI na treh ravneh: sistemski ravni, ravni visokošolskih učiteljev in ravni študentov. Našo analizo utemeljujemo na evropskem Aktu o umetni

inteligenci (Uredba Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci, 2024) ter drugih relevantnih evropskih in mednarodnih dokumentih o uporabi umetne inteligence (UI) v izobraževanju ter raziskovanju. Vključujemo tudi primere uspešnih implementacij iz različnih držav in institucij, s katerimi ponazarjamo raznolike pristope in izkušnje na tem področju. Na sistemski ravni se osredotočamo na razvoj strategij za obvladovanje tveganj in zagotavljanje etičnih standardov v visokem šolstvu. Pri tem posebno pozornost namenjamo ukrepom za razvoj kompetenc za varno, odgovorno in učinkovito rabo UI pri vseh deležnikih. Prepričani smo, da je odgovorna raba UI med visokošolskimi učitelji in študenti pomembna za uspešno dolgoročno vključevanje te tehnologije v izobraževalne in raziskovalne procese. V prispevku tako obravnavamo temeljne strateške izzive in priložnosti GUI ter predstavljamo smernice za njeno smiselno integracijo v visokošolsko izobraževanje.

Regulacija uporabe UI s strani Evropske unije

Evropski parlament in Svet Evropske unije sta 13. junija 2024 sprejela Uredbo Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci (t. i. Akt o umetni inteligenci), ki pomembno zadeva tudi področje (visokošolskega) izobraževanja. Čeprav uredba obravnava rabo UI vzdolž celotne šolske vertikale, od osnovnošolskega do visokošolskega izobraževanja, se v tem prispevku osredotočamo na posledice za visokošolski prostor, kjer so izzivi in priložnosti uporabe UI še posebej kompleksni in specifični. Temeljni namen uredbe je sicer »izboljšati delovanje notranjega trga z določitvijo enotnega pravnega okvira, predvsem za razvoj, dajanje na trg, dajanje v uporabo ter za uporabo umetno inteligenčnih sistemov […], da bi spodbujali uvajanje na človeka osredotočene in zaupanja vredne umetne inteligence«, pri tem pa »zagotovili visoko raven varovanja zdravja, varnosti in temeljnih pravic […], vključno z demokracijo, pravno državo in varstvom okolja, za zaščito pred škodljivimi učinki sistemov UI v Uniji ter da bi podpirali inovacije« (Uredba Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci, 2024, str. 1).

Za dosego navedenega Uredba regulira sisteme UI glede na stopnjo njihovega tveganja (Uredba Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci, 2024; Madiega, 2024):

- nesprejemljivo tveganje (npr. sistemi točkovanja fizičnih oseb ter orodja za manipulacijo in družbeni nadzor),
- visoko tveganje (npr. sistemi za biometrično identifikacijo in kategori-

zacijo ter sistemi kritične digitalne infrastrukture, vključno s sistemi UI v izobraževanju in poklicnem usposabljanju),
- omejeno tveganje (npr. klepetalni roboti ter orodja za ustvarjanje vizualnih in avdiovsebin),
- minimalno tveganje (sistemi, ki jih uredba ne obravnava v okviru zgornjih treh kategorij in so zato neregulirani; npr. filtri za neželeno e-pošto).

Uporaba sistemov UI v (visokošolskem) izobraževanju torej predstavlja uporabo z visoko stopnjo tveganja, nanaša pa se predvsem na primere sprejemanja in razvrščanja oseb v izobraževalne ustanove, evalvacijo ciljev izobraževanja, ocenjevanje posamezniku primerne ravni izobraževanja (načeloma pred vključitvijo v sam izobraževalni program) ter nadzor študentov ali učencev med preizkusi znanja (Uredba Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci, 2024, str. 127). Vsi primeri uporabe UI z visoko stopnjo tveganja so izpostavljeni tudi visoki stopnji regulacije uredbe (najpozneje od 2. avgusta 2026 dalje), ki jo morajo upoštevati predvsem razvijalci sistemov, pomembni pa so tudi za upravljalce sistemov. Sistemi z visokim tveganjem morajo namreč imeti izoblikovan sistem za obvladovanje tveganja[1] in skladno urejeno tehnično dokumentacijo, samodejno beležiti tvegane dogodke ob uporabi sistema, ponujati razumljiva navodila ustreznega upravljanja za uvajalce sistema, omogočati človeški nadzor ter dosegati ustrezno raven točnosti, robustnosti in kibernetske varnosti (Uredba Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci, 2024). V primeru uporabe tehnik učenja modelov UI na podlagi določene baze podatkov je treba tudi poskrbeti, da so ti podatki ustrezno izbrani, reprezentativni, preverjeni, skladni z namenom uporabe sistema UI ter v največji možni meri brez napak.

Poleg omenjenih tveganj uporabe UI v izobraževanju uredba poudarja tudi pozitivne vidike rabe UI in pomembnost uvajanja UI na različne ravni izobraževanja ter spodbujanje visokokakovostnega digitalnega izobraževanja, saj se bo tako vsem učečim se in visokošolskim učiteljem omogočilo »pridobiva-

[1] Sistem za obvladovanje tveganja se nanaša na »neprekinjen in ponavljajoč se proces, ki se načrtuje in izvaja v celotnem življenjskem ciklu visoko tveganega sistema UI in ga je treba redno sistematično pregledovati in posodabljati« (Uredba Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci, 2024, str. 56). Obsega opredelitev in analizo tveganj za zdravje, varnost in temeljne pravice; ovrednotenje tveganj v primerih razumno pričakovane napačne uporabe sistema; ovrednotenje tveganj na podlagi podatkov o uporabi (ko je sistem že na voljo uporabnikom) ter sprejetje ciljno usmerjenih ukrepov za obvladovanje identificiranih tveganj.

nje in deljenje potrebnih digitalnih spretnosti in kompetenc, vključno z medijsko pismenostjo in kritičnim razmišljanjem ter s tem dejavno sodelovanje v gospodarstvu, družbi in demokratičnih procesih« (Uredba Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci, 2024, str. 16). Obenem tudi nalaga, da »ponudniki in uvajalci sistemov UI sprejmejo ukrepe, da v najboljši možni meri zagotovijo zadostno raven pismenosti [o UI] svojega osebja in tudi drugih oseb, ki se v njihovem imenu ukvarjajo z obratovanjem in uporabo sistemov UI« (str. 51). Uredba tako zadeva vse vključene v pedagoški proces in v visokošolskem kontekstu predvideva izobraževanje z in o UI tako za študente kot za visokošolske učitelje. Akt je sicer v veljavo stopil s 1. avgustom 2024, države članice pa ga morajo v svoje nacionalne zakonodaje implementirati do 2. avgusta 2025, pri čemer bodo nekatera njegova določila nato v veljavo stopala postopno še nadaljnji dve leti.

Sistemska raven

V visokošolskem izobraževanju je regulacija uporabe UI ključnega pomena. Na ravni Evropske unije je to področje urejeno z Aktom o umetni inteligenci, ki določa harmonizirana pravila za razvoj in uporabo UI. Poleg tega so nekatere institucije razvile interne smernice za uporabo UI v študijskih in raziskovalnih procesih, kot npr. Univerza v Ljubljani (2023), Temple University (2024), Utrecht University (b. l.) in Humboldt Universität zu Berlin (b. l.). Stališča glede strogosti regulacije UI so raznolika. Nekateri zagovarjajo strožje omejitve ali celo prepovedi, medtem ko drugi opozarjajo, da bi pretirana regulacija lahko zavirala inovacije in zmanjšala konkurenčnost institucij ter držav. Mainzer (2024) poudarja, da je treba najti ravnovesje med zaščito pred morebitnimi tveganji UI in spodbujanjem njenega razvoja ter uporabe v izobraževalnem okolju.

Margaret Bearman idr. (2023) so v svoji sistemski analizi diskurzov člankov o UI v vodilnih znanstvenih visokošolskih revijah identificirali dva poglavitna diskurza vpeljevanja UI v visoko šolstvo – *diskurz imperativa odziva* in *diskurz spreminjanja avtoritete*. Diskurz imperativa odziva poudarja nujnost odgovarjanja visokošolskega prostora na velike in hitre transformacije v družbi, ki vse bolj temelji na tehnologiji in UI. Del diskurza se utopično osredotoča na pozitivne sistemske spremembe, ki jih bo tehnološka transformacija vnesla v visoko šolstvo in družbo (npr. olajšanje delovnih procesov, izboljšanje karierne možnosti študentov, povečanje prostega časa), drugi del pa je izrazito distopičen in izpostavlja potrebo po uporu vseprisotnosti UI kot eksistencialno potrebo visokega šolstva, ki v nasprotnem primeru v ne bo preživelo v trenutni obliki. V okviru diskurza o spreminjanju avtoritete, ki se osredotoča na decentralizacijo poučevanja z razširitvijo učiteljske avtoritete na druge za-

poslene, tehnologijo, organizacije in študente, se pri sistemski implementaciji UI v visokošolsko izobraževanje prav tako oblikujeta utopični in distopični diskurzivni pol (Bearman idr., 2023). Utopični diskurz poudarja možnost večje prilagoditve izobraževalne ponudbe potrebam študentov, vlogo UI kot digitalnega mentorja ter izboljšanje kakovosti poučevanja z analizo podatkov iz evalvacijskih vprašalnikov, ki jih izvaja UI. Nasprotno pa distopični diskurz opozarja na tveganja kvantifikacije visokega šolstva, ki se izraža v neprestanem nadzoru, obsežnem zbiranju podatkov ter uvedbi tehnokratskega modela vodenja visokošolskih institucij, ki bi lahko negativno vplival na avtonomijo in humanistični vidik izobraževanja.

Pri razmisleku o sistemski vključitvi GUI v terciarno izobraževanje lahko izobraževalne ustanove uporabijo smernice, ki so bile razvite za raziskovalne organizacije (European Commission, 2025). Te smernice poudarjajo pomembnost odgovorne in etične uporabe UI ter njenega vključevanja v obstoječe prakse. Glavni elementi vključujejo spodbujanje kulture odgovorne uporabe UI, zagotavljanje ustrezne podpore in smernic za uporabnike, spremljanje vpliva UI v akademskem okolju, usklajevanje z raziskovalno etiko ter vzpostavitev varne in pregledne infrastrukture za njeno uporabo.

Navedene smernice niso uporabne zgolj za raziskovalne dejavnosti ali za delo s študenti pri raziskovalnih projektih, temveč tudi kot temelj za odgovorno uporabo UI pri izobraževanju študentov. V tem kontekstu je smiselno upoštevati tudi Etične smernice za uporabo UI in podatkov pri poučevanju in učenju za izobraževalce (Evropska komisija, 2022), ki so podrobneje predstavljene v drugih poglavjih te monografije. Te smernice ponujajo dodatne praktične usmeritve za etično in učinkovito integracijo UI v pedagoške prakse.

Poleg odgovorne uporabe sistemov UI smernice poudarjajo tudi pomembnost ozaveščanja o načinu delovanja teh sistemov ter njihovih potencialnih tveganjih. Prav tako izpostavljajo potrebo po sprejetju konkretnih ukrepov na ravni posameznih izobraževalnih institucij za zagotavljanje etične in varne uporabe UI (Evropska komisija, 2022, str. 26) za:

- zagotavljanje javnega naročanja zaupanja vredne in na človeka osredotočene UI,
- izvajanje človekovega nadzora,
- zagotavljanje, da so vhodni podatki ustrezni za predvideni namen sistema UI,
- zagotavljanje ustreznega usposabljanja osebja,
- spremljanje delovanja sistema UI in sprejemanje popravnih ukrepov ter

– izpolnjevanje ustreznih obveznosti iz Splošne uredbe o varstvu podatkov, vključujoč izvedbo ocene učinka v zvezi z varstvom podatkov.

Raven visokošolskih učiteljev

Visokošolski učitelji se v dobi GUI soočajo z zahtevno nalogo ustvarjanja učnih pogojev, ki študente pripravijo na življenje in delo v okolju, kjer je UI vseprisotna. V tem kontekstu vsesplošne prepovedi uporabe GUI običajno niso učinkovite. Namesto tega je zelo pomembno, da visokošolski učitelji jasno opredelijo svoja pričakovanja glede uporabe UI in jih dosledno ter razumljivo komunicirajo študentom. Pri tem morajo upoštevati veljavne zakonske določbe in smernice svojih institucij.

Pri uporabi GUI v raziskovalnem delu morajo visokošolski učitelji posebno pozornost nameniti ohranjanju akademske integritete, saj je ta temelj zaupanja v akademsko skupnost. Njihove osebne izkušnje z uporabo UI v raziskovalnih procesih lahko služijo kot dragocena podlaga za oblikovanje konkretnih in praktičnih smernic, ki študentom omogočajo odgovorno in smiselno vključitev UI v njihovo lastno delo.

Smernice Evropske komisije (2024) za raziskovalce, ki uporabljajo GUI, poudarjajo naslednja načela:

1. Raziskovalci so odgovorni za zagotavljanje akademske integritete svojega dela, kar vključuje kritično presojo vsebine, ki jo generirajo sistemi UI, ter dosledno izogibanje ustvarjanju lažnih ali izmišljenih podatkov. Ker UI ne more prevzeti odgovornosti za vsebino, prav tako ne more biti navedena kot avtor. Vsebinsko in etično odgovornost za raziskovalno delo nosi izključno človeški raziskovalec, ki mora zagotoviti, da je uporaba UI jasno opredeljena in skladna z akademskimi standardi ter etičnimi smernicami.
2. Pomembno je, da raziskovalci dosledno dokumentirajo vsako večjo uporabo orodij UI, pri čemer naj vključijo podroben opis uporabljenih orodij, naravo vhodnih podatkov in značilnosti generiranih izhodnih podatkov. Takšna dokumentacija je ključna za zagotavljanje transparentnosti in omogočanje ponovljivosti raziskovalnih rezultatov. Prav tako je treba priznati inherentno naključnost, ki je lahko prisotna pri generiranju vsebin z UI, ter jasno navesti, kako le-ta vpliva na interpretacijo rezultatov in njihove omejitve. S tem se povečuje zaupanje v raziskovalni proces in prispeva k ohranjanju akademske integritete.
3. Raziskovalci morajo posebno pozornost nameniti varstvu zasebnosti in

se strogo izogibati deljenju občutljivih informacij z orodji UI, razen če so za to zagotovljeni ustrezni mehanizmi zaščite. To je še posebej pomembno pri obdelavi osebnih podatkov, kjer morajo raziskovalci zagotoviti skladnost z veljavno zakonodajo, kot je Splošna uredba o varstvu podatkov (General Data Protection Regulation – GDPR), in s smernicami institucij. Kakršna koli uporaba UI za delo z občutljivimi podatki mora biti skrbno načrtovana in izvedena z največjo mero previdnosti, da se prepreči morebitna zloraba ali kršitev zasebnosti.

4. Pri uporabi UI morajo raziskovalci dosledno upoštevati pravice intelektualne lastnine in zakonodajo o varstvu podatkov. Zelo pomembno je izogibanje plagiatorstvu, kar vključuje ustrezno navajanje virov in jasen prikaz, katere vsebine so bile generirane z UI. Prav tako je nujno odgovorno ravnanje z osebnimi podatki, ki jih UI lahko ustvari ali obdeluje, pri čemer je treba zagotoviti, da so vsi postopki skladni z veljavnimi pravnimi standardi in etičnimi smernicami. Tako se ohranja zaupanje v raziskovalni proces in preprečuje kršitve etičnih ter pravnih norm.
5. Zaradi hitrega in nenehnega razvoja na področju UI je za raziskovalce zelo pomembno, da spremljajo najnovejše najboljše prakse in se aktivno vključujejo v izmenjavo znanja znotraj raziskovalne skupnosti. Ta pristop omogoča izboljšanje uporabe UI v raziskavah, saj raziskovalci pridobivajo vpogled v najučinkovitejše strategije, zmanjšujejo tveganje za napake ter spodbujajo inovacije. Poleg tega sodelovanje in izmenjava znanja pripomoreta k vzpostavitvi skupnih standardov ter smernic, ki zagotavljajo etično in učinkovito vključevanje UI v raziskovalne procese.
6. Pri nekaterih dejavnostih, kot so strokovni pregledi in ocenjevanje, morajo raziskovalci zagotoviti, da UI ni vključena v proces. To je pomembno za preprečevanje potencialne pristranskosti, ki bi lahko vplivala na objektivnost ocen, ter za zaščito zaupnosti in integritete neobjavljenih del. Uporaba UI v teh občutljivih dejavnostih bi lahko ogrozila etične standarde ter zaupanje v akademsko in raziskovalno skupnost. Raziskovalci morajo pri pregledovanju in ocenjevanju dosledno spoštovati načelo osebne odgovornosti, da ohranijo visoke standarde kakovosti in integritete.

Čeprav te smernice ponujajo splošne usmeritve, v praksi poučevanja še vedno ostajajo številna vprašanja in dileme, ki jih institucije rešujejo bodisi z natančnejšimi priporočili bodisi prepuščajo avtonomiji posameznega učitelja. Visokošolski učitelji lahko pri odgovoru na izziv vključevanja GUI v izobra-

ževalni proces izbirajo med omejevanjem uporabe orodij UI ali pa prilagoditvijo lastne prakse, ki smiselno vključuje uporabo UI.

Omejevanje uporabe GUI

Do določene mere je omejevanje uporabe GUI nujno, zlasti kadar gre za zaščito zaupnih in občutljivih podatkov, ki jih ni primerno obdelovati s sistemi UI. Prav tako izdelkov, ustvarjenih z GUI, ni dovoljeno objavljati kot lastna avtorska dela. Nekatere univerze so že uvedle interne omejitve, ki veljajo za vse člane akademske skupnosti. Tako je, denimo, na Temple University prepovedana uporaba orodij za samodejno ustvarjanje zapiskov med univerzitetnimi videokonferenčnimi srečanji (Temple University, 2024). Visokošolski učitelji se morajo teh institucionalnih smernic dosledno držati ter aktivno prispevati k njihovemu oblikovanju in prilagajanju z lastnimi predlogi ter izkušnjami.

Kljub obstoječim omejitvam pa zaznavanje kršitev pogosto predstavlja velik izziv, saj orodja za detekcijo besedil, ustvarjenih z UI, kot je Turnitin, niso vedno zanesljiva (Chechitelli, 2023). Zaradi teh omejitev mnogi strokovnjaki kot učinkovitejšo alternativo predlagajo spremembo pedagoških pristopov. Poudarek bi moral biti na prilagoditvi metod poučevanja, preverjanja in ocenjevanja, ki bi spodbujale kreativnost, kritično mišljenje in odgovorno uporabo tehnologij, s čimer bi se zmanjšala potreba po omejevanju uporabe GUI.

Prilagajanje pouka GUI

Univerza Yale (Yale University, b. l.) visokošolskim učiteljem priporoča uporabo t. i. »avtentičnih nalog«, ki študente spodbujajo k poglobljenemu razmišljanju in h kritični analizi. Te naloge vključujejo soočanje študentskih razmislekov z idejami drugih avtorjev, učenje iz primarnih virov ali virov, ki niso dostopni UI, ter eksperimentiranje z orodji GUI in kritično oceno generiranih vsebin. Poleg tega se priporoča uporaba alternativnih pristopov za prikaz znanja, kot so moderiranje diskusij, ustvarjanje vizualnih predstavitev ali drugih inovativnih oblik izražanja. Takšne metode ne le preprečujejo zanašanje na UI, temveč tudi spodbujajo razvoj študentske ustvarjalnosti, samostojnega mišljenja in sposobnosti kritičnega vrednotenja informacij.

Coley idr. (2023) opisujejo strategije za oblikovanje študentskih aktivnosti, ki zmanjšujejo odvisnost od uporabe orodij GUI. Med najpomembnejšimi pristopi izpostavljajo naslednje:

– *Prilagojene naloge:* Naloge temeljijo na specifičnih informacijah, obravnavanih na predavanjih, v določenih besedilih ali virih, ki niso zlahka dostopni na spletu. S tem se zmanjša možnost, da bi orodja GUI ustva-

rila vsebine, ki ustrezajo zahtevam naloge.
- *Osebna refleksija:* Visokošolski učitelji študente spodbujajo k razmišljanju o svojih izkušnjah, mnenjih in občutkih. UI običajno ustvarja besedila z nevtralnim tonom, kar olajša prepoznavanje razlik med avtentičnimi refleksijami in avtomatiziranimi vsebinami.
- *Praktične dejavnosti:* Naloge, ki vključujejo izdelavo ali ocenjevanje fizičnih predmetov, študente spodbujajo k uporabi lastnega razmišljanja in jezika. Ker UI nima konteksta za tovrstne izkušnje, postanejo njeni izhodni izdelki manj uporabni.
- *Premišljeno oblikovanje nalog:* Visokošolski učitelj naloge prilagodi tako, da zmanjša možnost uporabe UI. Sem spadajo naloge, ki zahtevajo osebno razmišljanje, vključujejo razredne razprave, razdelitev večjih nalog na manjše dele z vmesnim ocenjevanjem in izvajanje pisnih nalog neposredno v učilnici.

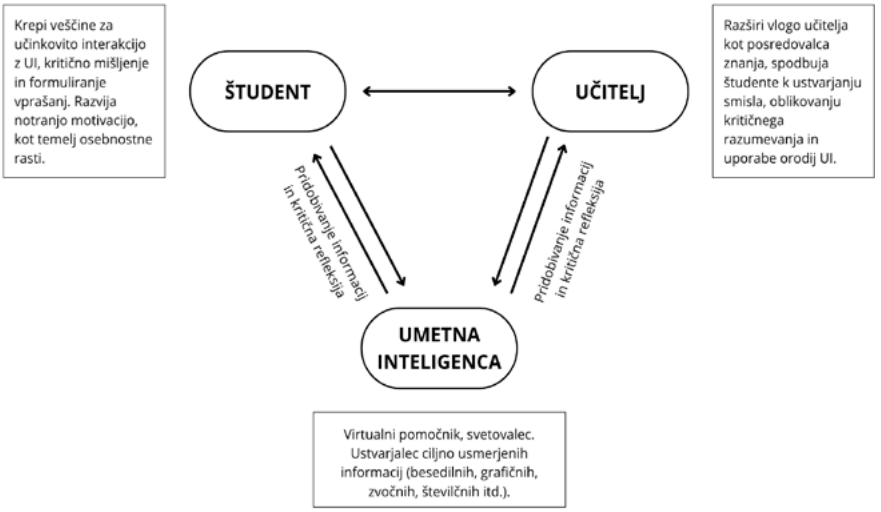
Takšne prilagoditve pripomorejo k oblikovanju izobraževalnih pristopov, ki študente aktivno vključujejo v razmišljanje, raziskovanje in ustvarjanje, hkrati pa spodbujajo odgovorno in kritično rabo GUI.

Raven študentov

Malinka idr. (2022) so v svoji študiji raziskali, kako ChatGPT rešuje izpitne naloge iz kibernetske varnosti. V prispevku z naslovom »O izobraževalnem vplivu ChatGPT: Ali je UI pripravljena za pridobitev univerzitetne diplome?« so ugotovili, da GUI pri reševanju nalog dosega rezultate, primerljive z dosežki študentov. Medtem ko uporaba GUI študentom omogoča lažji dostop do pravilnih odgovorov in programske kode, hkrati zmanjšuje njihovo ustvarjanje izvirnih vsebin.

Avtorji opozarjajo tudi na tveganje, ki ga predstavlja nekritično sprejemanje napačnih informacij, ki jih posreduje ChatGPT. Ta težava je še posebej izrazita pri študentih začetnih letnikov, saj uporaba UI pogosto omogoča obhod temeljnih nalog, kar vodi v pomanjkanje temeljnega znanja. Takšne vrzeli v znanju lahko kasneje povzročijo težave pri reševanju kompleksnejših in zahtevnejših nalog, kar še dodatno izpostavlja pomen kritične rabe tehnologije v izobraževalnem procesu.

Spivakovsky idr. (2023) poudarjajo številne pozitivne vidike uporabe UI v visokošolskem izobraževanju, med katerimi so povečana motivacija študentov, izboljšanje učnega uspeha in razvoj kompetenc 21. stoletja. UI te učinke dosega z avtomatizacijo rutinskih nalog, kot so upravljanje spletne komunikacije (npr. deljenje nalog), pomoč pri izbiri študijskih smeri in predmetov ter



Slika 1 Dimenzije uporabe UI v visokošolskem izobraževanju (prirejeno po Spivakovsky idr., 2023)

nudenje dodatne podpore v učnem procesu. Avtorji med glavnimi vlogami UI pri učenju izpostavljajo predvsem individualizacijo, ki vključuje prilagajanje težavnosti nalog in interakcije glede na potrebe posameznega študenta, ter okrepljeno komunikacijo med človekom in strojem, ki študentom omogoča bolj personalizirano in odzivnejšo podporo. Tako UI postaja pomemben člen v modelu interakcije v študijskem procesu, kjer dopolnjuje tradicionalne pristope in omogoča dinamičnejšo ter prilagodljivejšo učno izkušnjo (slika 1).

Uspešnost večsmerne interakcije v pedagoškem kontekstu je močno odvisna od načina uporabe UI. Malinka idr. (2022) v svoji raziskavi, osredotočeni na ChatGPT, izpostavljajo, da je pozitiven vpliv tehnologije neposredno povezan s pristopom študentov. Glavni dejavniki, ki prispevajo k uspešnosti, vključujejo pripravljenost študentov za uporabo orodij UI, njihovo razumevanje delovanja teh tehnologij in zmožnost kritičnega vrednotenja rezultatov, ki jih UI generira. Ti elementi omogočajo učinkovito in smiselno vključevanje UI v učni proces ter spodbujajo razvoj veščin, ki so najpomembnejše za delovanje v tehnološko podprtem učnem okolju.

Malinka idr. (2022, str. 50) opisujejo tri glavne načine uporabe orodij UI:

1. Uporabnik zgolj kopira vprašanje v orodje in brez poglobljenega razumevanja ali kritične presoje neposredno prilepi dobljen odgovor, kar zmanjšuje učinkovitost procesa ter tvega površno ali neustrezno uporabo podanih informacij.

2. Uporabnik prebere odgovor orodja, ga prilagodi skladno s svojim razumevanjem ter izloči ali preoblikuje dele, ki so za njegovo potrebo manj relevantni, pri čemer uporabi le temeljne elemente ali oblikuje povsem nov odgovor, prilagojen kontekstu in cilju naloge.
3. Uporabnik se aktivno povezuje z orodjem, pri čemer popravlja morebitne napake, zastavlja ciljno usmerjena vprašanja ter s tem optimizira izkoristek sistema. Tak pristop zahteva intenzivnejšo interakcijo in več časa, saj vključuje natančno prilagajanje ter sprotno preverjanje učinkovitosti delovanja sistema.

Če študenti UI uporabljajo kot virtualnega pomočnika, lahko ta pomembno prispeva k razvijanju idej, reševanju kompleksnih problemov in poglabljanju razumevanja, zlasti na tehničnih področjih. To je še posebej koristno za študente, ki se učijo samostojno ali raziskujejo nove teme, saj UI ponuja personalizirano podporo, zagotavlja hitre odgovore na vprašanja ter omogoča dostop do dodatnih informacij in virov, kar spodbuja njihovo samoiniciativnost in avtonomno učenje.

UI v izobraževanju omogoča razvoj orodij, kot sta AI Tutor Pro in slovenski Astra AI, ki delujeta kot virtualna tutorja. Ta orodja nudijo 24-urno podporo in prilagajajo naloge glede na raven znanja posameznega študenta, s čimer spodbujajo vključevanje in enakost ter zagotavljajo individualizirano podporo, tudi za študente z učnimi težavami. Sierra in Gómez (2024) poudarjata, da ima UI potencial za zgodnje odkrivanje študentov, pri katerih obstaja tveganje za opustitev izobraževanja, kar omogoča pravočasno posredovanje in podporo.

Erin Hannan in Shuguang Liu (2021) sta v svoji analizi visokošolskih praks rabe sistemov UI identificirala tri glavna področja za izboljšanje učnih izkušenj študentov ter nudenje učne podpore, ki jih predstavljamo v nadaljevanju.

1. Prvo področje uporabe UI se nanaša na njeno integracijo v spletne učne platforme (angl. *learning management systems*), kjer UI nudi podporo pri organizaciji študijskih obveznosti in personalizaciji učnega okolja. UI lahko študente opozarja na njihove naloge in roke ter prilagaja vsebine glede na njihove specifične potrebe, npr. z izpostavljanjem njihovih močnejših in šibkejših področij, kar temelji na analizi rezultatov preverjanja znanja. Takšna individualizacija prispeva k učinkovitejšemu učenju in boljšim učnim rezultatom. Cong Zhou (2023) je v raziskavi, izvedeni na vzorcu 356 študentov kitajskih fakultet, analiziral vpliv vpe-

ljave personalizirane učne platforme, podprte z UI, na izboljšanje ravni znanja na petih različnih področjih. Rezultati so pokazali največji napredek na področju računalništva in matematike. Na drugih področjih izboljšave niso bile tako izrazite.

2. Drugo pomembno področje uporabe vključuje učno podporo, ki jo omogočajo klepetalni roboti (npr. prej omenjeni virtualni pomočniki) in tehnologije navidezne resničnosti. Slednje se izkažejo kot posebej uporabne v izobraževanju na daljavo ali pri delu z mednarodnimi skupinami študentov, saj omogočajo, da vsak študent spremlja študijski proces v svojem jeziku.
3. Tretje področje pa zajema ocenjevanje, kjer UI omogoča avtomatizirano vrednotenje, predvsem pri izpitnih vprašanjih s kvantitativnimi odgovori. Poleg tega se sistemi UI že pogosto uporabljajo za odkrivanje plagiatorstva v pisnih izdelkih in za nadzor pri opravljanju izpitov na daljavo (Hannan in Liu, 2021).

Helen Crompton in Diane Burke (2023) naštetim funkcijam dodajata še napovedovanje učne uspešnosti študentov, zlasti z namenom prepoznavanja manj uspešnih posameznikov ter zmanjševanja tveganja njihovega zgodnjega opuščanja izobraževanja.

Zaključek

GUI je v visokošolsko izobraževanje prinesla številne priložnosti, a tudi izzive, ki zahtevajo premišljen pristop. Da bi GUI postala uporabno orodje, je treba uskladiti različne vidike – od urejanja na sistemski ravni preko vloge visokošolskih učiteljev do uporabe med študenti. Vloga visokošolskih učiteljev je pri tem še posebej pomembna, saj so prav oni tisti, ki ustvarjajo prostor in prakse kritične uporabe tehnologije. V prispevku ugotavljamo, da prepovedi same po sebi ne rešujejo izzivov, zato morajo visokošolski učitelji jasno sporočati pričakovanja glede uporabe UI ter hkrati prilagoditi svoje prakse. Pristopi, kot so problemske naloge, ki zahtevajo refleksijo ali delo s specifičnimi viri, so dober način za to, da se študente spodbuja k odgovornemu in samostojnemu delu.

Vključitev GUI v visokošolsko izobraževanje ne more temeljiti zgolj na tehničnih rešitvah ali zakonodaji. Potrebuje kulturo odgovorne uporabe, kjer se vsi deležniki zavedajo, kako lahko UI podpira izobraževalni proces, ne da bi pri tem ogrozila akademske vrednote. S sodelovanjem visokošolskih učiteljev, študentov in oblikovalcev politik ima GUI potencial, da postane pomembno orodje za izboljšanje kakovosti izobraževanja, ne da bi se ob tem izgubile vrednote, ki so temelj visokošolskega izobraževanja.

Literatura

Bearman, M., Ryan, J., in Ajjawi, R. (2023). Discourses of artificial intelligence in higher education: A critical literature review. *Higher Education, 86,* 369–385.

Chechitelli, A. (2023, 23. maj). *AI writing detection update from Turnitin's Chief Product Officer.* Turnitin. https://www.turnitin.com/blog/ai-writing-detection-update-from-turnitins-chief-product-officer

Coley, M., Snay, P., Bandy, J., Bradley, J., in Molvig, O. (2023). *Teaching in the age of AI.* Vanderbilt University Center for Teaching.

Crompton, H., in Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: The state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20*(22), 22.

European Commission. (2025). *Living guidelines on the responsible use of generative AI in research* (2. izd.).

Evropska komisija. (2022). *Etične smernice za uporabo umetne inteligence in podatkov pri poučevanju in učenju za izobraževalce.* Urad za publikacije Evropske unije.

Hannan, E., in Liu, S. (2022). AI: New source of competitiveness in higher education. *Competitiveness Review, 33*(2), 265–279.

Humboldt-Universität zu Berlin. (B. l.). *Leitfaden zum Einsatz von generativen KI-Werkzeugen in Forschung, Lehre und Verwaltung an der Humboldt-Universität zu Berlin.* https://ki.cms.hu-berlin.de/de/ki-policy-an-der-hu/leitfaden-zum-einsatz-generativer-ki

Madiega, T. (2024). *Artificial intelligence act.* European Parliamentary Research Service.

Mainzer, K. (2024). Digital sovereignty with 'Living guidelines for responsible use of generative AI'. V M. Klein, D. Krupka, C. Winter, M. Gergeleit in L. Martin (ur.), *INFORMATIK 2024, Lecture Notes in Informatics (LNI)* (str. 665–676). Gesellschaft für Informatik.

Malinka, K., Perešíni, M., Firc, A., Hujňák, O., in Januš, F. (2023). On the educational impact of ChatGPT: Is artificial intelligence ready to obtain a university degree? V *Proceedings of the 2023 Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (str. 47–53). Association for Computing Machinery.

***OpenAI. (2024). *ChatGPT* (21.–25. oktober). [slogovno urejanje besedila] https://chat.openai.com/

Sierra, M. L., in Gómez, J. A. V. (2024). The challenges of artificial inteligence in education. *Academia y Virtualidad, 17*(1), 7–9.

Spivakovsky, O. V., Omelchuk, S. A., Kobets, V. V., Valko, N. V., in Malchykova, D. S. (2023). Institutional policies on artificial intelligence in university learning, teaching and research. *Information Technologies and Learning Tools*, *97*(5), 181.

Temple University. (2024). *Guidelines for generative artificial intelligence (GenAI).* https://tuportal6.temple.edu/documents/380033/1166174952/Guidelines%2Bfor%2BGenAI.pdf/30bcd155-1311-6434-355c-efc963798189?t=1725490134990

Univerza v Ljubljani. (2023, 20. september). *Priporočila Univerze v Ljubljani pri uporabi umetne inteligence.* https://www.uni-lj.si/novice/2023-09-20-priporocila-univerze-v-ljubljani-pri-uporabi-umetne-inteligence

Uredba Evropskega parlamenta in Sveta z dne 13. junija 2024 o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci in spremembi uredb (ES) št. 300/2008, (EU) št. 167/2013, (EU) št. 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 in (EU) 2019/2144 ter direktiv 2014/90/EU, (EU) 2016/797 in (EU) 2020/1828 (Akt o umetni inteligenci). (2024). *Uradni list Evropske Unije,* (1689), 1–144.

Utrecht University. (B. l.) *Gudielines for the use of generative AI.* https://www.uu.nl/en/organisation/corporate-identity/guidelines-for-the-use-of-generative-ai

Yale University. (B. l.). *AI guidance for teachers.* https://poorvucenter.yale.edu/AIguidance

Zhou, C. (2023). Integration of modern technologies in higher education on the example of artificial intelligence use. *Education and Information Technologies, 28,* 3893–3910.

Strategic Frameworks for the Use of Generative Artificial Intelligence in Higher Education

This chapter analyses strategic frameworks for integrating generative artificial intelligence (GEN-AI) into higher education, drawing from the European AI Act (2024) and other relevant regulatory documents. The analysis encompasses three key implementation levels: the systemic, faculty, and student levels. At the systemic level, we examine mechanisms for establishing a balanced regulatory framework that promotes innovative GEN-AI applications while ensuring high ethical standards and data protection. At the faculty level, we explore strategies for the responsible integration of GEN-AI into pedagogical processes, emphasising critical thinking development and maintaining academic integrity. At the student level, we focus on developing competencies for the effective and ethical use of GEN-AI in learning and research activities. Based on current regulations and best practices, the chapter provides a comprehensive strategic framework for GEN-AI implementation in higher education, establishing a balance between leveraging technological opportunities and ensuring educational quality.

Keywords: Generative Artificial Intelligence (GEN-AI), Higher Education, Strategic Frameworks, GEN-AI Integration

Generative AI and the Croatian Educational System

Saša Mladenović
University of Split
smladen@pmfst.hr

This chapter explores the transformative potential of Generative AI (GEN-AI) in education, focusing on its integration into the Croatian educational system. It examines the historical evolution of AI, the rapid emergence of GEN-AI tools, and their implications for teaching and learning. GEN-AI's multimodal capabilities offer opportunities to enhance creativity, problem-solving, and personalised learning. However, challenges such as overreliance, transparency, and ethical considerations require special attention. Croatia has made significant efforts in addressing these challenges through initiatives like the BrAIn project, CARNET's AI curriculum, and the Digital Croatia Strategy 2032, which emphasise AI literacy, teacher empowerment, and equitable access. Pedagogical approaches for teaching with and about GEN-AI are discussed, emphasising active learning, ethical awareness, and the importance of maintaining human oversight. This chapter advocates for a balanced, human-centric approach to integrating GEN-AI, ensuring its use aligns with educational values of creativity and intellectual growth while addressing the evolving demands of a digital future.

Keywords: Croatian education, AI in education, AI curriculum, AI ethics, digital transformation, AI literacy

CC BY-SA © 2025 Saša Mladenović
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.6

Introduction

AI traces its origins to the mid-20th century when researchers began exploring the possibility of creating machines capable of performing tasks traditionally associated with human intelligence (Rojas, 2024). Alan Turing, one of the most influential pioneers in AI (Teuscher, 2004), posed the question of whether machines could think and introduced the famous Turing Test as a way to evaluate whether a machine could demonstrate behaviour indistinguishable from that of a human. Turing suggested that a computer could be considered intelligent if it could mimic human responses under specific conditions, laying the foundation for the idea of machines »thinking« like humans and igniting decades of research and discussions in the field (French, 2000). In 1956, John McCarthy formally coined the term »Artificial Intelligen-

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.

ce« (Rajaraman, 2014), marking the establishment of AI as a distinct field of study. Today, one of the most advanced applications of AI is Generative AI, a technique designed to mimic human communication by creating text, images, or other content based on patterns learned from vast datasets (Gatla et al., 2024).

The rapid emergence of artificial intelligence (AI) tools in the educational landscape presents both opportunities and challenges that demand critical exploration (Rizvi, 2023). Among these advancements, Generative AI (GEN-AI) tools have gained significant traction due to their multimodal capabilities, enabling both students and teachers to generate diverse forms of content. This technological evolution promises to transform traditional pedagogical methods, yet its implications on teaching, learning, and the broader education ecosystem remain underexplored (McGrath et al., 2024).

While AI conversational models and generative tools offer unprecedented support in educational settings, their widespread adoption also raises critical concerns. From a teacher's perspective, the omnipresent capability of generative AI to provide extensive, immediate knowledge can foster feelings of inadequacy—leading educators to question their role in a landscape where AI seems omniscient. Similarly, from a student's perspective, there is a growing perception that learning might become obsolete, as GEN-AI tools appear to offer instant solutions to any problem or answer to any question. These attitudes risk undermining the core values of education: fostering creativity, curiosity, and a deep understanding of knowledge through effort and engagement.

The danger of a purely consumer-based education system, where knowledge is readily available without the rigour of critical thinking and problem-solving, is another pressing concern. While regulatory frameworks for AI in education are being developed, they often fail to address the underlying pedagogical shifts necessary to integrate AI effectively into teaching and learning. Without a new approach to teaching about, for, and with GEN-AI, such regulations may ultimately prove insufficient.

This paper adopts a critical perspective on the role of GEN-AI in education, emphasising the importance of recognising these tools as aids, not substitutes, in the learning process. It argues for a balanced approach that integrates GEN-AI into education while maintaining a human-centric focus on creativity and intellectual growth. To this end, this study examines current regulations and best practices, with a particular focus on the Croatian context, and proposes a framework for addressing the evolving trends in generative AI education.

Regulations and Governmental Initiatives on Generative AI in Education in Croatia

The Republic of Croatia has recognised the importance of the development of artificial intelligence and is, at the same time, one of the signatories of the Declaration on Artificial Intelligence Cooperation (signed in July 2018). The current guidelines, policies, and standards governing the use of Generative Artificial Intelligence (GAI) in education within Croatia and the European Union (EU) rely on existing legislative frameworks, ethical guidelines, and available technological solutions.

International Legislative and Regulatory Framework

The EU has established several key regulations that impact the deployment of AI technologies in education:

- Artificial Intelligence Act (AI Act) (Regulation, 2024): Enforced from 1 August 2024, the AI Act classifies AI applications based on risk levels—unacceptable, high, limited, and minimal. Educational applications often fall under 'high-risk' due to their significant impact on individuals' rights and well-being. These applications must adhere to strict requirements concerning transparency, safety, and human oversight.
- General Data Protection Regulation (GDPR) (Regulation, 2016) : This regulation ensures the protection of personal data within the EU, mandating that AI systems processing personal data in educational contexts comply with data privacy and security standards.

Croatia, as an EU member state, aligns its national legislation with these EU directives, ensuring that AI applications in education conform to both EU and national legal requirements.

Several organisations have developed ethical guidelines to support the responsible use of AI in education:

- UNESCO's Guidance for Generative AI in Education and Research (UNESCO, 2023): This framework assists countries in implementing immediate actions and formulating long-term policies to ensure a human-centred approach to GAI in education.
- European Data Protection Supervisor (EDPS) Guidelines on Generative AI (European Data Protection Supervisor, 2024): These guidelines help EU institutions comply with data protection obligations when using or developing GAI tools, emphasising the importance of safeguarding personal data.

Croatian Legislative and Regulatory Framework

Strategic directions for Gen AI in education as part of digital education are defined by The Digital Croatia Strategy for the period until 2032 (Ministarstvo pravosuđa, uprave i digitalne transformacije Republike Hrvatske, 2022), which outlines a comprehensive vision for Croatia's transition into a digitally advanced society.

By fostering a regulatory, investment, and tax environment conducive to technological innovation, the strategy aims to position Croatia as a competitive digital economy with personalised public services and technologically proficient industries. A critical pillar of this vision is the continued development of digital competencies across all educational levels, ensuring that future generations are equipped to thrive in a digitalised world.

To prepare students and educators for the demands of a digital future, the strategy emphasises the need for a dynamic and adaptable education system. This system must continuously align with advancements in digital technologies, including AI and evolving workforce requirements. The strategy identifies four essential areas for the digital transformation of education:

1. Digitally Mature Environments - establishing infrastructure and digital ecosystems in schools that support seamless integration of information and communication technologies (ICT) into teaching and learning.
2. Digitally Skilled and Confident Educators - providing continuous formal, informal, and lifelong training for teachers to build their ICT competencies and confidence in using advanced technologies, including AI, as integral tools in the classroom.
3. ICT as Support for Learning and Teaching - promoting ICT as an enabler for innovative teaching practices and personalised learning experiences, empowering students to engage actively with digital tools.
4. Digital Leadership - encouraging data-driven decision-making and fostering digital literacy among school administrators to support strategic planning and implementation of ICT initiatives.

The strategy highlights the need to integrate digital technologies and competencies into both subject-specific and cross-curricular programs in primary and secondary education. This approach aims to ensure that students not only use digital tools effectively but also develop a deeper understanding of their potential and limitations. Additionally, the strategy calls for a focus on higher education by promoting the digital transformation of universities and investing in research and technological infrastructure, particularly in STEM and ICT fields.

To sustain momentum in building digital skills across the population, the strategy includes several supportive measures:

1. Promoting Lifelong Education in ICT - expanding access to formal and informal education programs that enhance digital skills at all life stages.
2. Reducing Administrative and Tax Barriers - creating incentives to attract and retain foreign ICT professionals to strengthen the workforce.
3. Establishing Specialized Programs for ICT-Interested Students - developing tailored programs for students passionate about ICT topics to foster early engagement and expertise.

The Digital Croatia Strategy 2032 positions education as a cornerstone of the nation's digital future. By embedding digital competencies into curricula, fostering ICT innovation, and investing in educators and infrastructure, Croatia aims to create an inclusive and forward-looking education system. These initiatives ensure not only workforce readiness but also broader societal adaptation to the demands of an increasingly digitalised world.

The Digital Croatia Strategy serves as a foundational framework for The National Plan for the Development of the Education System for the Period Until 2027 that outlines Croatia's strategic priorities for integrating advanced technologies, including artificial intelligence (AI), into its educational framework (European Commission, 2024). Recognising AI as a pivotal element in transforming education, the plan emphasises both the opportunities and challenges associated with the adoption of AI and generative AI (GEN-AI) in schools. The document underscores the need for a systematic approach to aligning the education system with technological advancements while fostering equitable access and inclusivity.

To address the growing demand for highly qualified professionals in science and technology, the plan places special emphasis on reforming secondary education, particularly gymnasium curricula. This reform aims to prepare students for continued education and equip them with foundational knowledge in critical scientific domains, including AI, which is highlighted as essential for Croatia's and the European Union's future development. AI education is envisioned as a means to enhance innovation, workforce readiness, and societal transformation while promoting an understanding of its risks, such as bias, discrimination, and misuse.

The strategic framework identifies four primary areas and two horizontal themes for digital transformation:

1. Digitally mature environments – Enhancing school infrastructure to support digital learning.
2. Digitally competent and confident teachers – Providing professional development to build educators' digital and AI literacy.
3. Support for learning and teaching with ICT – Integrating digital tools and technologies into teaching practices.
4. Data-driven decision-making – Utilizing analytics and predictive models to improve educational outcomes.

The horizontal themes focus on culture, sustainability, and research and development, which further emphasise the importance of AI in shaping future educational practices.

The plan acknowledges several challenges that impede the full integration of digital and AI technologies in education, including:

1. Uneven access to resources and digital tools across schools, resulting in disparities in the quality of education.
2. Inadequate digital competencies among teachers, limiting the effective use of AI in teaching and learning.
3. A lack of curricula tailored to new technologies such as AI, 3D printing, and IoT hinders students' preparedness for the future workforce.
4. Insufficient research and experimentation in applying digital technologies in pedagogical settings.

To overcome these challenges, the plan proposes a range of measures:

1. Equipping schools uniformly to ensure all students and teachers have access to advanced digital tools.
2. Developing AI-focused curricula for both mandatory and extracurricular activities, enabling students to understand AI's potential and risks and fostering their ability to apply AI in innovative ways.
3. Professional development for educators to teach AI effectively, including its safe and ethical applications.
4. Promoting innovation through AI, such as hosting school competitions and creating AI-based educational resources.
5. Establishing an AI-driven educational portal for detecting and recommending digital content, tools, and services tailored to specific learning needs.
6. Leveraging data analytics and predictive models to improve decision-making, enhance administrative processes, and support personalised learning.

The plan also emphasises the importance of educating the school community about the ethical principles governing AI applications in education. This includes raising awareness about potential biases, privacy concerns, and the responsible use of AI tools. Moreover, it calls for the development of materials to teach about AI and its societal implications, ensuring that students become informed users and potential innovators of AI technologies.

The National Plan for the Development of the Education System demonstrates Croatia's commitment to integrating AI into education as a strategic priority. By addressing infrastructure, professional development, curriculum innovation, and ethical considerations, the plan aims to create an education system that is not only technologically advanced but also equitable and future-focused. These initiatives are vital for positioning Croatia as a leader in AI literacy and ensuring that its students and teachers are well-prepared to navigate and shape the digital age.

Implementation of measures defined in the strategic documents

In Croatia, several initiatives like the development of the virtual assistant system in teaching as part of the "Support for the Application of Digital Technologies in Education (BrAIn)" project, which involves several components contributing to the development of a sophisticated AI system for educational purposes (Sabic et al., 2024) and have emerged to promote AI literacy and align educational practices with global standards.

Croatia is making significant strides in integrating artificial intelligence (AI) education into its elementary and high schools, positioning itself as a leader within the EU. Key initiatives include:

CARNET's AI Curriculum Initiative

Supported by the e-Schools project, which has equipped schools nationwide and digitally trained educators, the curriculum »Artificial Intelligence: From Concept to Application« was implemented in the 2023/24 academic year as part of the BrAIn project (Fiore, 2024). Currently, 293 teachers from 248 schools actively teach this curriculum through extracurricular activities and elective courses, reaching over 1,000 students. This initiative ensures that both teachers and students are equipped with foundational AI knowledge.

CroAI AI educate program

The AI educate program, organised by the CroAI association, represents an initiative aimed at empowering educators to integrate artificial intelligence (AI) into classrooms effectively (https://www.croai.org/education). As part

of the broader initiative Thematic Systemic Support for Artificial Intelligence and Social Development, the program has introduced over 2,700 teaching and non-teaching staff across 13 Croatian counties to the fundamentals of AI and its potential applications in education. This program focuses on equipping educators with the foundational knowledge and skills necessary to understand and utilise AI tools, including generative AI (GEN-AI), in teaching and administrative tasks.

School of the Future

A collaborative project by STEMI and Infobip, with A1 Croatia as the main partner, introduces over 1,000 students from 60+ schools to AI through hands-on engineering activities. This project focuses on engaging students with practical applications of AI, fostering interest in cutting-edge technologies (Pajtak, 2024).

EDIT CodeSchool program

Since 2020, Split-Dalmatia County, via the ICT County activity, has supported the EDIT CodeSchool program, offering students in Split-Dalmatia County the opportunity to learn programming and applied AI. Through courses like »Development of Intelligent Web Applications (RIWA)« (Slobodna Dalmacija, 2024), students are introduced to AI concepts such as neural networks and computer vision. Participants create intelligent web applications, gaining practical experience in AI and machine learning.

CARNET User Conference - best practice exchange activity

The CARNET User Conference (CARNET, n.d.) is a flagship project supporting Croatia's systematic approach to integrating technology, including Generative AI, into education. Held annually since 1999 and supported by the Ministry of Science, Education, and Sports, the conference now gathers over 1,000 participants, including educators, school leaders, researchers, and ICT professionals. It serves as a platform for exchanging best practices, knowledge, and experiences in applying advanced technologies in education, with a focus on modern pedagogical approaches and internet-based innovations. By promoting the responsible and effective use of tools like Generative AI, the conference reinforces Croatia's commitment to fostering innovation and collaboration in education.

Artificial Intelligence in Education - manual

The educational manual »Artificial Intelligence in Education« (Kralj et al., 2024) is designed for teachers, school counsellors, principals, and other profession-

als within the educational system. Developed by experts from the "Partners in Learning" Association, the manual provides an introduction to fundamental AI concepts, their applications in education, and the ethical challenges associated with their integration into the teaching process. It includes explanations, examples, reflection questions, and activity suggestions for teachers to use with students.

The manual is divided into three main sections. The theoretical part introduces AI concepts and encourages educators to consider the ethical dilemmas related to its use in education. This is followed by activity proposals aimed at students aged 13 and older, promoting interactive, creative, and collaborative learning experiences while raising awareness of the potential risks and challenges associated with AI. The final section offers resources and strategies for teachers to integrate AI responsibly into their pedagogical practices, ensuring a safe and effective approach to teaching with these technologies.

This manual serves as a foundational resource for education professionals looking to deepen their understanding of AI, explore its possibilities and challenges, and apply it in a pedagogically appropriate way that prioritises students' best interests.

Even without systematic implementation of generative AI (GEN-AI) tools in elementary and secondary schools in Croatia, some teachers and administrative staff have independently adopted tools like ChatGPT to facilitate administrative tasks and enhance the teaching process. For example, the secretary of XV. gimnazija in Zagreb uses ChatGPT to streamline administrative workflows, demonstrating the potential of such tools to improve efficiency in everyday school operations. This ad-hoc usage highlights the growing recognition of GAI's practical applications in educational settings outside of teaching.

The research Artificial Intelligence and Critical Thinking in High Schools (Čižmar, 2024), conducted as part of the project Digital Literacy in the Age of AI by ODRAZ and Telecentar with support from The European Citizen Action Service, offers valuable insights into the perception and literacy of artificial intelligence (AI) in Croatia. The study revealed that 42% of Croatians have experimented with or currently use AI tools, yet only 19.3% of respondents demonstrate high AI literacy, while 26.3% exhibit a low understanding of AI concepts. Public sentiment towards AI reflects a mix of apprehension and optimism, with 60% associating AI with uncertainty or concern and 30% linking it to utility and excitement. Additionally, 49% of respondents fear job displacement within the next 5 to 10 years due to AI, and 72% believe AI will negatively impact interpersonal relationships.

These findings underscore the urgent need for improved AI education and literacy to address societal concerns and foster a balanced understanding of AI's opportunities and challenges. While education efforts in introducing GEN-AI are promising, the long-term impact of such activities on the educational system requires further evaluation. Given the rapidly evolving landscape of AI technologies, it is crucial to regularly assess and refine regulations and best practices to ensure their alignment with pedagogical and ethical principles.

GEN-AI in Education: The Croatian Approach

As Generative AI becomes more prevalent in education, it is essential that teachers remain informed, empowered, and actively involved in shaping its use. While some applications of Generative AI may continue to operate as black-box systems, the importance of transparency and interpretability cannot be overstated (Farrow, 2023). Just as educators strive to understand how their students think, it is equally important to understand how Generative AI arrives at its outputs to ensure ethical and effective use. In Croatia, the integration of Generative AI into education is supported by several aforementioned projects, reflecting a multifaceted approach to utilising this technology in the classroom. These initiatives highlight the importance of policies and best practices that emphasise transparency, accountability, and trust, while fostering collaboration among stakeholders in the educational community.

Some of the projects focus on using Generative AI as a tool for both students and teachers to enhance teaching and learning. These initiatives encourage educators to integrate AI into their practices to support creativity, problem-solving, and personalised learning experiences. Other projects are designed to develop AI literacy, using GEN-AI as a motivational tool to engage students by connecting their learning with the AI technologies that are increasingly omnipresent in everyday life. For example, existing programming curricula in Croatian elementary and high schools are being adapted to include modules where students learn to program applications with AI functionalities, providing a hands-on introduction to Generative AI concepts.

Beyond the classroom, Croatia emphasises educating all stakeholders—administrators, policymakers, and teachers—about the potential applications of Generative AI in their respective roles. These initiatives aim to ensure that AI is not only a tool for teaching and learning but also a resource for improving efficiency and innovation in education management and policy development. To promote the exchange of best practices, the annual CARNET User Conference has served as a cornerstone for professional development for 26 years, bringing together over 1,000 participants from the Croatian education

sector each year. This conference provides a platform for teachers to share innovative methods and experiences with integrating Generative AI and other advanced technologies into their teaching practices.

The exchange of best practices, supported by initiatives like the CARNET conference, is crucial for addressing the challenges posed by Generative AI. Whether these systems function as black-box, grey-box, or transparent models (Adadi & Berrada, 2018), the emphasis remains on equipping educators with the tools and knowledge to critically evaluate AI-generated outputs. This empowers teachers to integrate GEN-AI in ways that enhance learning without undermining the human elements of education, such as creativity, empathy, and individualised support.

As Generative AI technologies continue to evolve, Croatia's proactive approach demonstrates the value of shared policies, ethical guidelines, and community collaboration. By fostering these principles and supporting education through pilot projects, programming curricula, and best practice exchanges, Croatia positions itself as a leader in integrating Generative AI into education. Ultimately, this collective commitment ensures that Generative AI serves as a valuable partner in education, enhancing rather than replacing the uniquely human aspects of teaching and learning.

Pedagogical Approaches for Teaching With, About and For GEN-AI

The integration of Generative AI into education is not merely a technological advancement but a fundamental shift that challenges traditional notions of teaching and learning. To understand its impact, it is essential to connect its use with established educational theories. The works of Jean Piaget, Lev Vygotsky, Jerome Bruner, and Seymour Papert offer critical frameworks for examining how students learn and how tools like Generative AI can either support or hinder the learning process.

Jean Piaget's constructivist theory (Waite-Stupiansky, 2022) emphasises the active role of students in constructing their own knowledge through experiences and interactions with their environment. Generative AI, while capable of providing answers to questions, risks undermining this active process if used solely as a source of direct answers without encouraging deeper exploration or critical thinking. Unlike a teacher or a peer, who can adapt their responses to the learner's developmental stage and cognitive needs, Generative AI lacks the nuanced understanding required to scaffold learning effectively in line with Piaget's principles without prior user profiling.

Lev Vygotsky's sociocultural theory, particularly his concept of the Zone of Proximal Development (ZPD) (Doolittle, 1995; Verenikina, 2003), highlights

the importance of guided interaction between the learner and a more knowledgeable other—traditionally a teacher or peer. While Generative AI can act as a tool to extend the ZPD by providing timely assistance, it cannot fully replace the dynamic and responsive interaction that characterises effective scaffolding. Teachers and peers bring context, empathy, and the ability to challenge misconceptions, elements that Generative AI still cannot replicate. Furthermore, the inaccuracies in Generative AI's responses, stemming from its misunderstanding or limitations, pose a significant risk of misguiding students if these errors go unchecked.

Jerome Bruner's theory of discovery learning (Ozdem-Yilmaz & Bilican, 2020) advocates for teaching methods that encourage students to construct new ideas based on their existing knowledge. Generative AI has the potential to facilitate discovery learning by generating examples, explanations, or alternative perspectives. However, the risk lies in students passively accepting the AI's outputs as authoritative answers, bypassing the critical thinking and inquiry essential for deep learning. Unlike a teacher or peer, Generative AI cannot discern whether a student has fully grasped a concept or is simply replicating its outputs without understanding. We are experiencing the Chinese room argument (Cole, 2024).

Seymour Papert's constructionism (Papert, 1984; 1999; Papert, 2020) builds on Piaget's ideas, emphasising learning through making and hands-on activities. Generative AI can support constructionist approaches by helping students brainstorm, simulate, or design creative projects. However, its lack of awareness about individual learners' contexts or objectives means it cannot offer the kind of meaningful feedback or encouragement that a teacher or peer might provide during project-based learning.

A critical challenge with GEN-AI lies in its tendency to occasionally produce incorrect or misleading information due to its reliance on probabilistic models rather than genuine understanding (Garry et al., 2024). Teachers and peers, while not infallible, are better equipped to acknowledge the limits of their knowledge and collaboratively seek accurate answers. Generative AI, on the other hand, can present inaccuracies with unwarranted confidence, potentially leading students astray if they lack the skills to critically evaluate its outputs.

In summary, while Generative AI has the potential to enrich the learning experience, it cannot substitute the nuanced, responsive, and context-aware roles of teachers and peers. Its integration into education must be carefully guided by pedagogical principles that emphasise critical thinking, discovery, and active participation, ensuring that students engage with Generative AI

as a tool to enhance their learning rather than a source of unquestionable authority (Dwivedi et al., 2023).

Pedagogical approach to teaching about Generative AI

Teaching about Generative AI to elementary school students requires a pedagogical approach that simplifies complex concepts while fostering curiosity, critical thinking, and ethical awareness. The approach should be hands-on and interactive, using age-appropriate analogies and activities to introduce students to the basics of AI, its applications, and its limitations. It should also promote active engagement through exploration, discussion, and reflection.

At the foundation of this approach is experiential learning, where students interact with simple AI tools to understand how they work. For example, they could use platforms like Teachable Machine (n.d.) to create basic image or sound classification models, helping them grasp the concept of training AI with data. This aligns with constructivist principles (Piaget), enabling students to build knowledge through hands-on experimentation.

Next, scaffolded exploration should guide students in understanding Generative AI's role as a creative assistant (Sætra, 2022). Teachers can demonstrate how AI generates stories, drawings, or music, emphasising that the AI relies on patterns learned from large datasets and does not »think« like a human. Activities could include comparing AI-generated outputs with student-created work to identify similarities, differences, and errors, fostering critical analysis and reflection.

Storytelling and analogies (Chadwick & Muilenburg, 2011) play a vital role in simplifying abstract concepts. For example, explaining AI as a »very smart copycat« that learns from examples and tries to predict what comes next can help students grasp the idea of generative models. Discussions can explore questions like, »How does the AI know what to draw?« or »Why might it make mistakes?« These discussions should also introduce the idea that AI can only work with the data it has seen and may not always provide correct or ethical results.

A focus on collaborative learning helps students explore AI's ethical implications. Small group activities could include role-playing scenarios where students act as AI trainers or users, decide what data to include in training and discuss the consequences of biases or misinformation. This aligns with Vygotsky's sociocultural theory, emphasising learning through interaction and dialogue.

Additionally, ethical literacy is integral to teaching about Generative AI, even for younger students. Through age-appropriate discussions, students can reflect on questions such as, »Is it okay for AI to make art or stories for

us?« or »How should we use AI responsibly?« Simple exercises, like identifying AI-generated content versus human-created work, can teach students to critically evaluate digital information.

Finally, the approach should include creative problem-solving tasks, encouraging students to use AI tools to solve challenges or complete projects while emphasising human creativity's unique role. For instance, students could use AI to generate ideas for a class story but take ownership of editing and completing the narrative themselves.

This pedagogical approach combines interactive learning, critical thinking, and ethical awareness, ensuring that elementary school students develop a foundational understanding of Generative AI as a tool, its potential benefits, and the responsibilities that come with its use. By fostering curiosity and reflection, this approach prepares young learners to navigate the evolving digital landscape thoughtfully and responsibly.

Conclusion and Future Directions

Generative AI offers transformative opportunities to enhance teaching and learning by complementing human cognition, empowering educators, and ensuring equitable access to quality education.

To fully leverage its potential, it is essential to design and implement interventions that prioritise key principles.

Generative AI should be used as a tool to enhance students' critical thinking, creativity, and problem-solving skills rather than merely serving as an »answer engine.« By aligning AI tools with the goal of boosting human abilities, educators can promote active learning and foster deeper engagement.

Teachers must be empowered as central figures in the successful integration of AI into classrooms. This requires comprehensive training, ongoing coaching, and dedicated support to help them confidently adopt AI tools in their teaching practices. Additionally, teachers need sufficient time and incentives to explore and experiment with these tools in diverse educational settings.

Building AI literacy across all stakeholders, including educators, students, and decision-makers, is crucial. Such literacy should be rooted in competency frameworks and emphasise the responsible and ethical use of AI, focusing on understanding when and how to use these tools effectively.

Establishing robust ethical guidelines is imperative to address challenges such as privacy, bias, and equity. These guidelines must be dynamic, evolving alongside technological advancements, and serve as opportunities for teaching ethical decision-making and digital citizenship.

Finally, AI solutions must be accessible and inclusive, designed for use in diverse socioeconomic and geographic contexts. Priority should be given to creating low-cost, user-friendly tools that function in environments with limited connectivity, ensuring that students in underserved areas can also benefit.

By integrating these considerations, generative AI can be a powerful catalyst for innovation, enhancing learning outcomes, fostering creativity, and preparing students for the complexities of the digital age.

References

Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking inside the black-box: A survey on explainable artificial intelligence (XAI). *IEEE Access, 6,* 52138–52160.

CARNET. (n.d.). *CARNET Users Conference CUC.* https://www.carnet.hr/en/usluga/carnet-users-conference-cuc/

Chadwick, C., & Muilenburg, L. (2011). Digital storytelling in the science classroom: Using analogies to improve understanding. In M. Koehler & P. Mishra (Eds.), *Proceedings of SITE 2011: Society for information technology and teacher education international conference* (pp. 1087–1092). Association for the Advancement of Computing in Education.

Čižmar, Ž. (2024). *Umjetna inteligencija i kritičko mišljenje u srednjim školama.* Digcomp. https://digcomp.info/umjetna-inteligencija-i-kriticko-misljenje-u-srednjim-skolama/

Cole, D. (2024, 23 October). The Chinese room argument. In *Stanford Encyclopedia Of Philosophy.* https://plato.stanford.edu/archives/win2024/entries/chinese-room/

Doolittle, P. E. (1995). *Understanding cooperative learning through Vygotsky's zone of proximal development*. Institute of Education Sciences.

Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Koohang, A., Raghavan, V., Ahuja, M., Albanna, H., Albashrawi, M. A., Al-Busaidi, A. S., Balakrishnan, J., Barlette, Y., Basu, S., Bose, I., Brooks, L., Buhalis, D., … Wright, R. (2023). Opinion paper: 'So what if ChatGPT wrote it?' Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, *71*, 102642.

European Commission. (2024). *Ongoing reforms and policy developments*. https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/croatia/ongoing-reforms-and-policy-developments

European Data Protection Supervisor. (2024, 3 June). *Generative AI and the EUDPR: First EDPS orientations for ensuring data protection compliance when using generative AI systems.*

Farrow, R. (2023). The possibilities and limits of explicable artificial intelligence (XAI) in education: A socio-technical perspective. *Learning, Media and Technology, 48*(2), 266–279.

Fiore, S. (2024, 5 April). *CARNET's cutting-edge projects: Empowering education for all and building a secure communication infrastructure.* Géant Connect. https://connect.geant.org/2024/04/05/carnets-cutting-edge-projects-empowering-education-for-all-and-building-a-secure-communication-infrastructure

French, R. M. (2000). The turing test: The first 50 years. *Trends in Cognitive Sciences, 4*(3), 115–122.

Garry, M., Chan, W. M., Foster, J., & Henkel, L. A. (2024). Large Language Models (LLMs) and the institutionalization of misinformation. *Trends in Cognitive Sciences, 28*(12), 1078–1088.

Gatla, R. K., Gatla, A., Sridhar, P., Kumar, D. G., & Rao, D. S. N. M. (2024, 2–3 May). *Advancements in generative AI: Exploring fundamentals and evolution* [Conference presentation]. 2024 International Conference on Electronics, Computing, Communication and Control Technology (ICECCC), Bengaluru, India. https://doi.org/10.1109/ICECCC61767.2024.10594003

Kralj, L., Blažić, A., Valenčić, H., Janeš, S., & Blašković, V. (2024). *Edukativni priručnik za učitelje o primjeni umjetne inteligencije u učenju i poučavanju: medijska pismenost*. Agencija za elektroničke medije.

McGrath, C., Farazouli, A., & Cerratto-Pargman, T. (2024). Generative AI chatbots in higher education: A review of an emerging research area. *Higher Education.* https://doi.org/10.1007/s10734-024-01288-w

Ministarstvo pravosuđa, uprave i digitalne transformacije Republike Hrvatske. (2022). *Digital Croatia strategy for the period until 2032.* [If this document is published in a non-English (probably Croatian) language, list its title in that language, not English.]

Ozdem-Yilmaz, Y., & Bilican, K. (2020). Discovery learning: Jerome Bruner. In B. Akpan & T. J. Kennedy (Eds.), *Science education in theory and practice: An introductory guide to learning theory* (pp. 177–190). Springer.

Pajtak, M. (2024, 5 March). *Projekt Škola budućnosti širi se izvan Hrvatske: 'Do 2027. želimo educirati pola milijuna ljudi'*. Srednja.hr. https://www.srednja.hr/novosti/projekt-skola-buducnosti-siri-se-izvan-hrvatske-do-2027-zelimo-educirati-pola-milijuna-ljudi/

Papert, S. (1984). New theories for new learnings. *School Psychology Review, 13*(4), 422–428.

Papert, S. (1999). Eight big ideas behind the constructionist learning lab. *Constructive Technology as the Key to Entering the Community of Learners,* 4–5. [What kind of publication is this? Does it have an author and/or a publisher?]

Papert, S. A. (2020). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas.* Basic Books.

Rajaraman, V. (2014). JohnMcCarthy: Father of artificial intelligence. *Resonance*, *19,* 198–207.

Regulation (EU) of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulation (Artificial Intelligence Act). (2024). *Official Journal of the European Union,* (1689). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401689

Regulation (EU) of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). (2016). *Official Journal of European Union,* (679). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679

Rizvi, M. (2023, 8–10 June). *Exploring the landscape of artificial intelligence in education: Challenges and opportunities* [Conference presentation]. 2023 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA), Istanbul, Turkiye. https://doi.org/10.1109/HORA58378.2023.10156773

Rojas, R. V. B. (2024). Artificial intelligence: Genesis, development, and future. In R. V. Benítez Rojas & F.-J. Martínez-Cano (Eds.), *Revolutionizing communication* (pp. 1–15). CRC.

Sabic, I., Puljiz, H., & Smoljo, A. (2024). Personalized learning in the Croatian national education system: A study of AI implementation in the e-class register. *SN Computer Science, 5,* 1145.

Sætra, H. S. (2022). Scaffolding human champions: AI as a more competent other. *Human Arenas, 8*(1), 56–78.

Slobodna Dalmacija. (2024, 10 September). *EDIT CodeSchool digitalne Dalmacije: zakorači besplatno u svijet programiranja!* https://slobodnadalmacija.hr/promo/edit-codeschool-digitalne-dalmacije-zakoraci-besplatno-u-svijet-programiranja-1417412

Teachable Machine. (n.d.). *Teachable Machine: Train a computer to recognize your own images, sounds, and poses.* https://teachablemachine.withgoogle.com/

Teuscher, C. (2004). *Alan Turing: Life and legacy of a great thinker*. Springer.

UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. https://doi.org/10.54675/EWZM9535

Verenikina, I. (2003). *Understanding scaffolding and the ZPD in educational research*. https://core.ac.uk/download/pdf/36994249.pdf

Waite-Stupiansky, S. (2022). Jean Piaget's constructivist theory of learning. In L. E. Cohen & S. Waite-Stupiansky (Eds.), *Theories of early childhood education* (2nd ed., pp. 3–17). Routledge.

Generativna umetna inteligenca in hrvaški izobraževalni sistem

Poglavje raziskuje transformativni potencial generativne umetne inteligence (GUI) v izobraževanju, pri čemer se osredotoča na vključevanje te tehnologije v hrvaški izo-

braževalni sistem. Preučuje zgodovinski razvoj umetne inteligence, hiter porast orodij GEN-U ter posledice za poučevanje in učenje. Multimodalne zmožnosti GUI ponujajo priložnosti za krepitev ustvarjalnosti, reševanje problemov in personalizirano učenje. Vendar je treba posebno pozornost nameniti tudi izzivom, kot so pretirano zanašanje na GUI, preglednost in etični vidiki. Hrvaška si je precej prizadevala za reševanje teh izzivov s pobudami, kot so projekt BrAIn, učni načrt za umetno inteligenco CARNET in strategija Digitalna Hrvaška 2032, ki poudarjajo opismenjevanje na področju umetne inteligence, opolnomočenje učiteljev in pravičen dostop. Obravnavani so pedagoški pristopi za poučevanje z GUI in o GUI, pri čemer so poudarjeni aktivno učenje, etična ozaveščenost in pomen ohranjanja človeškega nadzora. To poglavje zagovarja uravnotežen, na človeka osredotočen pristop k vključevanju GUI, ki zagotavlja, da je njena uporaba skladna z izobraževalnimi vrednotami ustvarjalnosti in intelektualne rasti, hkrati pa obravnava spreminjajoče se zahteve digitalne prihodnosti.

Ključne besede: Izobraževanje na Hrvaškem, umetna inteligenca v izobraževanju, učni načrt za umetno inteligenco, etika umetne inteligence, digitalna preobrazba, pismenost na področju umetne inteligence

Raziskovalni trendi na področju generativne umetne inteligence v izobraževanju v obdobju med 2014 in 2024

Karmen Drljić
Univerza na Primorskem
karmen.drljic@pef.upr.si

Sonja Čotar Konrad
Univerza na Primorskem
sonja.cotarkonrad@pef.upr.si

V zadnjem desetletju se izobraževanje vse bolj prepleta z digitalnimi tehnologijami, zlasti umetno inteligenco, kar prinaša nove priložnosti in izzive. Generativna umetna inteligenca (GUI), kot je ChatGPT, omogoča personalizacijo učenja in avtomatizacijo raziskovalnih nalog. Kljub njenim prednostim se v povezavi z njeno rabo v izobraževanju pojavljajo tudi pomembna etična in varnostna tveganja, kot so dezinformacije in vprašanja avtorskih pravic. Različne raziskave v mednarodnem prostoru se osredotočajo na vključevanje GUI v pedagoške in didaktične prakse, kar kaže na rastoč interes za to področje v akademskem svetu. Pričujoča raziskava se osredotoča na bibliometrično analizo znanstvenih objav o GUI v izobraževanju med letoma 2014 in 2024. Z zbiranjem podatkov iz baze Scopus je bilo identificiranih 704 relevantnih člankov. Analiza, izvedena s programsko opremo VOSviewer, raziskuje raziskovalne trende, geografsko razporeditev in vplivne avtorje na tem področju ter obravnava pedagoške vidike uporabe GUI v izobraževanju. Analiza geografske prisotnosti raziskav o GUI v izobraževanju je pokazala, da so vodilne države ZDA, Avstralija in Kitajska. Ugotovljeni so bili štirje grozdi držav glede na njihovo povezanost. Med vodilnimi avtorji sta najbolj citirana N. Pervin in A. Yusuf. Analiza ključnih pojmov je razkrila 231 relevantnih pojmov, pri čemer so se najpogosteje pojavljali izrazi, kot so »učitelj«, »gpt« in »slika«. Glavna raziskovalna področja vključujejo pedagoške, tehnične, pravno-etične in organizacijske vidike GUI v povezavi s STEM, z jezikovnim učenjem in s spodbujanjem ustvarjalnosti. Prispevek poudarja širino raziskav, vizualizira raziskovalna omrežja ter izpostavlja potrebe po dopolnitvi analize z drugimi bazami, kot je Web of Science.

Ključne besede: generativna umetna inteligenca, izobraževanje, bibliometrija, raziskovanje

CC BY-SA © 2025 Karmen Drljić in Sonja Čotar Konrad
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.7

Uvod

V zadnjem desetletju smo na področju izobraževanja, predvsem na področjih učenja in poučevanja ter visokošolskega pedagoškega raziskovanja, pri-

ča vstopu različnih digitalnih tehnologij (Yusuf in Tambuwal, 2018). Pri tem naj bi se kot obsežnejše vstopanje tehnologije v polje izobraževanja izkazala predvsem umetna inteligenca (UI) (Zhang idr., 2023). Nedavne raziskave poročajo o nenehnem širjenju orodij UI v visokošolskem prostoru tako na področju učenja in poučevanja – predvsem zaradi potencialnih prednosti, ki naj bi se nanašale na večjo personalizacijo in individualizacijo učenja in poučevanja (Bhutoria, 2022) – kot tudi na področju raziskovanja – kot ponujanje možnosti avtomatizacije ponavljajočih se, rutinskih nalog (de la Torre-Lopez idr., 2022). Ob tem Yusuf idr. (2024) dodajajo, da naj bi v visokošolski prostor tehnologija posebej intenzivno prodrla z nastopom t. i. generativne umetne inteligence (v nadaljevanju GUI) z razvojem klepetalnega robota Chat GPT (podjetja Open AI) ter drugih orodij z odprtim dostopom, katerih namen naj bi bil »posnemanje človeškega pogovora in človekove inteligentnosti« (Yusuf, 2024).

Opredelitev GUI in njena umeščenost na področje izobraževanja

GUI pomeni različen obseg tehnik in modelov umetne inteligence, ki so namenjeni ustvarjanju različnih vsebin, posredovanih v različnih medijskih formatih (npr. besedila, slike, zvoki, videovsebine) (Cooper, 2023; Strzelecki in ElArabwy, 2024). Po mnenju več avtorjev (npr. Dwivedi idr., 2023) rezultati, pridobljeni z rabo GUI, presegajo rezultate tradicionalnih algoritimično utemeljenih tehnik prepoznavanja vzorcev. Modeli GUI so namreč zasnovani tako, da posnemajo ustvarjalne in generativne lastnosti človeškega razmišljanja (Dwivedi idr., 2023).

Ti modeli temeljijo na metodah strojnega učenja, pri čemer imajo osrednjo vlogo tehnike globokega učenja in oblikovanja nevronskih mrež, ki so osnovane na obsežnih zbirkah podatkov (Tlili idr., 2023). Z »učenjem« na podlagi nenehno dopolnjujočih se baz podatkov GUI identificira vzorce in latentne strukture v podatkih. Na podlagi tega »učenja« GUI uporablja verjetnostne modele za generiranje novih vsebin, pri čemer orodja zagotavljajo rezultate, ki so v določenem kontekstu čim koherentnejši in relevantnejši. Posledično Cecilia K. Y. Chan in Wenjie Hu (2023) zaključujeta, da GUI predstavlja pomemben napredek v UI in da se njena transformativna aplikativna funkcija kaže v obsežnih možnostih ustvarjanja ter generiranja različnih (besedilnih, video-, avdio- in drugih) vsebin.

Ob tem pa se z uporabo GUI pojavljajo tudi nekatera tveganja (Tlili idr., 2023), ki se nanašajo na (i) etične in družbene vidike rabe orodij (npr., rezultati, ki jih generira GUI, lahko prinašajo dezinformacije in manipulacije; vprašanje avtorskih pravic in lastništva vsebin); (ii) tehnične omejitve in pristranskosti

(vprašanje veljavnosti baz podatkov, na katerih se GUI »uči« ter posledično natančnosti, zanesljivosti in potencialne diskriminatornosti podatkov, neenaka dostopnost do orodij); (iii) varnostna tveganja (npr. možnost zlorabe tehnologije, kompleksnost kibernetske varnosti); (iv) drugi vplivi (npr. povečana družbena negotovost kot posledica nezaupanja v resničnost digitalnih vsebin ali hitrih sprememb na področju GUI;[1] spremembe načinov učenja in poučevanja; možnosti vpliva na duševno zdravje posameznikov itd.).

Vključevanje GUI v izobraževanje posledično pomeni tudi povečan raziskovalni interes za omenjeno področje (Noroozi idr., 2024). Noroozi idr. (2024) menijo, da zagovorniki rabe GUI poudarjajo njen velik potencial za dvig kakovosti raziskovanja izobraževalnega področja ter učenja in poučevanja, ki naj bi ga prinašala omenjena tehnologija, pri čemer skeptiki in kritiki opozarjajo predvsem na pasti in negativne posledice rabe posameznih orodij GUI.

Področje vključevanja GUI v izobraževanje je bilo v zadnjem desetletju, posebej od leta 2022 z vzpostavitvijo možnosti širokega odprtega dostopa do orodij GUI, deležno povečanega raziskovalnega interesa. Različni sistematični pregledi literature, ki se je usmerjala v ožje področje analize učinkovitosti rabe posameznih orodij GUI (npr. klepetalnih robotov (Gökçearslan idr., 2024)), ali posamezne SWOT-analize na področju učinkovitosti rabe orodij GUI v raziskovalne namene (Giray idr., 2024) doslej niso prinašali ugotovitev o širših, splošnih raziskovalnih trendih na omenjenem področju.

Pri tem avtorji (Noroozi idr., 2024) izpostavljajo, da naj bi raziskave vključevanje GEN-1UI načeloma najpogosteje naslavljale v okviru treh vsebinskih sklopov:

(i) vključevanje GUI v učenje in poučevanje, posebej na različna področja specialnih didaktik;
(ii) vključevanje GUI v (kvalitativno in) pedagoško raziskovanje;
(iii) etični in pravni vidiki vključevanja GUI v izobraževanje.

[1] Zelo hitre spremembe na področju UI v smeri večje zmožnosti orodij UI za podajanje zanesljivejših in natančnejših rezultatov so sicer dobrodošle, vendar pa to sočasno pomeni tudi pomanjkanje možnosti in časa za razmislek, evalvacijo ter kritično oceno posameznih orodij. Na to opozarja tudi Ženko (interna korespondenca v letu 2024), ki pravi, da se pri raziskavah na tem področju dogaja, da so zapisi v nekem trenutku sicer smiselni, v naslednjem pa že zastareli: »Reference v prispevku so iz 2023, v 2024 pa se je pojavil model ChatGPT 01, ki razmišlja in deluje drugače, podobno velja za Gemini 2.0 v Google AI Studiu; v začetku leta 2025 izide tudi 03, ki bo še 'hujši mislec' – teh modelov nekateri ne uvrščajo več v kontekst GenUI«. Menimo, da se družbene posedice tako hitrega razvoja tehnologije lahko kažejo tudi v povečani negotovosti, frustraciji in kaotičnosti delovanja družbe kot celote.

Prvi vsebinski sklop raziskav se je nanašal na vključevanje posameznih orodij GUI (npr. ChatGPT OpenAI) v posamezna specialno didaktična področja učenja in poučevanja (npr. didaktika tujega jezika, didaktika matematike, razvoj podjetniških kompetenc). Na področju učenja in poučevanja (tujega) jezika npr. Kohnke idr. (2023) ugotavljajo naklonjenost učiteljev angleščine rabi GUI za podporo invidializiranemu utrjevanju znanja ter učenju tujega jezika nasploh. O podobnem poroča tudi Mabuan (2024), ki ugotavlja večjo učinkovitosti učenja in poučevanja angleščine z vključevanjem orodja ChatGPT za namene prevajanja ter razumevanja besedil, razvoja in urjenja komunikacijskih veščin, povečanja besedišča ter generiranja idej. Kim idr. (2024) so raziskovali učinkovitost rabe ChatGPT pri urjenju spretnosti pisanja dodiplomskih študentov, podrobneje njihovega obvladovanja retorike, procesa pisanja itd. Karaman in Goksu (2024) sta v kvazieksperimentalni raziskavi demonstrirala potencial GUI za načrtovanje učne ure in izboljšanje učenčevih učnih dosežkov pri matematiki. Hammoda (2024) pa je dokazal učinkovito integracijo ChatGPT v načrtovanje in oblikovanje skupinskega dela v zvezi s simulacijo ustanavljanja podjetja in razvojem podjetniških kompetenc učencev. Omenjene raziskave tako naslavljajo podobna vprašanja kot nekatere predhodne (npr. Banihashem idr., 2022; Maghsudi idr., 2021; Noroozi idr., 2019; Tapalova in Zhiyenbayeva, 2022), ki poudarjajo, da lahko orodja GUI pomembno podprejo personalizirano učenje in poučevanje, izboljšajo učenčevo zavzetost, regulacijo ter razumevanje učenja.

V okviru drugega sklopa raziskav vključevanja GUI v izobraževanje avtorji naslavljajo vprašanje vključevanja GUI v kvalitativno in pedagoško raziskovanje. Tako Hanneke Theelen idr. (2024) v svoji raziskavi poudarjajo potencial orodja ChatGPT za natančno kodiranje kvalitativnih podatkov in izvedbo tematskih analiz vsebine. Alexandara Harry (2023) poudarja, da lahko raba umetne inteligence poveča natančnost analize podatkov in raziskovalcem omogoči, da na osnovi analize velikih baz podatkov izpeljejo smiselne in utemeljene zaključke.

Različni etični ter drugi kritični vidiki rabe orodij GUI v izobraževanju (npr. Bond idr., 2024) predstavljajo tretje večje raziskovalno področje. Tako Lim idr. (2023) v svoji raziskavi na osnovi samoporočanja študentov izpostavi pomemben in visok indeks samoplagiatorstva kot pokazatelja kršitve akademske integritete. Podobno tudi Holmes idr. (2022) v svoji raziskavi izpostavljajo potrebo po vzpostavljanju etičnega okvira rabe (generativne) umetne inteligence v izobraževanju nasploh, Selin Akgun in Christine Greenhow (2022) pa dodatno opozarjata tudi na morebitna tveganja za zasebnost posameznikov, ki so povezana z GUI v izobraževanju.

Namen in problem raziskave

Čeprav nekateri avtorji (Noroozi idr., 2024) menijo, da je raziskovalni fokus na področju vključevanja GUI načeloma usmerjen predvsem v tri zgoraj predstavljena področja, pa je naraščajoč korpus raziskav na področju GUI v izobraževanju v zadnjih desetih letih tako obsežen, da se pojavlja vprašanje dejanskih raziskovalnih trendov na tem področju. Zato smo v okviru prispevka analizirali korpus raziskav, ki so bile objavljene na področju vključevanja GUI v izobraževanje v obdobju 2014–2024. Pri tem smo raziskali prisotnost raziskav glede na geografsko območje v mednarodnem raziskovalnem prostoru ter identificirali vodilne raziskovalce tega območja. V nadaljevanju smo analizirali tudi povezanost nekaterih pedagoških konceptov z rabo GUI v izobraževanju v preteklem desetletju.

V prispevku smo naslovili naslednja raziskovalna vprašanja:

1. Kakšna je geografska razporeditev znanstvenih objav v mednarodnem raziskovalnem prostoru na področju GUI v izobraževanju?
2. Kateri so v zadnjih desetih letih prevladujoči in najvplivnejši raziskovalci na področju GUI v izobraževanju?
3. Kateri (pedagoški) koncepti so najpogosteje prisotni pri raziskovanju vključevanja GUI v izobraževanje?

Metodologija

V okviru raziskave smo izvedli bibliometrično analizo znanstvenih objav s področja GUI v izobraževanju. Bibliometrična analiza je raziskovalni pristop, ki omogoča izvedbo temeljite analize obsežnih znanstvenih podatkov, pri čemer lahko ugotavljamo strukturo ter implicitne raziskovalne trende določenega področja (Keramatfar idr., 2022). Na osnovi tega lahko odkrivamo nove teme, povezave in vidike različnih raziskovalnih konceptov (Donthu idr., 2021), v našem primeru opredelitev in rabe GUI v izobraževanju.

Zbiranje podatkov

Vire, vključene v nadaljnjo analizo, smo zbrali s pomočjo baze podatkov Scopus. Na začetku smo določili ključne besede, s pomočjo katerih smo želeli omejiti izbor glede na cilje raziskave. Te so bile: generative AND artificial AND intelligence OR gen AND ai OR oa OR chatgpt AND teaching OR learning OR education* OR learning AND tool*. Določili smo tudi kriterij časa objave prispevkov, in sicer med letom 2014 in 2024. V nadaljnji izbor je bilo zajetih 1.199 prispevkov. Z dodatnim kriterijem znanstvenega področja objavljenih prispevkov (računalništvo, družboslovje, humanistika in psihologija) je bil prvotni izbor zožen na 874 člankov. Po določitvi tipa dokumenta, to je znan-

Slika 1 Zaključni iskalni niz v bazi Scopus

stveni prispevek in/ali objava na konferenci, nam je ostalo 741 prispevkov. Na koncu je sledil še podrobnejši izbor ključnih besed, ki naj jih analizirani članki vsebujejo, pri čemer smo izhajali iz predpostavke neposredne povezanosti ključne besede s področjem izobraževanja. Določili smo dodatnih 86 ključnih besed (npr. artificial inteligence, chat GPT, Generative AI, Generative Artificial Intelligence, Education, Teaching, Curricula, Learning, AI in Education) ter tako oblikovali zaključni iskalni niz (slika 1).

Končni izbor, ki je vključeval navedene kriterije, je generiral 704 člankov. Podatke smo izvozili v formatu .cvs.

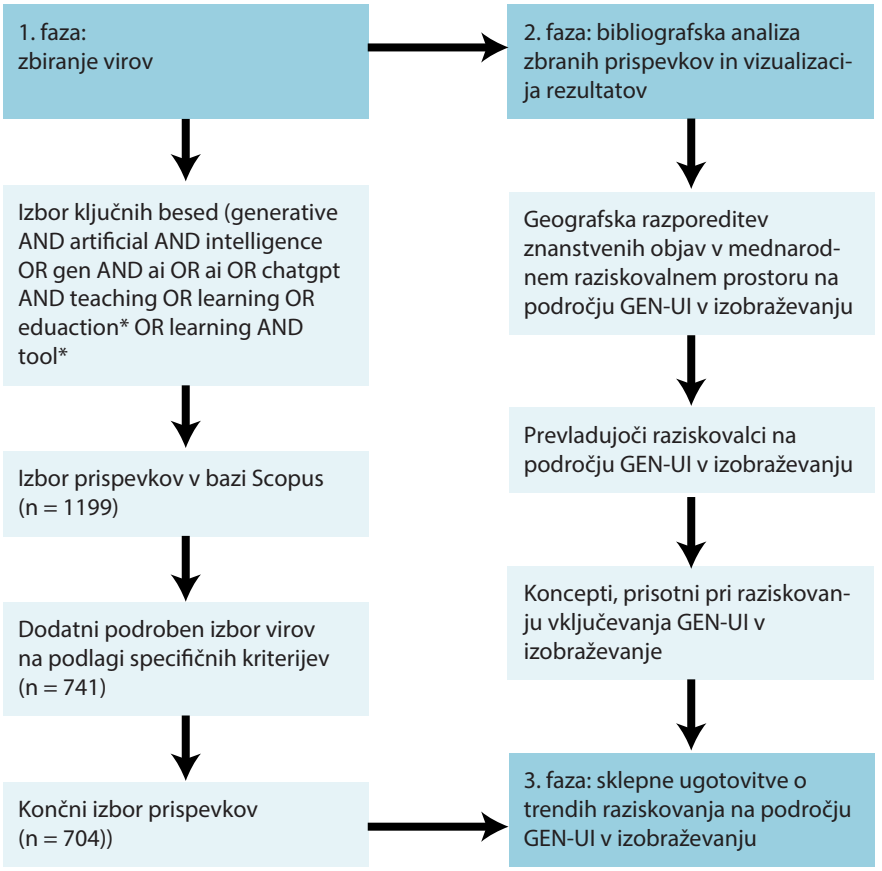
Analiza podatkov

Analiza izbranih prispevkov je bila izvedena s pomočjo programske opreme VOSviewer (različica 1.6.20). Postopek izbora prispevkov in njihove analize je grafično prikazan v sliki 2.

Rezultati

Analiza geografske razporeditve znanstvenih objav v mednarodnem raziskovalnem prostoru

Pri analizi geografske prisotnosti prispevkov v mednarodnem prostoru in njihovega soavtorstva smo se odločili za metodo popolnega štetja (angl. *full co-*



Slika 2 Postopek izbora prispevkov in bibliografske analiza podatkov

unting) ter zanemarili prispevke, katerih avtorji so prihajali iz več kot 25 držav. Za ožji izbor smo določili mejo treh člankov. Od avtorjev iz 44 držav, ki so v preteklih desetih letih objavili prispevek, so predvideni kriterij izpolnjevali avtorji iz 13 držav, avtorji iz desetih držav pa so izpolnjevali še dodaten kriterij povezanosti (angl. *co-oocurance*) (preglednica 1). Slednjega niso izpolnjevali avtorji iz Italije (trije prispevki, nič povezanosti), Japonske (trije prispevki, nič povezanosti) in Nemčije (šest prispevkov, ena povezanost).

Pri objavi prispevkov na temo GUI v povezavi z izobraževanjem so vodilne ZDA, Avstralija in Kitajska. Prvi dve državi dosegata tudi najvišje vrednosti pri skupni moči povezanosti, kar za Kitajsko, predvidoma zaradi političnih razlogov, ne velja. Visoka vrednost povezanosti z drugimi državami se pokaže tudi pri Singapurju. Po citiranosti najbolj izstopajo prispevki iz Singapurja, ZDA in Vietnama. S pomočjo analize sopojavnosti smo oblikovali štiri grozde (slika

Preglednica 1 Prispevki na temo GUI v povezavi z izobraževanjem po državah

Države	Prispevki	Citiranost	Skupna moč povezanosti *	Grozd
ZDA	17	17	5	1
Avstralija	10	12	6	1
Kitajska	9	4	2	3
Savdska Arabija	6	0	2	2
Hongkong	4	6	2	3
Singapur	4	18	5	4
Južna Koreja	4	0	3	2
Nemčija	3	8	2	1
Indija	3	2	2	2
Vietnam	3	15	3	4

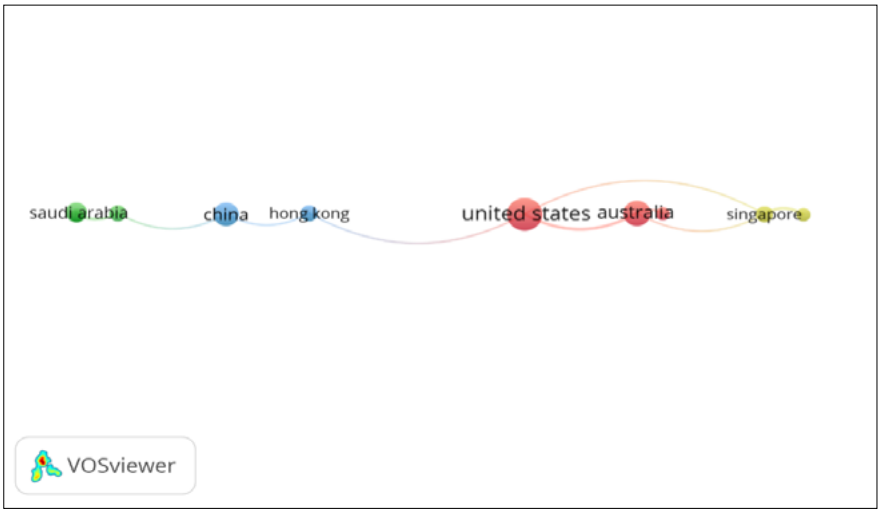
Opomba *Skupna moč povezanosti kaže število povezav med elementi in skupno moč povezav med elementi. Npr., v kontekstu soavtorskih povezav med raziskovalci atribut Citiranost označuje število soavtorskih povezav določenega raziskovalca z drugimi raziskovalci. Atribut Skupna moč povezanosti pa označuje skupno moč soavtorskih povezav danega raziskovalca z drugimi raziskovalci.

3): prvi grozd (rdeča barva) zajema države zahodnega sveta in Oceanije (ZDA, Nemčija in Avstralija), drugi grozd (zelena barva) države vzhodne, južne in zahodne Azije (Južna Koreja, Indija in Savdska Arabija), tretji grozd (modra barva) države vzhodne Azije (Kitajska in Hongkong) in četrti grozd (rumena barva) države jugovzhodne Azije (Singapur in Vietnam).

Analiza objav in identifikacija vodilnih avtorjev na področju GUI v izobraževanju v mednarodnem prostoru

Tudi pri analizi vodilnih avtorjev na področju GUI in njihovega sodelovanja z drugimi avtorji smo se odločili za metodo popolnega štetja ter zanemarili prispevke, ki so nastali v soavtorstvu 25 ali več avtorjev. V nadaljnji izbor smo vključili avtorje, ki so objavili vsaj dva prispevka z raziskovanega področja. Od 262 prepoznanih avtorjev, ki so v preteklih desetih letih objavili vsaj en prispevek, je predvideni kriterij izpolnjevalo osem avtorjev (preglednica 2). Vsi vodilni avtorji imajo objavljena dva prispevka, razlikujejo pa se v citiranosti; med njimi sta najbolj citirana N. Pervin in A. Yusuf, trenutno s citatom manj jima sledita M. Perkins in J. Roe.

Na podlagi medsebojne povezanosti so bili generirani štirje grozdi, pri čemer je bil postavljen kriterij, da mora en grozd vsebovati vsaj dva elementa. Dva elementa so vsebovali trije grozdi, v četrti grozd je bil zaradi medsebojne nepovezanosti kot edini avtor vključen D. Gašević (slika 4).



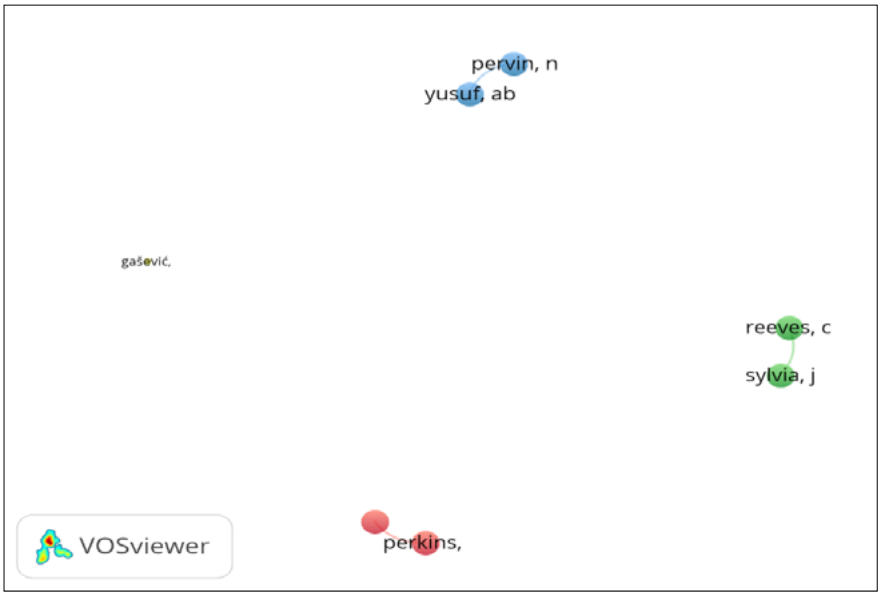
Slika 3 Prikaz grozdov vodilnih držav na področju raziskovanja GUI v izobraževanju v obdobju 2014–2024

Analiza prisotnosti prevladujočih (pedagoških) konceptov v objavah na področju vključevanja GUI v izobraževanju

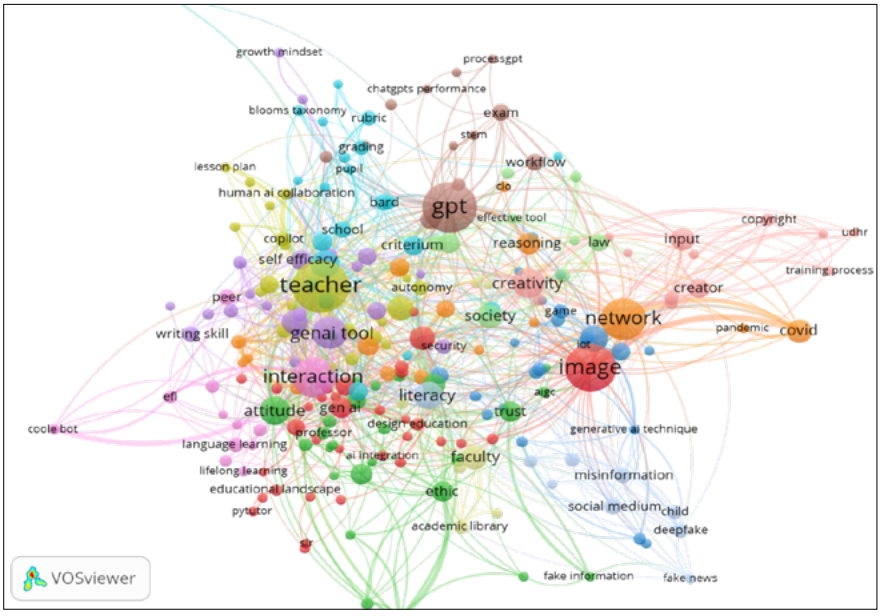
V analizo so bili zajeti pojmi iz povzetkov in ključnih besed (Abstracts in Keywords) prispevkov. Iz analize so bili izvzeti naslovi razdelkov in izjave o avtorskih pravicah (Copyright declaration). Uporabljena je bila metoda popolnega štetja. Kot najmanjše število pojavitev pojmov je bilo določeno pet. Od 14.666 pojmov jih je 1.053 doseglo mejno vrednost relevantnosti števila pojavitve pojmov, izračunana je bila ocena ustreznosti, na podlagi katere je bilo izbranih 60 % (632) pojmov. Izbrani pojmi so bili še dodatno ročno pregle-

Preglednica 2 Vodilni avtorji in njihovo soavtorstvo na področju objav prispevkov o GUI v izobraževanju

Avtor	Prispevki	Citiranost	Skupna moč povezanosti	Grozd/skupek
Pervin, N.	2	16	2	1
Yusuf, A.	2	16	2	1
Perkins, M.	2	15	2	2
Roe, J.	2	15	2	2
Reeves, C.	2	1	2	3
Sylvia, J. J.	2	1	2	3
Gašević, D	2	0	0	4
Lee, J.	2	0	0	5



Slika 4 Prikaz grozdov vodilnih avtorjev na področju raziskovanja GUI v izobraževanju v obdobju 2014–2024



Slika 5 Prikaz grozdov raziskovanih konceptov na področju povezanosti GUI in izobraževanja v obdobju 2014–2024

Preglednica 3 Prikaz grozdov in pripadajočih pojmov glede na pogostost pojavljanja pojma in skupne moči povezanosti

Grozd	Pojmi	Pogostost pojavnosti pojma	Skupna moč povezanosti
1 Splošna raba GUI v visokošolskem izobraževanju	slike/podobe	**676**	**146**
	proces oblikovanja	127	**34**
	GUI	**169**	**28**
	Visokošolska ustanova	**162**	22
2 Raba GUI za preverjanje akademske kredibilnosti	odnos	**347**	50
	plagiatorstvo	**260**	29
	zaupanje	173	28
	etika	**276**	27
3 Tehnični vidik poznavanje rabe GUI in zagotavljanje spletne varnosti	detekcija	**201**	**43**
	napad	68	**21**
	aplikacija	73	**17**
	resna igra	**77**	10
	generativne tehnike UI	**87**	7
4 Pedagoški vidik rabe GUI za namene poučevanja	učitelj	**1001**	**177**
	sodelovanje	**267**	**37**
	predavatelj	**142**	**21**
	sodelovanje med človekom in UI	102	**18**
		138	9
5 Pedagoški vidik rabe GUI za namene učenja	orodje GUI	300	64
	intencija	288	**39**
	samoučinkovitost	138	**25**
6 Spretnosti za smiselno rabo GUI	kritično razmišljanje	312	47
	kriterij	143	25
	vrednost izvirnosti	154	23
7 Raba GUI za namene organizacije delovanja institucij s področja izobraževanja (npr. v času covida-19)	omrežje	**481**	**113**
	covid-19	**308**	**34**
	sklepanje	117	**29**
	upravljanje izobraževanja	258	13
8 Neposredna raba posameznih orodij GUI na področju STEM	GPT	567	164
	klepetalni robot UI	136	23
	izpit	97	19
9 Neposredna raba posameznih orodij GUI na področju učenja jezika	interakcija	**590**	**102**
	vrstniki .	104	**16**
	učenje jezika	89	**15**
	EFL (pedagogical approaches in	**124**	11
	English as a Foreign Language)	**136**	8
	education		
	vseživljenjsko učenje		
10 Raba GUI za spodbujanje in izražanje ustvarjalnosti	ustvarjalnost	472	57
	prispevek	226	32
	ustvarjalec	278	**24**
11 Pravni vidik rabe GUI v izobraževanju	družba	195	34
	preverjanje znanja/preverjanje	178	27
	pravo	187	20
12 Digitalna pismenost za prepoznavanje ponaredkov in prirejenih informacij	pismenost	290	**47**
	družabni medij	141	**19**
	dezinformacije	172	**16**
	globoki ponaredek (deepfake)	141	14

dani, tako smo dobili 231 pojmov (21,93 %), ki so bili upoštevani pri nadaljnji analizi. Iz analize so bili izključeni pojmi, ki so se nanašali na splošne pojme, povezane z raziskavo (npr. *argument, architecture, prospective*), metodologijo (npr. *score, condition, contrast, age, person, data, control group*) ali pa so imeli strogo računalniško konotacijo (npr. *engineer, machine learning, mechanism, metaverse, programming*). Pri oblikovanju grozdov smo določili minimalno število pojmov na grozd (meja je tri), kar je rezultiralo v 13 vsebinskih grozdih. Za metodo normalizacije je bila uporabljena moč asociacije. Za prikaz podatkov smo uporabili znanstveno kartiranje in mrežno analizo pojmov.
Pojmi, ki so se najpogosteje sopojavljali z drugimi pojmi. so bili učitelj (angl. *teacher,* n = 177), gpt (n = 164), slika (angl. *image,* n = 146) in omrežje (angl. *network,* n = 113). Najvišjo skupno moč povezanosti so imeli pojmi učitelj (n = 1001), slika (n = 676), interakcija (n = 590) in gpt (567). Sopojavljanje pojmov in njihova povezanost sta prikazana v sliki 5, kjer so posamezni grozdi označeni s svojo barvo, črte, ki povezujejo posamezne besede, se v kontrastu spreminjajo, bolj kot je barva intenzivna, močnejša je povezava med pojmi, manj intenzivna barva torej pomeni manjšo povezanost med pojmi. Velikost krogov prikazuje moč sopojavljanja z drugimi ključnimi besedami; razdalja med krogi in črtami pa prikazuje sorodnost oz. povezanost ključnih besed.

Podrobnejši pregled povezanosti pojmov kaže na prisotnost 13 grozdov. V preglednici 3 so prikazani grozdi in pojmi, ki so se najpogosteje pojavljali in/ali so imeli najvišjo moč povezanosti.

Literatura

Akgun, S., in Greenhow, C. (2022). Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics, 2*(3), 431–440.

Banihashem, S. K., Noroozi, O., van Ginkel, S., Macfadyen, L. P., in Biemans, H. J. (2022). A systematic review of the role of learning analytics in enhancing feedback practices in higher education. *Educational Research Review, 37*(1), 100489.

Bhutoria, A. (2022). Personalized education and artifcial intelligence in the United States, China, and India: A systematic review using a HumanInTheLoop model. *Computers and Education: Artifcial Intelligence, 3*(21), 100068.

Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., in Siemens, G. (2024). A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: A call for increased ethics, collaboration, and rigour. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21,* 4.

Chan, C. K. Y., in Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20(*1), 43.

Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artifcial intelligence. *Journal of Science Education and Technology, 32*(12), 444–452.

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., in Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research, 133*(5), 285–296.

Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Koohang, A., Raghavan, V., Ahuja, M., Albanna, H., Albashrawi, M. A., Al-Busaidi, A. S., Balakrishnan, J., Barlette, Y., Basu, S., Bose, I., Brooks, L., Buhalis, D., … Wright, R. (2023). Opinion paper: 'So what if ChatGPT wrote it?' Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management, 71,* 102642.

Giray, L., Jacob, J., in Gumalin, D. L. (2024). Strengths, weaknesses, opportunities, and threats of using ChatGPT in scientific research. *International Journal of Technology in Education (IJTE), 7*(1), 40–58.

Gökçearslan, Ş., Tosun, C., in Erdemir, Z. G. (2024). Benefits, challenges, and methods of artificial intelligence (AI) chatbots in education: A systematic literature review. *International Journal of Technology in Education (IJTE), 7*(1), 19–39.

Hammoda, B. (2024). ChatGPT for founding teams: An entrepreneurial pedagogical innovation. *International Journal of Technology in Education (IJTE), 7*(1), 154–173.

Harry, A. (2023). Role of AI in education. *Interdiciplinary Journal and Hummanity (INJURITY), 2*(3), 260–268.

Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., in Koedinger, K. R. (2021). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 32*(3), 504–526.

Karaman, M. R., in Goksu, I. (2024). Are lesson plans created by ChatGPT more effective? An experimental study. *International Journal of Technology in Education (IJTE), 7*(1), 107–127.

Keramatfar, A., Rafiee, M., in Amirkhani, H. (2022). Graph Neural Networks: A bibliometrics overview. *Machine Learning with Applications, 10*(4), 100401.

Kim, D., Majdara, A., in Olson, W. (2024). A pilot study inquiring into the impact of ChatGPT on lab report writing in introductory engineering labs. *International Journal of Technology in Education (IJTE), 7*(2), 259–289.

Kohnke, L., Moorhouse, B. L., in Zou, D. (2023). Exploring generative artificial intelligence preparedness among university language instructors: A case study. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 5,* 100156.

Lim, W. M., Gunasekara, A., Pallant, J. L., Pallant, J. I., in Pechenkina, E. (2023). Generative AI and the future of education: Ragnarök or reformation? A paradoxical

perspective from management educators. *International Journal of Management Education, 21*(2), 100790.

Mabuan, R. A. (2024). ChatGPT and ELT: Exploring teachers' voices. *International Journal of Technology in Education, 7*(1), 128–153.

Maghsudi, S., Lan, A., Xu, J., in van Der Schaar, M. (2021). Personalized education in the artificial intelligence era: What to expect next. *IEEE Signal Processing Magazine, 38*(3), 37–50.

Noroozi, O., Alikhani, I., Järvelä, S., Kirschner, P. A., Juuso, I., in Seppänen, T. (2019). Multimodal data to design visual learning analytics for understanding regulation of learning. *Computers in Human Behavior, 100*(2), 298–304.

Noroozi, O., Soleimani, S., Farrokhnia, M., in Banihashem, S. K. (2024). Generative AI in education: Pedagogical, theoretical, and methodological perspectives. *International Journal of Technology in Education, 7*(3), 373–385.

Strzelecki, A., in ElArabawy, S. (2024). Investigation of the moderation effect of gender and study level on the acceptance and use of generative AI by higher education students: Comparative evidence from Poland and Egypt. *British Journal of Educational Technology, 55*(3), 1209–1230.

Tapalova, O., in Zhiyenbayeva, N. (2022). Artificial intelligence in education: AIEd for personalised learning pathways. *Electronic Journal of e-Learning*, *20*(5), 639–653.

Theelen, H., Vreuls, J., in Rutten, J. (2024). Doing research with help from ChatGPT: Promising examples for coding and inter-rater reliability. *International Journal of Technology in Education, 7*(1). https://doi.org/10.46328/ijte.537

Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., in Agyemang, B. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learning Environments*, *10*(1), 15.

Torre-López, J. de la, Ramírez, A., in Romero, J. R. (2023). Artificial intelligence to automate the systematic review of scientific literature. *Computing, 105*(1), 2171–2194.

Yusuf, A., in Tambuwal, I. N. (2018). Integrating educational technology in teaching: Current perceptions and practices in Sokoto State Nigeria. *Arab Journal of Quality in Education, 5*(2), 7–16.

Yusuf, A., Pervin, N., in Román-González, M. (2024). Generative AI and the future of higher education: a threat to academic integrity or reformation? Evidence from multicultural perspectives. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21*(1), 21.

Zhang, C., Schießl, J., Plößl, L., Hofmann, F., in Gläser-Zikuda, M. (2023). Acceptance of artificial intelligence among pre-service teachers: a multigroup analysis. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *20*(1), 49.

Research Trends in the Field of Generative Artificial Intelligence in Education, 2014–2024

In the past decade, the integration of digital technologies and particularly artificial intelligence into education has grown substantially, creating both opportunities and challenges. Generative AI tools such as ChatGPT have enabled personalized learning experiences and the automation of research tasks. However, their use also raises significant ethical and security concerns, including risks of misinformation and copyright violations. Increasing academic interest in this area is evident from numerous international research initiatives exploring the application of generative AI in pedagogy and didactics. This study conducts a bibliometric analysis of research on Generative Artificial Intelligence in Education published between 2014 and 2024. Using data from the Scopus database, 704 relevant articles were analyzed with the VOSviewer software to identify research trends, geographical distribution, key authors, and pedagogical applications of generative AI in education. The findings reveal that the USA, Australia, and China are leading in research output, with four clusters of countries connected by collaborative networks. Notably, authors N. Pervin and A. Yusuf emerged as the most cited in the field. The analysis identified 231 key terms, with ‚teacher,' ‚gpt,' and ‚image' being the most frequently mentioned. Key research areas include the pedagogical, technical, legal-ethical, and organizational aspects of generative AI, with a focus on STEM education, language learning, and creativity enhancement. The study underscores the extensive scope of existing research, maps out collaborative networks, and suggests expanding the analysis to include other databases, such as Web of Science.

Keywords: generative artificial intelligence, education, bibliometrics, research

Raba umetne inteligence pri učenju in poučevanju v obveznem izobraževanju: integrativni pregled literature

Andreja Klančar
Univerza na Primorskem
andreja.klancar@pef.upr.si

Tina Štemberger
Univerza na Primorskem
tina.stemberger@upr.si

Tina Lekan Kraševec
Univerza na Primorskem
tina.lekan@pef.upr.si

Umetna inteligenca (UI) je postala del našega vsakdana, pri čemer se, ko gre za področje vzgoje in izobraževanja, tako v javnosti kot tudi v stroki pojavljajo različni argumenti za in proti njeni rabi v vzgojno-izobraževalni praksi. Prav zato smo želeli preveriti, kaj kažejo doslej opravljene raziskave, in sicer smo iskali odgovora na dve vprašanji: (i) kakšne vrste raziskav o rabi UI v obveznem izobraževanju so bile opravljene doslej ter (ii) kaj kažejo izsledki raziskav o rabi UI v obveznem izobraževanju. V ta namen smo opravili integrativni pregled literature, ki je temeljil na protokolu PRISMA. Iskanje literature je bilo izvedeno v podatkovnih bazah Scopus, Web of Science in ACM Digital Library z uporabo vnaprej določenih vključitvenih ter izključitvenih kriterijev. V končno vsebinsko analizo je bilo vključenih skupno šest prispevkov. Zbrani podatki so bili analizirani z metodo vsebinske analize. Ugotovili smo, da je področje rabe umetne inteligence v obveznem izobraževanju izjemno slabo raziskano. Rezultati obstoječih raziskav nakazujejo, da je treba učencem omogočiti, da aktivno participirajo pri odločitvah o rabi UI pri učenju in poučevanju ter da je učiteljevo razumevanje vloge UI v izobraževanju pomemben dejavnik vključevanja UI. Slednje mora seveda podpirati tudi vodstvo šole, pri čemer se kot trenutno zelo smiselna usmeritev zdi sodelovanje šole z zunanjimi strokovnjaki, ki bi učitelje opolnomočili na tem področju. Analiza pokaže tudi, da so bile raziskave večinoma izpeljane na osnovi kvantitativnega raziskovalnega pristopa, s čimer je smiselno tudi intenzivneje nadaljevati, saj so rezultati teh raziskav ključni tako za (i) oblikovanje izobraževalne politike, ki temelji na empiričnih dokazih, kot tudi (ii) za smiselno implementacijo uporabe UI v neposredni vzgojno-izobraževalni praksi.

Ključne besede: umetna inteligenca, obvezno izobraževanje, izobraževalna politika

CC BY-SA © 2025 Andreja Klančar, Tina Lekan Kraševec in Tina Štemberger
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.8

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.

Uvod

Uporaba umetne inteligence (UI), tudi tehnologij generativne UI, kot je npr. ChatGPT, vpliva in spreminja področje izobraževanja. V izobraževalnem kontekstu se UI uporablja za doseganje različnih ciljev, kot so izboljšanje učne izkušnje učencev, ustvarjanje personaliziranih učnih izkušenj, avtomatizacija administrativnih nalog in, najpogosteje, analiza podatkov, s čimer se pridobijo vpogledi, ki omogočajo informirano in podatkovno podprto načrtovanje podpore učencem, predvsem tistim, pri katerih so tveganja za nižje učne rezultate oz. učni zaostanek, večja. Poučevanje o UI se nanaša tudi na proces izobraževanja posameznikov o razumevanju in uporabi tehnologij UI. Na višjih ravneh izobraževanja, v dodiplomskih in podiplomskih študijskih programih, slednje vključuje poučevanje študentov o osnovnih načelih delovanja UI, programiranju sistemov UI ter načrtovanju in razvoju aplikacij UI (Rizvi idr., 2023). Vendar pa raziskovalci zaradi vse večje prisotnosti UI v različnih vidikih vsakdanjega življenja utemeljeno predlagajo, da bi se izobraževanje o UI uvedlo že v programe obveznega izobraževanja (Aravantinos idr., 2024; Popenici in Kerr, 2017; UNESCO, 2019; Wang idr., 2024). Z zgodnejšim poučevanjem o UI se učence ne le bolje pripravi na prihodnost, v kateri bo UI zagotovo imela pomembno vlogo, ampak se jih tudi spodbuja tudi k etični in odgovorni uporabi UI v kasnejšem življenju.

Številne obstoječe aplikacije UI v izobraževanje se hitro razširjajo in vplivajo tako na procese učenja kot poučevanja (Popenici in Kerr, 2017), pri čemer področje generativnih tehnologij UI prinaša dodatne priložnosti. Razširjena je predvsem raba orodij UI na specifičnih predmetnih področjih, npr. STEM, jeziki itd., učne dejavnosti pa so usmerjene predvsem v sodelovalno učenje z uporabo UI in interakcijo ter projektne pristope (Aravantinos idr., 2024). Tako, denimo, tutor Khanmigo, ki ga ponuja Khan Academy, izkorišča zmogljivosti modela ChatGPT-4 za personalizirano učno podporo in prilagojeno podajanje povratnih informacij na različnih predmetnih področjih, kot so matematika, programiranje in učenje jezikov. Prav tako številni sistemi za upravljanje učenja (angl. *learning management systems* – LMS) vključujejo funkcionalnosti umetne inteligence za podporo učnim dejavnostim, kot so samodejno ustvarjanje učnih vsebin, avtomatizacija administrativnih nalog ter prilagajanje učnega procesa posameznim učencem (Wang idr., 2024). Učitelji na splošno vključevanje UI v poučevanje dojemajo pozitivno, vendar se pri tem soočajo tudi z izzivi (Aghaziarati idr., 2023; Uygun, 2024).

Področje rabe UI v izobraževanju je tudi hitro razvijajoče se raziskovalno področje, kjer so v središču preučevanja: (1) splošna raba UI v izobraževanju (Chassignol idr., 2018; Goksel in Bozkurt, 2019; Guan idr., 2020; Srinivasan,

2022), (2) specifične teme, kot so učna analitika (Charitopoulos idr., 2020), strojno učenje (Luan in Tsai, 2021) idr. ali (3) uporaba UI v izobraževanju na izbranih predmetnih področjih, kot sta npr. matematika (Hwang in Tu, 2021) ali STEM (Xu in Ouyang, 2022). Kljub temu pa le malo raziskav sistematično opredeljuje konceptualno strukturo raziskovalnega področja rabe UI v obveznem izobraževanju in njegove teoretične osnove, kar pa je ključno za razumevanje trenutnega stanja in prihodnjih perspektiv. Poučevanje in učenje UI v obveznem izobraževanju je torej razvijajoče se raziskovalno področje. Integrativni pregled obstoječe literature tako ponuja priložnost za pridobitev vpogleda v raziskovanje, raziskovalnih vrzeli, oblikovanje politik ter razvoj učnih načrtov na področju poučevanja in učenja UI v obveznem izobraževanju.

Teoretični pregled

UI je področje računalništva, ki strojem omogoča izvajanje nalog, ki običajno zahtevajo človeške intelektualne značilnosti, kot so učenje, sklepanje, napovedovanje, odločanje in reševanje problemov (Kok idr., 2002). UI se hitro razvija in postaja ključna tehnologija, ki spreminja način življenja in dela (Cheng in Wang, 2023). Na področju izobraževanja UI spreminja tradicionalne pristope k učenju in poučevanju. V zadnjem desetletju je njen vpliv vse vidnejši tudi v obveznem izobraževanju, kjer se uporablja v inteligentnih tutorskih sistemih, prilagodljivih učnih platformah in različnih aplikacijah, npr. za poučevanje jezikov (Pesek in Krašna, 2022). Prednosti uporabe UI vključujejo izboljšanje učnih metod, omogočanje personaliziranega učenja ter podporo učiteljem pri prilagajanju poučevanja individualnim potrebam učencev. Generativni modeli, kot so ChatGPT, DALL-E in druga orodja, omogočajo ustvarjanje besedil, slik in drugih vsebin, ki lahko učiteljem in učencem pomagajo pri učenju na interaktivnejši način (de la Higuera in Iyer, 2024). Kljub tem možnostim pa vključevanje UI v obvezno izobraževanje prinaša tudi izzive, zlasti zaradi pomanjkanja smernic za njeno smiselno vključitev v učne načrte in izvedbo pouka ter omejenega dostopa učiteljev do ustreznih tehnologij. Medtem ko raziskovalci preučujejo možnosti vključevanja UI v obvezno izobraževanje, so številne vlade, Evropska komisija ter mednarodne organizacije, kot so UNESCO, OECD idr., pripravile vrsto strateških dokumentov in smernic, ki naslavljajo pravne, etične in pedagoške vidike vključevanja UI ter podatkov v izobraževanje (Agencija Evropske unije za temeljne pravice, 2021; Evropska komisija, 2019, 2020a, 2020b, 2022; Uredba (EU) Evropskega parlamenta in Sveta z dne 13. junija 2024 o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci in spremembi uredb ter direktiv (Akt o umetni inteligenci), 2024; OECD, 2024; UNESCO 2019, 2021, 2023a, 2023b).

V Združenih državah Amerike nacionalni dokumenti poudarjajo pomembno vlogo UI v izobraževanju kot enem ključnih področij njene uporabe (Carter idr., 2018; National Science and Technology Council, 2016, 2019). V okviru Nacionalnega akta o UI (2020) so tako vzpostavili tudi finančne mehanizme za podporo razvoja znanj in spretnosti UI med učenci, dijaki ter študenti (National Artificial Intelligence Initiative Act of 2020, 2020). V Veliki Britaniji so leta 2021 izdali Nacionalno strategijo za UI, ki preučuje tudi različne scenarije prihodnjega razvoja UI v izobraževanju. Na Kitajskem so v okviru državnega načrta razvoja UI »A New Generation Artificial Intelligence Development Plan« (2017) začrtali smernice za razvoj in uporabo tehnologij UI. Že v okviru Akcijskega načrta informatizacije izobraževanja 2.0 (Ministry of Education of the People's Republic of China, 2018) je bilo npr. določeno, da morajo srednje šole vsebine, povezane z UI, vključiti v obvezni kurikulum.

Evropska unija je pripravila *regulativni okvir za umetno inteligenco* (Uredba (EU) Evropskega parlamenta in Sveta z dne 13. junija 2024 o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci in spremembi uredb ter direktiv (Akt o umetni inteligenci), 2024), ki je namenjen zagotavljanju varne in etične uporabe UI v Evropi z uvedbo standardov za preglednost, odgovornost in varnost teh tehnologij. Za področje izobraževanja so bile oblikovane *Etične smernice za uporabo umetne inteligence in podatkov pri poučevanju in učenju* (Evropska komisija, 2022), ki učiteljem ponujajo praktične nasvete za smiselno in odgovorno rabo UI pri učenju in poučevanju. Te smernice temeljijo na načelih, ki jih je opredelila Neodvisna strokovna skupina na visoki ravni za umetno inteligenco (Evropska komisija, 2019) v okviru dokumenta *Etične smernice za zaupanja vredno umetno inteligenco*. Dokument poudarja pomembnost človekove avtonomije, preprečevanja škode, pravičnosti in odgovornosti pri razvoju ter uporabi UI. Eden ključnih regulativnih okvirov v Evropski uniji, ki urejajo uporabo UI v izobraževanju, je *Akcijski načrt za digitalno izobraževanje (2021–2027),* ki ga je pripravila Evropska komisija (2020a). Njegov namen je podpreti in pospešiti prilagoditev izobraževalnih sistemov t. i. digitalnemu svetu, s posebnim poudarkom na vključevanju tehnologij UI. Ključni cilji načrta vključujejo tudi izboljšanje digitalne pismenosti učečih se in spodbujanje inovativne uporabe digitalnih tehnologi. Številne evropske države so oblikovale posebne UI-strategije, ki poudarjajo potrebo po digitalni pismenosti, etičnih smernicah in vključevanju UI v učne načrte z namenom, da se učence, dijake in študente pripravi na potrebe trga dela v prihodnosti.

Vendar je vključevanje UI v obvezno izobraževanje, kljub finančni podpori za tovrstni namen, še vedno nižje od pričakovanega. Kot ugotavlja Unesco (2019), se šole soočajo z različnimi izzivi na nacionalni, institucionalni in uči-

teljski ravni. Med ključnimi ovirami izpostavljajo pomanjkanje smernic za vključevanje UI v učne načrte, nezadostno usposobljenost učiteljev za uporabo orodij UI ter pomanjkanje znanj za podporo učencem pri razvoju kompetenc na tem področju. Poleg tega tudi koncept UI v izobraževanju še vedno ni enotno definiran. Wang in Cheng (2021) predlagata trojni pristop, ki vključuje (i) učenje o UI, (ii) učenje z UI in (iii) učenje za UI. (i) Učenje o UI vključuje pridobivanje znanja o tem, kaj je UI, kako deluje in kakšne so njene aplikacije. Cilj je, da učenci razumejo osnovne koncepte UI. Pri (ii) učenju z UI se le-ta uporablja kot orodje za izboljšanje učnega procesa. Slednje lahko vključuje uporabo UI za personalizacijo učenja, avtomatizacijo administrativnih nalog ali uporabo inteligentnih tutorjev, ki pomagajo učečim se pri učenju. (iii) Učenje za UI je usmerjeno v pripravo učencev za prihodnost, kjer bo njihovo delo usmerjeno v delo z UI ali razvoj le-te. Zato učenje za UI vključuje učenje programiranja, podatkovne znanosti in drugih veščin, ki so potrebne za delo z UI. Omenjeni pristop torej poudarja pridobivanje znanja o delovanju UI, uporabo UI kot orodja za izboljšanje učnega procesa ter pripravo učencev na prihodnost, kjer bo UI imela pomembno vlogo.

Za uspešno vključevanje UI v obvezno izobraževanje so torej ključnega pomena razvoj jasnih smernic, sistematično usposabljanje učiteljev ter spodbujanje digitalne pismenosti učencev, ki bo omogočala kritično in odgovorno rabo UI v sodobnem izobraževalnem okolju. Vse navedeno pa mora temeljiti na sistematičnih in kritično opredeljenih raziskovalnih rezultatih.

Namen in cilji raziskave

Namen raziskave je bil integrativni pregled literature na temo rabe umetne inteligence za učenje in poučevanje v obveznem izobraževanju. Natančneje, želeli smo ugotoviti:

(i) kakšne vrste raziskav o rabi UI v obveznem izobraževanju so bile opravljene doslej ter
(ii) kaj kažejo izsledki raziskav o rabi UI v obveznem izobraževanju.

Metode pregleda

Raziskava temelji na integrativnem pregledu literature (Ferbežar in Štemberger, 2023), ki je bil opravljen oktobra 2024. Pri tem so bile uporabljene smernice pregleda (Whittemore in Knafl, 2005), ki vključuje petstopenjski okvir: identifikacijo problema, iskanje literature, vrednotenje kakovosti virov, analizo podatkov ter predstavitev rezultatov. Vključuje lahko tako kvantitativne

in kvalitativne raziskave kot tudi raziskave, ki temeljijo na kombiniranem ali integriranem raziskovalnem pristopu.

Identifikacija gradiv in iskalne strategije

Literaturo smo oktobra 2024 iskali v treh različnih domačih in mednarodnih digitalnih podatkovnih zbirkah. Najprej smo iskanje izvedli preko Digitalnega portala Univerze na Primorskem Digital : UP, ki omogoča dostop do elektronskih podatkovnih zbirk oz. mednarodnih baz podatkov različnih svetovnih založnikov. Izbrali smo si bazi Scopus in Web of Science (WOS). Na podlagi preverjanja različnih iskalnih izrazov smo izbrali najprimernejšega, ki smo ga dodatno preverili v digitalnem knjižničnem katalogu COBISS+. Ločeno iskanje smo izvedli tudi v elektronski bazi ACM Digital Library, kjer se literatura tematsko ujema z našimi raziskovalnimi vprašanji. Pri vseh iskanjih smo uporabili naslednje iskalne pojme in njihove korene: AI, school, teach* ali learn* in primary. Kjer je bilo smiselno, smo uporabili znak za krajšanje besed (*), s katerim smo povečali možnosti iskanja relevantnih zadetkov. Pomagali smo si tudi z Boolovima operaterjema (AND, OR).

Pri iskanju smo, kjer je bilo možno, upoštevali sledeče vključitvene kriterije:

- (i) izvirni znanstveni članek, (ii) besedilo je v celoti dostopno, (iii) besedilo je prosto dostopno, (iv) besedilo je recenzirano, (v) prispevek je bil objavljen med letoma 2022[1] in 2024 (september), (vi) članek je v slovenskem ali angleškem jeziku, (vii) izbrano področje: izobraževanje, (viii) članek se nanaša na obvezno izobraževanje[2].

Izključitveni iskalni kriteriji so bili:

- (i) pregledni članek, strokovni članek, protokol, pismo uredniku, uvodnik, poročilo, povzetek, (ii) besedilo ni v celoti dostopno, (iii) besedilo ni prosto dostopno, (iv) poglavje v monografiji, publikacija konference,

[1] Leto 2022 je bilo izbrano zato, ker predstavlja prelomnico v dostopnosti (orodij) generativne umetne inteligence za množično uporabo. Konec leta 2022 je podjetje OpenAI predstavilo generativni jezikovni model ChatGPT. Ta in drugi tovrstni modeli so sposobni interpretirati pomen uporabnikovega poziva ter nato ustvariti koherenten in kontekstualno relevanten odziv. S tem so se odprle nove možnosti za uporabo orodij UI v aplikacijah, ki zahtevajo napredno obdelavo naravnega jezika. Po uvedbi generativnih modelov UI je zanimanje zanje hitro naraslo, kar je privedlo do njihove široke uporabe v družbi. Zanimanje in raba sta hitro naraščala ter spodbudila razvoj inovativnih pristopov tudi na področju izobraževanja.

[2] Glede na različne izobraževalne sisteme obstajajo različna poimenovanja stopnje šol. Tako, denimo, v Sloveniji obvezno izobraževanje obsega le osnovnošolsko izobraževanje, v drugih državah pa vanj sodi tudi srednješolsko izobraževanje.

(v) prispevek je bil objavljen pred letom 2022, (vi) prispevek je objavljen v drugih jezik (niti slovenščina niti angleščina).

Na podlagi vključitvenih in izključitvenih kriterijev je bilo preko portala Digital : UP identificiranih skupno 49 zadetkov oz. člankov, ki so bili vključeni v nadaljnji pregled po tem, ko smo izločili 30 podvojenih zadetkov. Po izločitvi člankov, kjer povzetki niso bili dostopni, smo v vsebinski pregled uvrstili 11 člankov. Pregled, identifikacija in odločanje o ustreznosti pregledanih virov so prikazani s pomočjo diagrama PRISMA (Page idr., 2021).

Enako iskanje smo naknadno dodatno preverili v spletni vzajemni bazi podatkov COBISS+. Uporabili smo enak iskalni izraz in enake vključitvene ter izključitvene kriterije. Našli smo le dva članka, ki pa vsebinsko nista ustrezala našim kriterijem.

Za zagotovitev celovitega pregleda področja našega raziskovanja smo iskanje z istim iskalnim izrazom izvedli še v digitalni knjižnici ACM, kjer so zbrani članki s področja računalništva in informacijske tehnologije. Vendar pa iskanje v tej zbirki ne omogoča uporabe vključitvenih in izločitvenih kriterijev (uporabili smo lahko zgolj časovni razpon in odprto dostopnost člankov, ne pa tudi ostalih kriterijev), zato teh pri našem pregledu literature nismo upoštevali. S tem smo zagotovili konsistentnost in kakovost pregledovanja virov.

Ocena kakovosti virov in potek analize

Kakovost raziskav je bila v tej fazi ocenjena z orodjem za kritično ocenjevanje raziskav, ki nastanejo bodisi na podlagi kombinirane bodisi na podlagi integrirane metodologije MMA Tool (Whittemore in Knafl, 2005), ki omogoča oceno metodološke kakovosti raziskav v petih kategorijah. Ker pa MMA Tool ne omogoča ocene kakovosti neeksperimentalnih raziskav, so raziskovalke po zgledu na kriterije za ostalih pet kategorij ustrezno oblikovale kriterije za presojo kakovosti neeksperimentalne raziskave. Raziskovalke so oceno opravile ločeno, v primeru neskladij med njihovimi ocenami pa so bila le-ta odpravljena na podlagi razprave.

Kot je razvidno iz slike 1, je bilo v končno analizo vključenih šest prispevkov. V preglednici 1 so prikazani identificirani viri, pri čemer za vsak prispevek opredelimo še vrsto raziskave, na osnovi katere je nastal, državo nastanka, sodelujoče in število sodelujočih v raziskavi, cilje in glavne ugotovitve. Kot je tudi razvidno iz preglednice 1, so cilji raziskav zelo raznovrstni in jih je zato nemogoče primerjati, a so ugotovitve dovolj relevantne za namene pričujoče razprave.

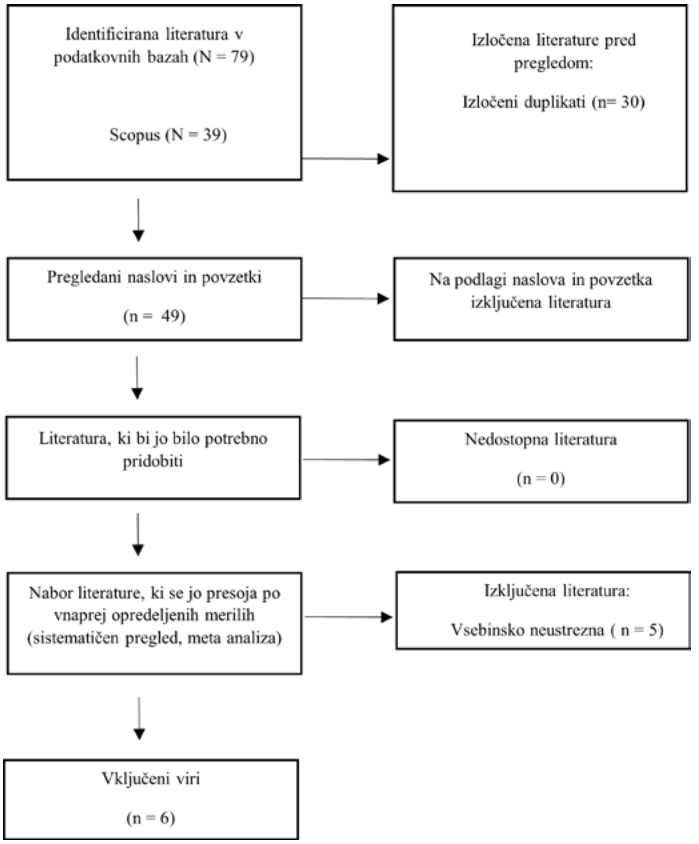
Preglednica 1 Pregled virov

Avtor in leto	Vrsta raziskave	Vključene države	Vzorec (N) – število vključenih raziskav in vzorec (n) – velikost opazovanja	Cilji	Ugotovitve
Yun Dai idr. (2022)	Etnografska raziskava – kvalitativna	Kitajska, Peking	23 osnovnošolskih učiteljev računalništva	Razvoj in implementacija UI-kurikuluma ter merjenje mnenj in odzivov učiteljev	Pomembnost sodelovanja med šolami in zunanjimi strokovnjaki za izboljšanje pedagoških praks učiteljev Učenci predstavljajo pomemben dejavnik pri oblikovanju pedagoških pristopov Potreba po vključevanju učiteljev v oblikovanje izobraževalnih politik, saj imajo ti pomembno vlogo pri implementaciji sprememb učnih načrtov
Kuleto idr. (2022)	Kvantitativna, neeksperimentalna raziskava, pilotna raziskava	Srbija	109 od 152 učiteljev iz OŠ in SŠ, ki so vključeni v zasebno izobraževalno združenje LINK (Educational Alliance)	Oceniti poznavanje UI med učitelji, njeno uporabo v vsakdanjem življenju in odločitve učiteljev za aktivno sodelovanje pri njeni implementaciji Raziskati mnenja in pričakovanja učiteljev o UI kot orodju za podporo pri poučevanju Ugotoviti uporabnost UI v izobraževanju	Učitelji z boljšim razumevanjem potenciala UI v šolah so izrazili pozitivno stališče do njene uporabe v izobraževalnem procesu in so bili pripravljeni sodelovati pri njeni implementaciji UI je prepoznana kot orodje za avtomatizacijo administrativnih procesov/nalog, pripravo individualnih učnih načrtov, pregled domačih nalog, testov ter spremljanje napredka učencev Učitelji z boljšim razumevanjem potenciala UI v šolah lažje prepoznajo možnosti za njeno implementacijo in so v večji meri pripravljeni sodelovati pri njenem razvoju
Saman Rizvi idr. (2023)	Sistematični pregled literature, metoda vsebinske analize	ZDA, Finska, Španija, Nemčija, Turčija, Indija, Kitajska (Hongkong)	28 vključenih raziskav od 8175 člankov iz petih baz podatkov	Preučiti empirične dokaze o učinkovitosti poučevanja in učenja o in z UI v izobraževalnih okoljih od vrtca do srednje šole v obdobju 2019–2022 Analizirati vključevanje učiteljev v oblikovanje in izvajanje intervencij pri pouku ter pr3učiti kontekst učencev (npr. starost, stopnja, predhodno znanje) Preučiti merila uspešnosti učenja, ki se uporabljajo za ocenjevanje intervencij pri učenju o UI Identificirati ključne raziskovalne trende in izpostaviti vrzeli v znanju o tem, kaj učinkovito deluje pri poučevanju umetne inteligence	Pomanjkanje empiričnih raziskav na področju poučevanja in učenja UI Malo raziskav o standardiziranem ocenjevanju za poučevanje in učenje z UI v šolah (od vrtca do srednje šole) Rezultati poučevanja in učenja z UI v šolah (K-12) so lahko tesno povezani z učenčevimi predhodnimi izkušnjami s programiranjem; večina raziskav je ugotovila izboljšanje tako kognitivnih kot afektivnih učnih rezultatov Boljše razumevanje pristopov poučevanja z UI bi prispevalo k prilagojenemu poučevanju in enotnim merilom za ocenjevanje dosežkov pri učenju Predlog, da se na osnovi raziskav oblikujejo ustrezne izobraževalne politike

Nadaljevanje na naslednji strani

Preglednica 1 Nadaljevanje s prejšnje strani

Avtor in leto	Vrsta raziskave	Vključene države	Vzorec (N) – število vključenih raziskav in vzorec (n) – velikost opazovanja	Cilji	Ugotovitve
Park in Kwon (2024)	Akcijska raziskava	Južna Koreja	23 dijakov prvega letnika SŠ (12–13 let)	Razviti učni načrt za brezplačni tečaj/program o UI, ki bo dijakom ponujen kot izbirna tema pri predmetu tehnološko izobraževanje Analizirati učinek tečaja/programa na odnos dijakov do tehnologije (orodje PATT) in njihove kompetence, povezane z umetno inteligenco	Učinkovitost programa v kontekstu kariernega razvoja dijakov Izboljšanje UI-kompetenc dijakov Povečanje zanimanja dijakov za tehnologijo Izboljšanje razumevanja dijakov o družbenih vplivih UI Največji učinki pri izboljšanju sposobnosti reševanja problemov z uporabo UI
Margarida Lucas idr. (2024)	Kvantitativna, neeksperimentalna raziskava	Portugalska	211 učiteljev OŠ in SŠ	Preučiti povezanost med zaupanjem učiteljev v UI, njihovim znanjem o UI in njihovimi digitalnimi kompetencami Analizirati vpliv demografskih spremenljivk na zaupanje v UI Preučiti vlogo znanja o UI kot možnega prediktorja v odnosu med digitalnimi kompetencami in zaupanjem učiteljev v UI	Pomembna povezava med vsemi tremi konstrukti. Višje ravni digitalnih kompetenc (DK) so bile povezane z višjo stopnjo znanja o UI, kar je posledično povečalo zaupanje v UI Znanje o UI je pomemben prediktor zaupanja v UI Učitelji z različnimi stopnjami DK ne kažejo bistvenih razlik v svojem odnosu (angl. attitudes) do UI Demografske spremenljivke niso imele statistično pomembnega vpliva na zaupanje v UI
Cheng in Wang o (2023)	Kvantitativna, neeksperimentalna raziskava	Hongkong	204 ravnateljev in učiteljev na vodstvenih položajih iz 60 OŠ in SŠ	Raziskati vpliv »digitalnega« vodenja (vpeljevanje sprememb in podpora pri digitalizaciji procesov v šoli) na integracijo UI v izobraževanje in na zmanjševanje ovir, ki jih učitelji doživljajo pri implementaciji UI v OŠ in SŠ izobraževanju Preučiti razmerja med notranjimi in zunanjimi ovirami, s katerimi se učitelji srečujejo pri vključevanju UI Oceniti tri pristope k vključevanju UI v izobraževanje: učenje (angl. AIED – *Artificial Intelligence in Education*), učenje o UI (about AI) in učenje z UI (with AI).	»Digitalno« vodstvo ima pomembno vlogo pri lažjem vključevanja UI v izobraževanje, še posebej pri zmanjševanju ovir, ki se pojavljajo na ravni učiteljev Notranje ovire učiteljev (npr. pomanjkanje znanja o UI) negativno vplivajo na vključevanje UI v pedagoški proces Zunanje ovire (npr. pomanjkanje kurikularnih smernic in podpore za profesionalni razvoj) so prav tako pomembni dejavniki, ki vplivajo na učiteljevo zmožnost učenja o UI; učitelji z več zunanjimi ovirami običajno poudarjajo, da primanjkuje jasnih smernic in dokumentov kurikuluma AIED, in menijo, da primanjkujejo jasne usmeritve in podpora za implementacijo UI v izobražeanje



Slika 1 Prikaz identifikacije gradiv

Rezultati in razprava

Glede na vključitvene in izključitvene kriterije je bilo pričakovati, da pričujoči integrativni pregled literature ne bo vseboval velikega števila člankov, sploh zaradi dejstva, da so bili prispevki omejeni z letom 2022 – zanimale so nas namreč raziskave, ki so bile izvedene po pojavu orodij generativne UI (npr. ChatGPT). Kljub temu nas je presenetilo manjše število prispevkov, ki so izpolnjevali kriterije za vključitev v nadaljnjo analizo, teh je bilo le šest. Sledeč ciljem raziskave smo oblikovali dve podpoglavji: prvo se nanaša na vrste raziskav, drugo pa na izsledke o rabi UI za poučevanje in učenje.

Identificirane vrste raziskav o UI v izobraževanju

– Med šestimi v končno analizo vključenimi članki je:
– ena etnografska raziskava (kvalitativna raziskava),

- ena akcijska raziskava (mešane metode),
- ena eksperimentalna raziskava (kvantitativna raziskava),
- tri neeksperimentalne raziskave (kvantitativna raziskava).

Ugotavljamo torej, da so raziskave pretežno, z izjemo sistematičnega pregleda literature, empirične, pri čemer, kot je tudi sicer značilno za pedagoško raziskovanje (Štemberger, 2015), prevladujejo neeksperimentalne raziskave, ki temeljijo na vzorčenju in katerih cilje je posploševanje rezultatov na populacijo. Še vedno pa neizpodbitno ostaja dejstvo pomanjkanja raziskav, kakršne koli vrste, ki bi podprle oblikovanje izobraževalne politike in uresničevanje vzgojno-izobraževalne prakse.

Udeleženci identificiranih raziskav

Članek, ki so ga objavili Saman Rizvi idr. (2023), temelji na sistematičnem pregledu literature, ki sicer ne predvideva udeležencev, saj gre za pregled obstoječih člankov, ki so že naslavljali neko temo, v tem primeru rabo UI za namene učenja in poučevanja. Saman Rizvi idr. (2023) so glede na vključitvene in izključitvene kriterije vključili 28 člankov, ki so nastali med letoma 2019 in 2022, torej gre za članke, ki so nastali pred pojavom/začetkom množične rabe orodij generativne UI.

Kvalitativna etnografska raziskava Yun Dai idr. (2022) je vključila 23 osnovnošolskih učiteljev računalništva, kar je glede na cilje tovrstne raziskave zadovoljivo število udeležencev, saj se etnografska raziskava usmerja v iskanje skupnih vzorcev vedenja, jezika, ravnanj neke skupine ljudi v njenem naravnem okolju v daljšem časovnem obdobju (Creswell, 2014). Slednje pomeni, da so tudi rezultati raziskave relevantni in se jih lahko vključi v morebitno oblikovanje politik ali praks.

Akcijska raziskava Parka in Kwona (2024) je vključila 23 dijakov prvega letnika, starih med 12 in 13 let, torej še vedno v okviru obveznega izobraževanja, kar je korektno število vključenih za namene akcijskega raziskovanja (Mažgon, 2008), za katerega je značilno, da se z namenom izboljšanja nekega stanja usmerja v uvedbo intervencije neposredno v vzgojno-izobraževalno prakso, pri čemer se tudi preverja učinek te intervencije.

Vse ostale raziskave so bile kvantitativne neeksperimentalne in ugotovitve glede vzorčenja navajamo spodaj.

Raziskava Kuleta idr. (2022), ki so jo avtorji opredelili kot pilotno raziskavo, je vključevala vzorec 109 od 152 učiteljev, ki poučujejo v osnovnih in srednjih šolah, vključenih v zasebno izobraževalno združenje LINK (Educational Alliance). Glede na (i) majhnost vzorca in (ii) specifično skupino – udeleženci so

vključeni v mednarodno zasebno alianso – rezultati ne morejo biti posplošeni na celotno populacijo učencev in učiteljev v Srbiji ter tudi ne morejo predstavljati osnove za oblikovanje politik ali umeščanje rabe umetne inteligence v poučevanje in učenje, so pa potencialno uporabni za omenjeno mednarodno alianso.

Neeksperimentalna kvantitativna raziskava Margaride Lucas idr. (2024) je zajela 211 učiteljev osnovne in srednje šole, za katere ni eksplicitno navedeno, na kakšen način so bili vključeni v vzorec (način vzorčenja). Zaradi slednjega in zaradi majhnosti vzorca le-tega ne moremo opredeliti kot reprezentativnega. Tako tudi za to raziskavo ugotavljamo, da njeni izsledki ne predstavljajo ustrezne podlage za morebitno oblikovanje politik ali smernic za vzgojno-izobraževalno prakso.

Raziskava, ki sta jo izpeljala Cheng in Wang (2023), je vključevala 204 ravnateljev in učiteljev na vodstvenih položajih iz 60 različnih osnovnih ter srednjih šol. Vzorčenje je bilo slučajnostno stratificirano, a vendar je bila populacija že v izhodišču oblikovana na način, da so imeli možnost izbora le učitelji, ki so že predhodno sodelovali z raziskovalci v t. i. praksi za skupnost, v okviru katere so si izmenjavali in razvijali pedagoške pristope za implementacijo ciljev kurikula za 21. stoletje. S tega vidika je bil torej vzorec izbran iz specifične skupine, ki se poglobljeneje ukvarja z rabo različnih pedagoških pristopov. Tudi ti rezultati niso primerni kot podlaga za oblikovanje izobraževalnih politik.

Na osnovi predstavljene analize lahko zaključimo, da pravzaprav raziskovalne podlage za oblikovanje izobraževalnih politik in usmerjanje vzgojno-izobraževalne prakse ne obstajajo oz. so izjemno šibke in izgrajene na metodološko neustreznih podlagah. Ugotovljeno stanje je zelo problematično, ker kaže, da nimamo raziskav, ki bi z ustreznimi empirični dokazi ugotavljale vlogo in/ali učinke, pozitivne in/ali negativne, umetne inteligence v obveznem izobraževanju. Slednje pomeni popolnoma stihijsko odločanje o rabi umetne inteligence v izobraževanju, ki je na ta način prepuščeno presoji vsakega posameznega učitelja in postavlja pod vprašaj načelo uresničevanja zagotavljanja enakih možnosti za slehernega učenca.

Izsledki o rabi UI za učenje in poučevanje v obveznem izobraževanju

Raziskave in izobraževalne politike

Yun Dai idr. (2022) ugotavljajo, da je treba v oblikovanje izobraževalnih politik vključiti učitelje, saj imajo ti pomembno vlogo pri implementaciji novosti v vzgojno-izobraževalno prakso. Spremembe izobraževalnih politik pri učiteljih naravno vzbudijo pozornost, saj posegajo v njihovo delo, in smiselno je, da se ne pričakuje, da bodo le sledili navodilom od zgoraj navzdol, pač

pa bodo imeli tudi možnost aktivnega vključevanja v njihovo kreiranje. Ob tem se seveda pojavlja tudi vprašanje t. U. »univerzitetne politike«, se pravi posodabljanja študijskih programov na način, da bodo bodoči učitelji že ob vstopu v poklic pripravljeni na sodobne izzive pouka kot posledice pojava umetne inteligence. Prepogosto se namreč, ko gre za spreminjanje študijskih programov, zazna rigidnost univerz na tem področju. V Sloveniji sicer trenutno v okviru *Načrta za okrevanje in odpornost* (Služba Vlade Republike Slovenije za razvoj in Evropsko kohezijsko politiko, 2021) poteka projekt Prenova pedagoških študijskih programov, katerega cilj je posodobiti učne načrte pedagoških študijskih programov na način, da bodo študenti pridobili digitalne kompetence ter kompetence za trajnosti razvoj.

Saman Rizvi idr. (2023) na osnovi pregleda raziskav predlagajo, da bi se izobraževalne politike oblikujejo na podlagi raziskav. Hkrati se je izkazalo (Rizvi idr., 2023) da raziskav na tem področju praktično ni – manjka zlasti empiričnih. Predvsem izpostavljajo, da bi za ustrezno oblikovanje politik in posledično izobraževalnih praks potrebovali raziskave, ki bi odgovorile na vprašanji, kako najbolje poučevati učence o UI in kaj jih sploh poučevati.
Saman Rizvi idr. (2023) predlagajo, da se opravijo raziskave o:

- učinkovitosti metod učenja in poučevanja z rabo UI,
- zagotavljanju enakih možnosti za učence z in za rabo UI,
- rabi UI za načrtovanje, implementacijo in evalvacijo rabe UI pri pouku,
- kratko- in dolgoročnih učinkih rabe IU v obliki eksperimentalnih raziskav,
- konceptualizaciji in razumevanju pojma UI v izobraževanju med raziskovalci in med učitelji,

druge eksplorativne raziskave, ki bi lahko prispevale k oblikovanju izobraževalnih politik.

Kot smo ugotavljali že zgoraj, raziskav, ki bi z ustreznimi empiričnimi dokazi ugotavljale vlogo in/ali učinke, pozitivne in/ali negativne, UI v izobraževanju, praktično ni. Slednje pomeni, da ni ustreznih podlag niti za oblikovanje izobraževalnih politik niti za podporo vzgojno-izobraževalni praksi.

Učenci

Yun Dai idr. (2022) ugotavljajo, da imajo učenci pomembno vlogo pri oblikovanju pedagoških pristopov v povezavi z razvojem implementacije UI v kurikul. Učitelji naj ob pripravi na pouk upoštevajo interes učencev in njihove značilnosti. Hkrati Park in Kwon (2024) ugotavljata, da lahko orodja UI podprejo

karierni razvoj učencev, izboljšajo njihove kompetence za rabo UI, povečajo zanimanje za tehnologije, razumevanje družbenih vplivov UI in sposobnosti reševanja problemov z rabo UI ter (Rizvi idr., 2023) izboljšajo tako kognitivne kot afektivne učne dosežke.

Saman Rizvi idr. (2023) opozarjajo tudi, da so rezultati učenja in poučevanja v šolah tesno povezani z učenčevimi predhodnimi izkušnjami s programiranjem.

Glede na skromno oz. pomanjkljivo raziskanost izobraževanja UI v povezavi z učenci je izvedba analize onemogočena. Kljub temu pa lahko izpeljemo ugotovitev, da je, kot pri vseh ključnih vprašanjih v vzgojno-izobraževalnem procesu, tudi pri vključevanju UI v izobraževanje pomembno, da kot aktivne udeležence vključimo učence. Pri tem pa je seveda smiselno izhajati iz njihovih potreb in naslavljati njihove individualne značilnosti.

Učitelji

Rezultati raziskave, ki so jo opravili Kuleto idr. (2022), kažejo, da učitelji, ki izkazujejo boljše razumevanje potenciala UI v šolah:

- izražajo pozitiven odnos do njene uporabe v izobraževalnem procesu in so bili pripravljeni sodelovati pri njeni implementaciji ter
- lažje prepoznajo možnosti za njeno implementacijo in so v večji meri pripravljeni sodelovati pri njenem razvoju.

Sorodno temu Saman Rizvi idr. (2023) ugotavljajo, da bi boljše razumevanje pristopov poučevanja UI pri učiteljih prispevalo k prilagojenemu poučevanju in enotnejšim merilom za ocenjevanje učnih rezultatov.

Nadalje Margarida Lucas idr. (2024) ugotavljajo, da so pri učiteljih višje ravni digitalnih kompetenc povezane z višjo stopnjo znanja o UI. Izkaže se tudi, da je znanje o UI pomemben prediktor zaupanja v UI, hkrati pa na zaupanje kontrolirane demografske značilnosti učiteljev nimajo vpliva.

Kuleto idr. (2022) ugotavljajo, da učitelji UI prepoznavajo kot orodje za avtomatizacijo priprave individualnih učnih načrtov, pregledovanje domačih nalog, testov in spremljanje napredka.

Cheng in Wang (2023) so identificirali ovire, ki jih učitelji navajajo za rabo UI v izobraževanju oz. ki negativno vplivajo na vključevanje UI v pedagoški proces. Kot notranjo oviro so navedli pomanjkanje znanja o UI, kot zunanjo pa pomanjkanje kurikularnih smernic.

Yun Dai idr. (2022) izpostavljajo, da je za smiselno integracijo UI v poučevalne prakse učiteljev pomembno tesno sodelovanje med šolami in zunanjimi strokovnjaki.

Učitelji torej kot glavno notranjo oviro navajajo pomanjkanje znanja. Hkrati se ugotavlja, da je prav znanje – torej razumevanje potenciala UI v šolah in pristopov poučevanja UI ter višja stopnja znanja o UI – ključno za zaupanje v UI. Glede na izpostavljen pomen sodelovanja učiteljev različnih šol z zunanjimi strokovnjaki se zdi smiselno, da se učitelje najprej ustrezno usposobi, pri čemer naj vsaj v začetni fazi ključno vlogo pri izobraževanju prevzamejo zunanji strokovnjaki z omenjenega področja.

Vodstvo/vodenje in administracija

Cheng in Wang (2023) ugotavljata, da ima »digitalno« vodstvo pomembno vlogo pri lažjem vključevanju UI v izobraževanje, še posebej pri zmanjševanju ovir, ki se pojavljajo na ravni učiteljev. Kuleto idr. (2022) navajajo, da je UI prepoznana kot orodje za avtomatizacijo administrativnih procesov.

Če naj učitelji sprejmejo in smiselno uporabljajo UI za namene poučevanja, mora biti prvi zgled vodja šole – ravnatelj, ki mora delovati v smislu osmišljene rabe UI za vodenje, predvsem za namene poenostavljanja administrativnih postopkov. Na ta način se tudi razbremeni učitelje, ki se lahko dejansko posvetijo vsebinskim razmislekom o rabi UI pri učenju in poučevanju.

Sklepne ugotovitve

Rezultati pričujoče raziskave kažejo na pomanjkanje raziskovalnih podlag, ki bi podprle argumentirano oblikovanje izobraževalne politike na tem področju ter omogočile sistematično ter smiselno integracijo UI v učenje in poučevanje v obveznem izobraževanju. Ne moremo se izogniti dejstvu, da je raba UI v obveznem izobraževanju realnost, vendar tako raziskovanje področja kot oblikovanje politike na tem področju zaostajata. Kot družba smo zelo rigidni v odzivu na izjemno hitre spremembe, ki bolj ali manj determinirajo šolski vsakdan.

Maloštevilne raziskave pa vendarle kažejo, da ima tudi pri vpeljavi UI v pouk ključno vlogo učitelj. Učitelji, ki razumejo potencial UI v izobraževanju, imajo pozitivnejši odnos do njene rabe in so tudi bolj pripravljeni sodelovati pri njeni implementaciji. Sorodno temu se kaže, da je pomanjkanje znanja učiteljev največja ovira pri vključevanju UI v izobraževanje, hkrati pa učitelji opozarjajo tudi na pomanjkanje izobraževalne politike na tem področju.

Pomemben dejavnik za lažje vključevanje UI v izobraževanje je tudi facilitatorska vloga vodstva, tudi v smislu razbremenjevanja administrativnih nalog. Vodstvo naj učiteljem omogoči usposabljanja, na katerih bodo pridobili potrebna znanja, pri čemer naj sodeluje z zunanjimi strokovnjaki.

Čeprav smo navedli nekaj izsledkov šestih raziskav, opozarjamo, da je treba prvenstveno okrepiti raziskovanje področja vključevanja UI v obvezno izobraževanje. Glede na šibko raziskanost področja se odpirajo številne teme, pri čemer menimo, da bi bilo smiselno najprej raziskati naslednja področja:

- raba UI za načrtovanje, implementacijo in evalvacijo pouka,
- raba UI kot orodja za zagotavljanje enakih možnosti,
- učinki UI v izobraževanju na učni uspeh in socialno-čustveni razvoj učencev.

Literatura

A new generation of artificial intelligence development plan. (2017). *State Council Document,* (35). https://flia.org/notice-state-council-issuing-new-generation-artificial-intelligence-development-plan/

Agencija Evropske unije za temeljne pravice. (2021). *Priročnik o evropskem pravu varstva osebnih podatkov: izdaja iz leta 2018.* Urad za publikacije Evropske unije.

Aghaziarati, A., Nejatifar, S., in Abedi, A. (2023). Artificial intelligence in education: Investigating teacher attitudes. *AI and Tech in Behavioral and Social Sciences, 1*(1), 35–42.

Aravantinos, S., Lavidas, K., Voulgari, I., Papadakis, S., Karalis, T., in Komis, V. (2024). Educational approaches with AI in primary school settings: A systematic review of the literature available in Scopus. *Education Sciences, 14*(7), 744.

Carter, W. A., Kinnucan, E., Elliot, J., Crumpler, W., in Lloyd, K. (2018). *A national machine intelligence Strategy for the United States.* Center for Strategic and International Studies.

Charitopoulos, A., Michos, K., in Karatrantou, A. (2020). Applications of learning analytics in high schools: A systematic literature review. *Frontiers in Artificial Intelligence, 3,* 737891.

Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., in Bilyatdinova, A. (2018). Artificial intelligence trends in education: A narrative overview. *Procedia Computer Science, 136,* 16–24.

Cheng, E. C. K., in Wang, T. (2023). Leading digital transformation and eliminating barriers for teachers to incorporate artificial intelligence in basic education in Hong Kong. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 5*(1), 100171.

Creswell, J. W. (2014) *Research design: Qualitative, quantitative an mixed metdhos approaches.* Sage Publications.

Dai, Y., Liu, A., Qin, J., Guo, Y., Jong, M. S., Chai, C., in Lin, Z. (2022). Collaborative construction of artificial intelligence curriculum in primary schools. *Journal of Engineering Education, 112*(1), 23–42.

Evropska komisija. (2019). *Etične smernice za zaupanja vredno umetno inteligenco.* https://op.europa.eu/sl/publication-detail/-/publication/d3988569-0434-11ea-8c1f-01aa75ed71a1

Evropska komisija. (2020a). *Akcijski načrt za digitalno izobraževanje (2021–2027).* https://education.ec.europa.eu/sl/focus-topics/digital-education/action-plan

Evropska komisija. (2020b). *Evropska strategija za podatke.* https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_sl

Evropska komisija. (2022). *Etične smernice za uporabo umetne inteligence in podatkov pri poučevanju in učenju za izobraževalce.* https://op.europa.eu/sl/publication-detail/-/publication/d81a0d54-5348-11ed-92ed-01aa75ed71a1

Ferbežar, N., in Štemberger, T. (2023). Sistematični pregled literature v kontekstu pedagoškega raziskovanja. *Sodobna pedagogika, 74 = 140*(1), 28–43.

Goksel, N., in Bozkurt, A. (2019). Artificial intelligence in education: Current insights and future perspectives. V S. Sisman-Ugur in G. Kurubacak (ur.), *Handbook of research on learning in the age of transhumanism* (str. 224–236). IGI Global.

Guan, C., Mou, J., in Jiang, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access, 8,* 75264–75278.

Higuera, C. de la, in Iyer, J. (Ur.). (2024). *AI for teachers: An open textbook* (2. izd.). UNESCO.

Hwang, G.-J., in Tu, Y.-F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. *Mathematics, 9*(6), 584.

Kok, J. N., Boers, E. J. W., Kosters, W. A., van der Putten, P., in Poel, M. (2002). Artificial intelligence: definition, trends, techniques, and cases. V *Knowledge for sustainable development: An insight into the Encyclopedia of life support systems* (str. 1095–1107). UNESCO.

Kuleto, V., Ilić, M. P., Bucea-Manea-Ţoniş, R., Ciocodeică, D. F., Mihălcescu, H., in Mindrescu, V. (2022). The attitudes of K-12 schools' teachers in Serbia towards the potential of artificial intelligence. *Sustainability, 14*(14), 8636–8648.

Luan, H., in Tsai, C.-C. (2021). A review of using machine learning approaches for precision education. *Educational Technology and Society, 24*(1), 250–266.

Lucas, M., Zhang, Y., Bem-haja, P., in Vicente, P. N. (2024). The interplay between teachers' trust in artificial intelligence and digital competence. *Education and Information Technologies, 29,* 22991–23010.

Mažgon, J. (2008). *Razvoj akcijskega raziskovanja na temeljnih postavkah kvalitativne metodologije.* Znanstvenoraziskovalni inštitut Filozofske fakultete.

Ministry of Education of the People's Republic of China. (2018). *Education informatisation 2.0 action plan* (v kitajščini). http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425_334188.html

National Artificial Intelligence Initiative Act of 2020, H.R. 6216, 116th Cong. (2020). https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/6216

National Science and Technology Council. (2016). *Preparing for the future of artificial intelligence*.

National Science and Technology Council. (2019). *The national artificial intelligence research and development strategic plan: 2019 update*.

OECD. (2024). *Recommendation of the Council on artificial intelligence*. https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L. , Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*(71). https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Park, W., in Kwon, H. (2024). Implementing artificial intelligence education for middle school technology education in Republic of Korea. *International Journal of Technology and Design Education, 34*(1), 109–135.

Pesek, I., in Krašna, M. (2022). Vloga umetne inteligence v izobraževanju in za izobraževanje. V J. Bregant, B. Aberšek in B. Borstner (ur.), *Sodobne perspektive družbe: umetna inteligenca na stičišču znanosti* (str. 263–285). Univerzitetna založba Univerze v Mariboru.

Popenici, S. A. D., in Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 12*(1), 22.

Rizvi, S., Waite, J., in Sentance, S. (2023). Artificial Intelligence teaching and learning in K-12 from 2019 to 2022: A systematic literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *4*, 100145.

Služba Vlade Republike Slovenije za razvoj in Evropsko kohezijsko politiko. (2021). *Načrt za okrevanje in odpornost*.

Srinivasan, V. (2022). AI and learning: A preferred future. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 3*(1), 100062.

Štemberger, T. (2015). Paradigme v pedagoškem raziskovanju. V T. Grušovnik. (ur.), *Obzorja učenja: vzgojno-izobraževalne perspektive* (str. 131–145). Univerza na Primorskem, Znanstveno-raziskovalno središče, Univerzitetna založba Annales.

UNESCO. (2019). *Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994

UNESCO. (2021). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137.locale=en

UNESCO. (2023a). *ChatGPT and artificial intelligence in higher education: Quick start guide*.

UNESCO. (2023b). *Guidance for generative AI in education and research*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693

Uredba (EU) Evropskega parlamenta in Sveta z dne 13. junija 2024 o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci in spremembi uredb ter direktiv (Akt o umetni inteligenci). (2024). *Uradni list Evropske Unije,* (1689). https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj

Uygun, D. (2024). Teachers' perspectives on artificial intelligence in education. *Advances in Mobile Learning Educational Research, 4*(1), 931–939.

Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., in Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications, 252,* 124167.

Wang, T., in Cheng, E. C. K. (2021). An investigation of barriers to Hong Kong K-12 schools incorporating artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 2*(5), 100031.

Whittemore, R., in Knafl, K. (2005). The integrative review: Updated methodology. *Journal of Advanced Nursing, 52*(5), 546–553.

Xu, W., in Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: A systematic review from 2011 to 2021. *International Journal of STEM Education, 9*(1), 59.

The Use of Artificial Intelligence in Learning and Teaching in Compulsory Education: An Integrative Literature Review

Artificial intelligence (AI) has become a part of our everyday life, and when it comes to education, different arguments for and against its use in educational practice are emerging both in the public and in academia. We therefore wanted to examine what the research conducted so far shows, with two objectives: (i) What types of research on the use of AI in compulsory education have been conducted so far, and (ii) What do the research findings on the use of AI in compulsory education show? To this end, an integrative literature review based on the PRISMA protocol was conducted. The literature search was carried out in the Scopus, Web of Science and ACM Digital Library databases using predefined inclusion and exclusion criteria. A total of 6 papers were included in the final content analysis. The data collected were analysed using the content analysis method. The results show that the use of AI in compulsory education is extremely under-researched. The results of existing research suggest that pupils need to be enabled to actively participate in decisions about the use of AI in learning and teaching, and that teachers' understanding of the role of AI in education is an important factor in the integration of AI. The latter must naturally be supported by the school management, and at the moment it seems a very sensible direction for the school to work with external experts to empower teachers in this area. The analysis also shows that the research has mostly been carried out on the basis of a quantitative research approach, and it makes sense to continue with this approach more intensively, as the results of this research are crucial both for (i) the design of

educational policy based on empirical evidence, and for (ii) the meaningful implementation of the use of AI in direct educational practice.

Keywords: artificial intelligence, compulsory education, education policy

Od tradicionalnega pouka do GUI: pregled sprememb v matematiki in matematičnem izobraževanju

Marina Volk
Univerza na Primorskem
marina.volk@pef.upr.si

Sanela Hudovernik
Univerza na Primorskem
sanela.mesinovic@pef.upr.si

V prispevku obravnavamo razvoj matematike in matematičnega izobraževanja v zadnjem stoletju, s poudarkom na spremembah pedagoških metod, vključevanju digitalnih tehnologij ter vplivu generativne umetne inteligence (GUI). Raziskujemo prehod od tradicionalnega poučevanja, osredotočenega na memorizacijo, k sodobnim pristopom, ki spodbujajo razumevanje, reševanje problemov in interdisciplinarno uporabo matematike. V zadnjih desetih letih so digitalna orodja, interaktivne komunikacijske tehnologije in GUI korenito preoblikovali učni proces matematike. Premik od tradicionalnega k sodobnemu poučevanju je preusmeril učenje z osnovnih računskih veščin na globlje razumevanje matematičnih konceptov in njihove uporabe v različnih znanstvenih kontekstih. GUI, kot je ChatGPT in druga prilagodljiva orodja, omogoča nove načine personaliziranega učenja s takojšnjo povratno informacijo in z interaktivnimi rešitvami problemov, s čimer učenci postajajo samostojnejši, razvijajo digitalne kompetence in prevzemajo proaktivnejšo vlogo pri učenju. Kljub številnim priložnostim vključevanja tehnologije avtorji opozarjajo na etične izzive, potrebo po ustreznem usposabljanju učiteljev in oblikovanju smernic za odgovorno uporabo tehnologij. Poleg tega orodja GUI včasih ponudijo nepravilne ali površne odgovore, kar lahko vodi v napačno razumevanje matematičnih konceptov, če učenci postopke in rezultate brez kritične presoje sprejmejo kot pravilne. Prispevek zaključujemo z ugotovitvijo, da je uspešna integracija GUI ključna za pripravo učencev na kompleksne izzive 21. stoletja, pri čemer vloga učitelja kot mentorja in čustvene opore ostaja nepogrešljiva.

Ključne besede: matematika, učenje in poučevanje, generativna umetna inteligenca, vloga učitelja

CC BY-SA © 2025 Marina Volk in Sanela Hudovernik
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.9

Uvod

Poučevanje matematike se je v zadnjih sto letih močno spremenilo zaradi napredka tehnologije, sprememb pedagoških pristopov in razumevanja razvojnih potreb učencev, predvsem na podlagi Piagetove ideje o tem, kako otroci pridobivajo in uporabljajo znanje (Baker idr., 2010). Spremembe poučevanja

matematike temeljijo tudi na Brunerjevi teoriji učenja ter Gagnejevi taksonomiji znanja (Cotič idr., 2024). Prišlo je do premika od učnih metod, ki temeljijo na pomnjenju, k učnim metodam in pristopom, ki poudarjajo reševanje problemov (Findell, 1996; Tay in Toh, 2023; Cotič idr., 2024), razvoj kritičnega mišljenja in uporabo matematike v realnem kontekstu (Suban, 2022), saj se matematika in matematične spretnosti čedalje bolj dojemajo kot podlaga za učenje drugih šolskih predmetov (Kresal Sterniša in Plevnik, 2012). S poučevanjem matematike bi morali zagotoviti prehod med različnimi izobraževalnimi ravnmi, zato se številni evropski matematični kurikuli zgledujejo po modelu »spiralne razporeditve«, pri katerem se vidiki matematičnih vsebin in konceptov drug drugega dopolnjujejo in učencem omogočajo globlje razumevanje matematike pri prehajanju z ene izobraževalne ravni na naslednje (Kresal Sterniša in Plevnik, 2012).

V preteklosti je bila matematika osredotočena predvsem na aritmetiko in na razvoj osnovnih matematičnih spretnosti, medtem ko sodobna matematika zajema širši spekter tem (npr. geometrijo in merjenje, obdelavo podatkov in verjetnost idr.) (Findell, 1996; Baker, idr. 2010; Acharya, 2015, Van de Walle idr., 2013), prišlo pa je tudi do premika od poučevanja matematike za praktične namene do poučevanja matematike z namenom razvijanja spretnosti in strategij za reševanje problemov (Acharya, 2015; Cotič, idr., 2024). Hkrati pa je zaznati tudi, da je bila aritmetika v začetku 20. stoletja obsežnejša in zahtevnejša, s poudarkom na mehanskem računanju, od sredine 60. let 20. stoletja pa se je trend obrnil k reševanju s sklepanjem, uporabi osnovnega znanja aritmetike za zahtevnejše aritmetične operacije ter reševanju problemov, ki temelji na kompleksnejših strategijah (Baker, idr., 2010). Sodobni pedagoški pristopi poudarjajo učenje, osredotočeno na učence, pri katerem so učenci aktivni udeleženci v učnem procesu (Eisenmann idr., 2022), ter medpredmetno povezovanje matematike z ostalimi predmetnimi področji (Volk, 2019).

V zadnjih desetletjih se v poučevanje matematike vključuje tudi digitalno tehnologijo, ki lahko pozitivno vpliva na dosežke in sodelovanje učencev, zlasti če je združena z učinkovitimi pedagoškimi praksami (Hardman, 2019). Od leta 2023 je veliko pozornosti pritegnila generativna umetna inteligenca (GUI), in sicer zaradi možnosti za spremembo pristopa k poučevanju in učenju matematike.

Razvoj matematike v zadnjih sto letih

V 20. stoletju je matematika doživela revolucionarno preobrazbo, za katero so bile značilne pomembne spremembe v vsebini, metodologiji in izobraževalnih pristopih. Med letoma 1890 in 1930 je prišlo do korenitih sprememb

v temeljni matematiki s poudarkom na natančnosti in razvoju novih metodoloških pristopov. Kljub temu je ta revolucija v primerjavi s podobnimi prelomnicami v naravoslovnih znanostih ostala relativno neopažena (Quinn, 2012). V preteklih obdobjih je bilo matematične entitete treba fizično konstruirati ali izračunati, medtem ko jih je sodobna matematika sposobna zgolj opredeliti kot obstoječe znotraj teoretičnega okvira (Buldt in Schlimm, 2010). Uveljavitev visoke stopnje abstrakcije je matematiko oddaljila od potrebe po konkretnih konstrukcijah matematičnih objektov. Procesi abstrakcije vključujejo izolacijo specifičnih lastnosti matematičnih objektov, kar omogoča širšo uporabo teorij preko rekonstruktivne generalizacije (Harel in Tall, 1991). Ta premik je strokovnjakom omogočil učinkovitejše manipuliranje z abstraktnimi koncepti in prispeval k razvoju splošnejših in robustnejših dokazov, ne da bi bilo potrebno sklicevanje na fizično realizacijo matematičnih objektov.

V prejšnjem stoletju je matematika doživela izjemno rast obstoječih vej in pojav novih matematičnih disciplin, kar je korenito spremenilo njeno naravo in uporabo (Pierpont, 2000; Kjeldsen, 2003). Druga svetovna vojna je močno spodbudila razvoj uporabne matematike, vključno z matematičnim programiranjem, raziskovanjem operacij in s teorijo iger (Kjeldsen, 2003). Poleg tega so se pojavila nova področja, kot so topologija, teorija kaosa in teorija kategorij, ki so področje matematike razširila preko tradicionalnih meja ter omogočila globlje razumevanje kompleksnih sistemov in abstraktnih struktur (Gleick, 1989; Rotman, 2012). Nova področja so omogočila poglobljeno raziskovanje lastnosti, kot so simetrija, red in zveznost, ter pomembno prispevala k napredku tako teoretične kot uporabne matematike (Denbow, 1955).

V 20. stoletju je matematika doživela obdobje introspekcije, kjer je bilo mogoče jasno razlikovati med čisto in uporabno matematiko (Masanja, 2002). Kasneje je prišlo do zbliževanja matematike z drugimi znanstvenimi področji, kar je povzročilo razvoj sodobnega matematičnega jezika in orodij, ki so postala ključna za interdisciplinarne raziskave. Ta razvoj je omogočil razcvet na področjih, kot so mednarodna trgovina, medicinske raziskave in informacijska industrija (Steen, 1989). Matematični jezik je prodrl v sodobne poslovne, medicinske in tehnološke sisteme, kar potrjuje njegovo vlogo kot bistvenega orodja za osebni in družbeni napredek. V 21. stoletju postaja interakcija med matematiko in drugimi disciplinami vse bolj poudarjena, saj matematika ostaja ključni dejavnik inovacij in napredka (Masanja, 2002).

Sodobna matematika se vse bolj razvija kot integrirana disciplina, ki prepleta matematično logiko, abstraktne teorije in računalniške metode, hkrati pa vzpostavlja trdne povezave z drugimi znanstvenimi področji (Moore, 2013; Paulson, 2018; Rich idr., 2019). Ta trend je očiten zlasti v povezavah z zna-

nostmi, kot so fizika ter računalništvo in ekonomija, kjer matematične tehnike postajajo osrednje orodje za analizo in reševanje kompleksnih problemov. Npr., razvoj matematične fizike dokazuje, kako lahko matematična orodja omogočajo globlje razumevanje naravnih pojavov ter prispevajo k oblikovanju novih konceptov v fizikalnih znanostih. Razvoj matematične fizike kaže na zapleteno povezavo med matematiko in naravnimi pojavi. Matematika služi kot glavno orodje za kvantitativno opisovanje in razumevanje narave v različnih znanstvenih disciplinah (Hemmen, 2021). Proces matematizacije zahteva ustrezne temeljne pojme in upoštevanje obsega za učinkovito modeliranje naravnih pojavov (Hemmen, 2021). Vzajemno delovanje med matematiko in fiziko se je razvilo tako, da teoretična fizika zdaj ustvarja nove matematične ideje (Mukhi, 2005). Čeprav se matematika morda zdi abstraktna, je postala temelj sodobne znanosti, kar le-to razlikuje od drugih intelektualnih pristopov k razumevanju sveta (Netz, 2000). Nenehno izpopolnjevanje matematičnih orodij in konceptov še naprej izboljšuje naše razumevanje fizikalnih pojavov in prispeva k oblikovanju novih idej v fizikalnih znanostih.

Proces interdisciplinarne integracije se ne omejuje le na fizikalne vede. Biološke znanosti so v zadnjih desetletjih postale vse kvantitativnejše, pri čemer ima matematika ključno vlogo pri razvoju novih področij, kot so bioinformatika, statistika in matematično modeliranje v ekologiji ter evoluciji (May, 2004; Wei, 2017). Te interdisciplinarne povezave so preoblikovale tradicionalne pristope v biologiji, saj omogočajo natančnejše analize kompleksnih sistemov in pojavov, ki jih sicer ne bi mogli ustrezno obravnavati.

S prihodom računalnikov sta se matematika in njena uporaba revolucionarno spremenila. Matematika je že dolgo temelj intelektualnega prizadevanja, medtem ko je računalništvo kot formalna disciplina relativno mlada. Kljub temu je uporaba računalništva v matematični obravnavi postala skoraj samoumevna, kar poudarja globoke povezave med obema področjema. Računalniška orodja omogočajo simulacije in numerične metode, ki so bile prej nedosegljive. Razširila se je matematična zmogljivost, kar je privedlo do oblikovanja novih vej matematike (Tooke, 2001). Tehnološki premik je privedel do pojava strojno podprtih dokazov in avtomatiziranega dokazovanja izrekov, ki postajajo sestavni del sodobnih matematičnih raziskav (npr. Pantsar, 2024; Stojanović Đurđević idr., 2015). Računalniško podprto sklepanje je spremenilo logično strukturo matematičnega razmišljanja (Devlin, 1997). Poleg tega so vzpon visoko zmogljivega računalništva in velike količine podatkov prinesli nove metodološke izzive v uporabni matematiki (Napoletani idr., 2014). Vse pomembnejša povezava se kaže zlasti med matematiko in algoritmi (Hua in Zhang, 2023). Razvoj matematike in računalništva je zaznamovalo dinamično

medsebojno vplivanje, pri čemer sta obe področji pomembno vplivali ena na drugo (Madhavan, 2005).

Najopazneje je, da se sedaj uporabljata umetna inteligenca (UI) in strojno učenje, ki matematikom pomagata pri odkrivanju vzorcev, oblikovanju domnev in dokazovanju teoremov. Sodelovanje med matematiko in UI je pripeljalo do novih temeljnih rezultatov v čisti matematiki, vključno z odkritji na področju teorije vozlov in kombinatorične invariantnosti simetričnih grup (Davies idr., 2021).

Na podlagi pregleda literature, ki so ga izvedli Rima Hazra idr. (2023), so dodatno poudarjene interakcije med matematiko, fiziko in računalništvom, pri čemer so razkriti vzorci medsebojnega vpliva teh disciplin. Takšna interdisciplinarna naravnanost matematike ne spodbuja le razvoja posameznih področij, temveč tudi krepi sinergije med njimi, kar ima pomembne posledice za razvoj novih teorij, metodologij in aplikacij.

Interdisciplinarno povezovanje matematike z drugimi disciplinami se odraža tudi v izobraževanju. Raziskovalni projekti, ki vključujejo matematiko, biologijo, fiziko in računalništvo, so privedli do razvoja inovativnih predmetov, ki povezujejo več področij – STEM[1] (Caudill idr., 2010), kar poudarja potrebo po povezovanju matematičnih vsebin z drugimi disciplinami ter krepi raziskovalne in analitične sposobnosti učencev.

Vse večja interdisciplinarnost matematike je rezultat tako notranjih potreb same discipline po razširitvi svojih aplikativnih možnosti kot zunanjih pritiskov, povezanih z reševanjem kompleksnih problemov v znanosti in družbi, kar potrjuje pomen nadaljnjega raziskovanja sinergij med matematiko in drugimi disciplinami, s čimer bi okrepili tako teoretične kot aplikativne vidike interdisciplinarnega raziskovanja.

Za sodobno matematiko so torej značilni večja abstrakcija, formalna strogost, interdisciplinarna uporaba, tehnološko povezovanje, razvoj izobraževalnih praks in razvoj novih področij. Te spremembe ne odražajo le napredka v sami matematiki, temveč tudi njen vse večji pomen pri reševanju sodobnih znanstvenih in družbenih izzivov.

Spremembe pri pouku matematike v 20. stoletju

Zgodovina poučevanja matematike je globoko prepletena z razvojem pedagoških teorij. V zadnjem stoletju je matematična vzgoja doživela pomembne spremembe. Sodobni pristopi, ki so pod močnim vplivom konstruktivističnih

[1] STEM je kratica v angleškem jeziku, ki označuje naslednja področja: *science, technology, engineering, mathematics.* Gre za interdisciplinarno povezovanje področja naravoslovja, tehnologije, tehnike ter matematike (Moravec idr., 2022).

teorij, dajejo prednost aktivnemu udejstvovanju učencev pri konstruiranju znanja. To je v nasprotju s prejšnjimi paradigmami, ki so poudarjale pretežno učenje matematičnih dejstev na pamet in obvladovanje postopkovnih veščin (Morgan in Sfard, 2016). Ključno je vključevanje integracije konceptualnega razumevanja, veščin reševanja problemov in sodelovalnega učenja (Solso, 2009). Razvoj poučevanja matematike je neločljivo povezan s spremembami v matematičnem diskurzu. Sodobne prakse se vse bolj odmikajo od tradicionalnih, osredotočenih na postopke, in se usmerjajo k razumevanju in uporabi matematičnega znanja v realnem svetu.

Razvoj didaktike matematike v zadnjih stotih letih odraža spremembe v pedagoških paradigmah, družbenih potrebah in tehnoloških inovacijah. Razdelimo ga lahko v več prepoznavnih obdobij, ki jih zaznamujejo specifični pristopi, cilji in poudarki v učenju ter poučevanju matematike.

Na prelomu iz 19. v 20. stoletje so bili za matematično izobraževanje značilni tradicionalni pedagoški pristopi, ki so se osredotočali na aritmetiko, geometrijo in algebro (Gispert in Schubring, 2011). Matematika je bila predstavljena kot stroga in abstraktna disciplina, ki jo je treba usvojiti preko pravil in postopkov, izobraževalne prakse pa so poudarjale učenje na pamet in stroge pristope z omejenim poudarkom na konceptualnem razumevanju (Crawford idr., 1994; Roy, 2011). Zaradi tega pristopa so učenci pogosto razvili proceduralno znanje, ki ga ni bilo lahko prenesti v nove situacije (Boaler, 1998).

Po drugi svetovni vojni, zlasti v šestdesetih in sedemdesetih, je prišlo do t. i. »nove matematike« (angl. *New Math*), ki je bila posledica potrebe po abstraktnejšem in konceptualnejšem poučevanju kot odzivu na zaskrbljenost, da ameriško izobraževanje po sputniški krizi zaostaja za sovjetskim napredkom (Kilpatrick, 2015). Kurikularna reforma je bila posebej izrazita v zahodnih državah Evrope, kjer so sodobne koncepte, kot so množice, logika in abstraktna algebra, uvajali že v osnovnošolske kurikulume. Njen cilj je bil nadomestiti učenje na pamet s poudarkom na aksiomatičnem (množično-teoretičnem) konceptualiziranju (angl. *axiomatic (set-theoretical) conceptualization*) (Peck, 2014). Zagovorniki gibanja nove matematike so se zavzemali za prikazovanje matematike kot sistema abstraktnih struktur, kritiki pa so trdili, da je matematika predvsem orodje za razumevanje naravnega sveta (Phillips, 2014). Kljub začetni prepoznavnosti je bilo gibanje za novo matematiko kratkotrajno, saj je naletelo na nasprotovanje staršev, učiteljev in nekaterih matematikov (Kilpatrick, 2015; Phillips, 2014).

V drugi polovici 20. stoletja so se zgodile pomembne reforme poučevanja matematike, ki so jih spodbujale spreminjajoče se družbene vrednote in epistemološka pojmovanja matematike (Gispert in Schubring, 2011). Opazen je bil

premik k odprtejšim, projektnejšim učnim pristopom, ki spodbujajo konceptualno razumevanje in prilagodljivo znanje v nasprotju z omejenim proceduralnim znanjem, razvitim s tradicionalnimi metodami (Boaler, 1998).

Konstruktivistične teorije, ki so se po letu 1960 uveljavile pod vplivom del Deweyja, Piageta in Vigotskega ter Glasserja in Brunerja, so pomembno vplivale na matematično izobraževanje od 70. let 20. stoletja naprej (Steffe in Kieren, 1994; Simon, 1995). Konstruktivizem označuje teorije znanja in iz njih izpeljane teorije učenja, ki temeljijo na predpostavki, da je znanje človekov konstrukt (Plut Pregelj, 2004). V tem obdobju so se razvili posamezni pristopi konstruktivizma (kognitivni, radikalni, socialni ...), ki imajo različne poglede na nastajanje znanja, vsi pa se ukvarjajo z vprašanjem, kako voditi učenca do znanja z razumevanjem, in poudarjajo aktivno vlogo učečih se pri konstruiranju znanja (Simon, 1995). Osrednja predpostavka konstruktivistov je bila, da posameznik konstruira svojo realnost na podlagi zaznav, izkušenj, dejanj in z razmišljanjem o teh dejanjih (Steffe in Kieren, 1994, Simon, 1995). Pri prehodu s tradicionalnih metod poučevanja matematike na konstruktivistične metode se poudarja videnje učenja matematike kot smiselne discipline, ki presega zgolj učenje pravil in postopkov. Učenje se razume kot interaktiven proces, ne kot pasivno sprejemanje informacij, medtem ko se poučevanje osredotoča na usmerjanje razvoja znanja, grajenje na že znanem in ne zgolj na posredovanje informacij (Wood idr., 1991; Sumarna in Gunawan, 2022). Ključen je poudarek na praktičnih, aktivnih učnih dejavnostih ki učencem omogočajo, da matematične koncepte spoznavajo s pomočjo konkretnih materialov, digitalne tehnologije, življenjskih primerov in odprtih problemov (Eisenmann idr., 2022). Konstruktivistični pristop poučevanja matematike je na vseh ravneh izobraževanja privedel do učenja, ki spodbuja raziskovanje, reševanje (avtentičnih) problemov in poudarja sodelovalno učenje (Sumarna in Gunawan, 2022).

Uvedba računalnikov in kalkulatorjev v drugi polovici 20. stoletja je pomembno vplivala na matematično izobraževanje ter ponudila nove priložnosti pa tudi izzive (Wiest, 2001). Sredi šestdesetih so se začeli pojavljati programabilni kalkulatorji, ki so omogočili učinkovitejše izvajanje kompleksnih izračunov. Kalkulatorji so hitro postali široko dostopni, kar je povzročilo pomembne spremembe v matematičnem izobraževanju (Waits in Demana, 2000). Zmanjšali so potrebo po dolgotrajnih ročnih izračunih, saj izboljšajo natančnost in hitrost pri računanju (Roberts, 1980; Shockley idr., 1989), ter tako omogočili večji poudarek na konceptualnem razumevanju; tako so se učenci bolj osredotočili na strategije in manj na računanje (Wheatley, 1980). Vendar so se učitelji pogosto soočali z dilemo, kako uravnotežiti uporabo kal-

kulatorjev z ohranjanjem osnovnih računalniških veščin, kot so ročni izračuni in razumevanje algoritmov (Brown idr., 2007).

Pojav zgodnjih računalniških programov, kot je LOGO, je povzročil revolucijo v matematičnem izobraževanju, saj je zagotavljal nov konceptualni okvir za poučevanje (Feurzeig idr., 2011). LOGO, razvit leta 1966, je temeljil na konstruktivističnih teorijah in teorijah UI, da bi zagotovil učinkovito učno okolje (Solomon idr., 2020). Učencem je omogočal raziskovanje matematičnih konceptov s programiranjem, kar je zmanjšalo formalne ovire in spodbujalo intuitivne sposobnosti reševanja problemov (Feurzeig idr., 2011). Raziskave so pokazale, da so mlajši otroci, ki so uporabljali LOGO, pokazali visoko stopnjo pozornosti, sposobnost sodelovalnega reševanja problemov in uporabe matematičnega jezika (Battista in Clements, 1986; Burns in Coon, 1990; Hughes idr., 1985). Učinkovitost programa LOGO pri razvijanju spretnosti reševanja problemov je bila pojasnjena kot posledica njegove usklajenosti z učinkovitimi učnimi procesi, ki poudarjajo konstruktivno in kontekstualno naravo pridobivanja znanja (Decorte, 1992). Z vključevanjem programa v izobraževanje je prišlo do pomembnega premika v pristopih poučevanja in učenja matematike v osnovni šoli, ki se je razširil na različna področja, kot so jezik, glasba in robotika (Solomon idr., 2020).

Računalniki lahko služijo kot močna orodja za zbiranje podatkov, preverjanje domnev in razvijanje matematičnih sposobnosti. Izboljšujejo matematično razumevanje, saj učencem omogočajo eksperimentiranje, gradnjo modelov in sodelovanje pri avtentičnih matematičnih dejavnostih (Cuoco in Goldenberg, 1996; Heid, 1997). Vendar so za njihovo učinkovito uporabo potrebni prestrukturiranje učnih načrtov in prilagoditev učnih metod, da bi izkoristili njihov potencial (Cuoco in Goldenberg, 1996; Kaput in Thompson, 1994; Mundy idr., 2012) ter ustrezna usposabljanja učiteljev, saj številni učitelji nimajo tehnološkega znanja in podpore, potrebne za uporabo novih tehnologij, kar vodi v nezadostno uporabo razpoložljivih virov (Hixon in Buckenmeyer, 2009; Mundy idr., 2012). Catherine Attard (2015) opozori tudi na to, da je eksponentna rast uporabe tehnologije v izobraževalnih institucijah in v učenčevem domačem okolju sčasoma zmanjšala učinek novosti pri poučevanju ter učenju in tako izgubila del začetne vloge motivatorja za učenje.

Učinki digitalne tehnologije na poučevanje in učenje matematike

Vključevanje tehnologije v drugi polovici 20. stoletja je bilo odločilno za preoblikovanje matematičnega izobraževanja. Čeprav je bil v zgodnjih fazah tehnološki razvoj omejen na nekaj osnovnih orodij, kot so kalkulatorji in ra-

čunalniki z osnovno programsko opremo, je odprl vrata nadaljnjemu razvoju. Poudarek na vizualizaciji, algoritmičnem mišljenju in interaktivnem učenju je postavil temelje za sodobne pristope v poučevanju matematike, ki jih danes zaznamujejo napredna programska orodja, UI in digitalne platforme. Sprva so tehnologijo obravnavali kot sredstvo za izboljšanje učenja učencev z orodji, kot sta programiranje in programska oprema za vajo ter ponavljanje. V luči teh sprememb se je raziskovalni fokus mnogih preusmeril od tega, kako lahko računalniki pomagajo pri učenju, v to, kako lahko učitelji uporabijo različne vrste digitalne tehnologije, da bi učencem ponudili dejavnosti, ki bodo izboljšale njihovo matematično učenje. Posledično raziskave poudarjajo ključno vlogo učiteljev pri vplivanju na dosežke učencev ter izpostavljajo potrebo po strokovnem razvoju za učinkovito uporabo tehnologije v učilnicah (Clark-Wilson idr., 2020). S pojavom interneta, razvojem različnih orodij, vključno s sistemi računalniške algebre, programsko opremo za dinamično geometrijo in z dostopnostjo digitalnih platform je tehnologija postala del matematičnega izobraževanja (Haapasalo, 2007; Hudovernik, 2024; Serin, 2023). Virtualne učilnice, simulacije in interaktivne aplikacije učencem omogočajo dostop do matematičnih učnih vsebin, ki jih lahko raziskujejo v svojem tempu in prejmejo prilagojeno povratno informacijo o lastnem napredku (Wei idr., 2024) ter tako zagotavljajo postopno in poglobljeno učenje matematičnih konceptov (Serin, 2023) tudi s prilagajanjem jezika in postopkov (Wei idr., 2024). Učinek digitalnih tehnologij na matematično izobraževanje je predmet zanimanja že desetletja, pri čemer raziskovalci raziskujejo, kako lahko z različnimi orodji izboljšajo matematične sposobnosti učencev in spodbujajo prilagodljive učne izkušnje (Geiger idr., 2012). Računalniško podprto je bilo tudi merjenje znanja pri mednarodni raziskavi TIMSS 2023. S posnemanjem pristnih izkušenj pri reševanju problemov naloge učence spodbujajo k modeliranju matematičnih odnosov in razvijanju rešitev za praktične probleme (Japelj Pavešić idr., 2024). Raziskave kažejo (Hussein idr., 2021), da učenje s pomočjo digitalnih iger (angl. *digital game-based learning*), virtualna učna okolja in digitalna tehnologija na splošno izboljšujejo motivacijo za učenje, učne rezultate ter odnos do matematike, vendar pa je treba poudariti tudi, da se učinkovitost lahko razlikuje glede na izvedbo in kontekst raziskave.

Vključevanje digitalne tehnologije v poučevanje in učenje matematike pomeni možnost spremembe paradigme matematičnega izobraževanja, ki bi lahko postalo bolj usmerjeno v učečega se (Haapasalo, 2007; Eisenmann idr., 2022, Serin, 2023). S tem učenci postanejo samostojnejši in samozavestnejši pri učenju matematike (Serin, 2023), kar prispeva tudi k pozitivnejšemu odnosu do nje. V zadnjih merjenjih raziskave TIMSS se namreč kaže vedno večja

nenaklonjenost učenju matematike, že med učenci 4. razreda, kar je naraščajoč problem v slovenskem izobraževanju (Japelj Pavešić idr., 2024).

Vpliv GUI na pouk matematike

Hiter napredek na področju GUI močno vpliva na izobraževanje, vključno s poučevanjem matematike. Amanda R. Ellis in Emily Slade (2023) poudarjata, da lahko uporaba GUI v izobraževanju prinese podobne spremembe, kot jih je nekoč uvedba kalkulatorjev. Vendar pa se GUI v primerjavi s prejšnjimi tehnologijami, kot so kalkulatorji, sooča z zapletenejšimi izzivi in večplastno naravo vključevanja v izobraževalne procese, zato je potrebno poglobljeno razumevanje njene vloge v izobraževanju (Lodge idr., 2023).

GUI temelji na zmogljivostih procesiranja naravnega jezika, poglobljenega učenja (angl. *deep learning*) ter tehnologij, kot sta virtualna in razširjena resničnost, kar odpira nove možnosti za izboljšanje učnega procesa. Strokovnjaki raziskujejo načine uporabe GUI za učenje in poučevanje, zlasti matematike, da bi pripomogli k spodbujanju razvoja kvantitativnih kompetenc učencev na tem področju (Remoto, 2023). Pri pouku matematike GUI omogoča ustvarjanje interaktivnih in prilagodljivih učnih okolij, ki učence podpirajo pri razumevanju kompleksnih konceptov (Kshetri, 2023). Vendar je praktično testiranje in vrednotenje GUI v formalnem izobraževanju še vedno razmeroma neraziskano, zato je treba orodja še naprej razvijati, optimizirati in prilagajati, da se zagotovi vključujoče, trajnostno in učinkovito izobraževanje, ki koristi učencem, učiteljem in vodjem izobraževanja (Jauhiainen in Guerra, 2023). Uporaba orodij UI, kot je ChatGPT, v izobraževanju ne prinaša zgolj tehničnih izboljšav, temveč lahko vpliva na učenje, poučevanje, ocenjevanje in administracijo (Chiu, 2023).

GUI se vse pogosteje uporablja pri matematičnem izobraževanju (Opesemowo in Adewuyi, 2024), saj deluje kot »mentor« in »matematični spremljevalec«, ki ponuja razlago po korakih in prilagojeno podporo (Inoferio idr., 2024). Spodbuja večjo vključenost učencev pri pouku matematike, saj omogoča podporo z diagnosticiranjem posameznih učnih težav in zagotavljanjem prilagojenega učnega gradiva, ki ustreza različnim ravnem znanja in učnih spretnosti učencev (Hwang in Tu, 2021; Jauhiainen in Guerra, 2023; Remoto, 2023). Sistemi UI lahko analizirajo podatke o učencih, da ustvarijo prilagojene učne izkušnje, zagotovijo vrednotenje v realnem času ter ciljno naravnane povratne informacije (Opesemowo in Adewuyi, 2024). Personalizirane povratne informacije krepijo motivacijo učencev, saj povečujejo njihovo samozavest in zanimanje za matematiko, hkrati pa spodbujajo socialno-čustveno interakcijo (Jauhiainen in Guerra, 2023; Zheng in Tse, 2023). GUI izka-

zuje izboljšanje dosežkov in zavzetosti učencev, hkrati pa odpravlja razlike v izobraževanju (Opesemowo in Adewuyi, 2024). Poleg tega lahko učencem pomaga pri spopadanju z matematično tesnobo in spodbuja samostojno učenje (Inoferio idr., 2024).

Orodja GUI omogočajo razumevanje temeljnih matematičnih konceptov ter se natančno odzivajo na izzive pri reševanju problemov, dokazovanjih in razlaganju, čeprav se občasno pojavijo napake (Remoto, 2023). Sistemi UI lahko namreč reproducirajo pristranskosti ali napačne podatke iz svojih učnih baz (Rowlett, 2024), zato je treba izpostaviti tveganje prevelikega zanašanja na GUI in poudariti potrebo po kritičnem vrednotenju.

Cecilia Ka Yuk Chan in Wenjie Hu (2023) ugotavljata, da študenti visokošolskega izobraževanja na splošno pozitivno ocenjujejo uporabo GUI, saj prepoznavajo njen potencial za personalizirano podporo pri učenju ter pomoč pri raziskovanju in pripravi akademskih besedil, vendar obstajajo pomisleki glede zanesljivosti, zasebnosti, etike in vpliva na njihov osebni razvoj. GUI lahko namreč ustvari besedila in vsebine, ki jih učenci lahko uporabijo brez ustreznega razumevanja ali predstavijo kot lastno delo, kar povečuje tveganje za plagiatorstvo in neetično vedenje. Obstaja tudi tveganje, da se učenci preveč zanašajo na GUI in ne razvijajo lastnega kritičnega mišljenja ter analitičnih veščin. Sistemi UI zbirajo in analizirajo velike količine podatkov, tudi o učencih, kar odpira vprašanja o varnosti in varstvu zasebnosti. Poleg tega učenci iz različnih socialno-ekonomskih okolij nimajo vedno enakega dostopa do napredne tehnologije, kar lahko vodi v digitalni razkorak.

Čeprav GUI ponuja številne prednosti za učence, kot so učinkovite povratne informacije in prilagojene učne izkušnje, je nujno naslavljati omenjene izzive (Chan in Hu, 2023; Farrelly in Baker, 2023; Su in Yang, 2023). Za uspešno vključevanje GUI v izobraževanje bi se morali izobraževalci in oblikovalci politik osredotočiti na razvijanje pismenosti na področju UI, oblikovanje smernic za njeno odgovorno uporabo in zagotavljanje pravične možnosti dostopa do tehnologij UI (Chan in Hu, 2023; Farrelly in Baker, 2023). Zato razumevanje percepcij GUI med učenci predstavlja izhodišče za prilagoditev teh tehnologij tako, da bodo ustrezale njihovim potrebam, zmanjšale pomisleke in izboljšale učne izide (Chan in Hu, 2023).

GUI lahko učiteljem koristi pri različnih nalogah, vključno z načrtovanjem, izvajanjem in ocenjevanjem (Celik idr., 2022; Kshetri, 2023; Opesemowo in Adewuyi, 2024). Omogoča jim, da se osredotočijo na kompleksnejše pedagoške naloge, medtem ko tehnologija avtomatizira rutinske procese, kot so priprava prilagojenega učnega gradiva, podajanje takojšnjih povratnih informacij in točkovanje učenčevih izdelkov (Celik idr., 2022; Cope idr., 2021;

Kshetri, 2023), Tako lahko učitelji učinkoviteje spremljajo napredek učencev, pravočasno posredujejo in ustrezno prilagodijo učne metodo (L. Chen idr., 2020; Lin idr., 2023). Poleg tega ima GUI pomembno vlogo pri profiliranju in napovedovanju učnega napredka, kar učiteljem omogoča natančnejše usmerjanje lastnih pedagoških strategij (Hwang in Tu, 2021). Lu idr. (2024) tudi ugotavljajo, da lahko GUI izboljša profesionalni razvoj učiteljev, okrepi njihovo samoučinkovitost ter sposobnosti mišljenja višjega reda.

Učitelji matematike na splošno pozitivno ocenjujejo UI kot izobraževalno orodje, ki olajša poučevanje, poveča uspešnost učencev in okrepi njihovo motivacijo (Tashtoush idr., 2024). Kljub obetavnim priložnostim pa vključevanje GUI v izobraževanju prinaša tudi izzive. Učitelji pri uvajanju teh tehnologij pogosto vložijo več časa in truda kot pri tradicionalnih učnih metodah (Tashtoush idr., 2024), kar lahko pripišemo pomanjkanju izkušenj in znanja za delo z različnimi orodji GUI. Poleg tega obstajajo pomisleki glede morebitne izgube človeške interakcije in ustvarjalnosti v matematičnem izobraževanju zaradi prevelikega zanašanja na UI (Voskoglou in Salem, 2020).

Za reševanje teh izzivov morajo učitelji učence spodbuditi k uporabi UI kot orodja za analizo, raziskovanje in ustvarjanje, pri čemer krepijo njihove kompetence kritičnega vrednotenja (Steele, 2023). Pomembno je razviti zavest, da orodja GUI niso vedno zanesljiva ali natančna, s čimer učenci pridobijo sposobnosti preverjanja rezultatov, razumevanja tehnoloških omejitev in prepoznavanja etičnih dimenzij uporabe UI v izobraževalnem kontekstu.

Za uspešno vključevanje GUI v matematično izobraževanje je ključno, da učitelji pridobijo ustrezno usposabljanje na tem področju in praktične izkušnje z orodji GUI (Brandão idr., 2024; Kong in Yang, 2024). Prav tako sta nujna prenova metod ocenjevanja ter oblikovanje novih strokovnih kompetenc (Brandão idr., 2024; Chiu, 2023). Dodatno pozornost je treba nameniti etičnim vidikom uporabe UI, vključno z varovanjem zasebnosti podatkov, s preprečevanjem pristranskosti in z zagotavljanjem odgovorne uporabe tehnologije s strani učiteljev (D'Souza idr., 2024; Holmes idr., 2022; Klimova idr., 2023).

Zaključek

Razlike med preteklim in sedanjim poučevanjem matematike so posledica razvoja pedagoških metod, napredka v tehnologiji ter spreminjajočih se potreb po učenju in izobraževanju. V 21. stoletju je pouk matematike doživel izjemen napredek in preobrazbo, pri čemer je poudarek na spodbujanju razumevanja in ne na memoriziranju procedur. Pojavil se je premik h konstruktivističnim pristopom in učenju, osredotočenemu na učence, s poudarkom na izboru nalog, razpravi v razredu in učnem okolju (Prevost, 1996). Strategije reševanja

problemov pri pouku matematike so bile npr. prepoznane kot nujne za razvoj spretnosti 21. stoletja, pri čemer je še posebej učinkovit Polyjev hevristični pristop (Szabo idr., 2020). Delo v skupinah, projekti učencev in analiza realnih podatkov so postali pomembni vidiki na učence osredotočenega poučevanja (Schumacher in Kennedy, 2008). Spremembe v matematičnem izobraževanju odražajo stalna prizadevanja za izboljšanje rezultatov učencev in pripravo na izzive 21. stoletja (Findell, 1996; Boaler, 2000). Cilji teh sprememb so ustvariti matematično pismene državljane, ki so sposobni uporabljati matematično znanje v realnih situacijah (Findell, 1996).

Vključevanje digitalne tehnologije v matematično izobraževanje je bistveno spremenilo metode poučevanja in učenja ter omogočilo personalizirane in prilagodljive učne izkušnje, hkrati pa podpira sodobne pedagoške pristope, ki poudarjajo lastno konstrukcijo znanja, sposobnost reševanja problemov in kritičnega mišljenja.

GUI prinaša številne priložnosti za izboljšanje matematičnega poučevanja in učenja, saj spodbuja personalizirano učenje, učinkovito podajanje povratnih informacij in večjo vključenost učencev. Prav tako učiteljem pomaga pri načrtovanju in izvajanju pouka ter spremljanju napredka in ocenjevanja znanja učencev.

Uporaba GUI v izobraževanju transformira tradicionalno vlogo učitelja v vlogo mentorja in vodje, ki s pomočjo tehnologije učne vsebine prilagaja individualnim potrebam učencev ter spodbuja njihovo samoregulirano učenje. Kljub integraciji GUI učitelj ohranja ključno vlogo kot čustvena in socialna opora učencem, s čimer zagotavlja, da človeški vidiki, kot so empatija, etičnost in socialne interakcije, ostanejo osrednji del učnega procesa (Kong in Yang, 2024).

Za uspešno vključitev GUI v matematično izobraževanje je ključnega pomena celovit pristop, ki vključuje usposabljanje učiteljev, razvoj smernic za odgovorno uporabo tehnologije in oblikovanje metod, ki spodbujajo kritično vrednotenje in analitične veščine učencev. Poleg tega je treba zagotoviti pravične možnosti dostopa do tehnologije za vse učence in obravnavati etične vidike uporabe GUI.

Literatura

Acharya, E. R. (2015). Mathematics hundred years before and now. *History Research, 3*(3), 41–47.

Attard, C. (2015). Introducing iPads into primary mathematics classrooms: Teachers' experiences and pedagogies. V M. Meletiou-Mavrotheris, K. Mavrou in E. Pa-

paristodemou (ur.), *Integrating touch-enabled and mobile devices into contemporary mathematics education* (str. 193–213). IGI Global.

Baker, D., Knipe, H., Collins, J., Leon, J., Cummings, E., Blair, C., in Gamson, D. (2010). One hundred years of elementary school mathematics in the United States: A content analysis and cognitive assessment of textbooks from 1900 to 2000. *Journal for Research in Mathematics Education, 41*(4), 383–423.

Battista, M. T., in Clements, D. H. (1986). The effects of Logo and CAI problem-solving environments on problem-solving abilities and mathematics achievement. *Computers in Human Behavior, 2*(3), 183–193.

Boaler, J. (1998). Open and closed mathematics: Student experiences and understandings. *Journal for Research in Mathematics Education, 29*(1), 41–62.

Boaler, J. (2000). *Multiple perspectives on mathematics teaching and learning.* Ablex.

Brandão, A., Pedro, L., in Zagalo, N. (2024). Teacher professional development for a future with generative artificial intelligence: An integrative literature review. *Digital Education Review, 45,* 151–157.

Brown, E. T., Karp, K., Petrosko, J. M., Jones, J., Beswick, G., Howe, C., in Zwanzig, K. (2007). Crutch or catalyst: Teachers' beliefs and practices regarding calculator use in mathematics instruction. *School Science and Mathematics, 107*(3), 102–116.

Buldt, B., in Schlimm, D. (2010). Loss of vision: How mathematics turned blind while it learned to see more clearly. V B. Löwe in T. Müller (ur.), *PhiMSAMP Philosophy of mathematics: Aspects and mathematical practice* (str. 39–58). College Publications.

Burns, B., in Coon, H. (1990). Logo programming and peer interactions: An analysis of process- and product-oriented collaborations. *Journal of Educational Computing Research, 6*(4), 393–410.

Caudill, L., Hill, A., Hoke, K., in Lipan, O. (2010). Impact of interdisciplinary undergraduate research in mathematics and biology on the development of a new course integrating five STEM disciplines. *CBE Life Sciences Education, 9*(3), 212–216.

Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., in Järvelä, S. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review of research. *TechTrends, 66*(4), 616–630.

Chan, C. K. Y., in Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20*(1), 43–18.

Chen, L., Chen, P., in Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access, 8,* 75264–75278.

Chiu, T. K. F. (2023). The impact of generative AI (GenAI) on practices, policies and research direction in education: A case of ChatGPT and Midjourney. *Interactive Learning Environments, 32*(10), 6187–6203.

Clark-Wilson, A., Robutti, O., in Thomas, M. (2020). Teaching with digital technology. *ZDM Mathematics Education, 52*(3), 1223–1242.

Cope, B., Kalantzis, M., in Searsmith, D. (2021). Artificial intelligence for education: Knowledge and its assessment in AI-enabled learning ecologies. *Educational Philosophy and Theory, 53*(12), 1229–1245.

Cotič, M, Doz, D., Jenko, M., in Žakelj, A. (2024). Mathematics education: What was it, what is it, and what will it be? *International Electronic Journal of Mathematics Education, 19*(3), em0783.

Crawford, K., Gordon, S., Nicholas, J., in Prosser, M. (1994). Conceptions of mathematics and how it is learned: The perspectives of students entering university. *Learning and Instruction, 4*(4), 331–345.

Cuoco, A. A., in Goldenberg, E. P. (1996). A role for technology in mathematics education. *Journal of Education, 178*(2), 15–32.

D'Souza, F. R., Mathew, M., Mishra, V., in Surapaneni, K. M. (2024). Twelve tips for addressing ethical concerns in the implementation of artificial intelligence in medical education. *Medical Education Online, 29*(1), 2330250.

Davies, A., Veličković, P., Buesing, L., Blackwell, S., Zheng, D., Tomašev, N., Tanburn, R., Battaglia, P., Blundell, C., Juhász, A., Lackenby, M., Williamson, G., Hassabis, D., in Kohli, P. (2021). Advancing mathematics by guiding human intuition with AI. *Nature, 600*(7887), 70–74.

Decorte, E. (1992). On the Learning and teaching of problem-solving skills in mathematics and LOGO programming. *Applied Psychology, 41*(4), 317–331.

Denbow, C. (1955). Is mathematics a formal discipline? *Philosophy of Science, 22*(2), 161–164.

Devlin, K. (1997). The logical structure of computer-aided mathematical reasoning. *The American Mathematical Monthly, 104*(7), 632–646.

Eisenmann, P., Novotná, J., in Přibyl, J. (2022). Technological devices in the development of pupils' expertise in the use of selected heuristic strategies. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis*, *14*, 43–79.

Ellis, A. R., in Slade, E. (2023). A new era of learning: Considerations for ChatGPT as a tool to enhance statistics and data science education. *Journal of Statistics and Data Science Education, 31*(2), 128–133.

Farrelly, T., in Baker, N. (2023). Generative artificial intelligence: Implications and considerations for higher education practice. *Education Sciences, 13*(11), 1109.

Feurzeig, W., Papert, S. A., in Lawler, B. (2011). Programming-languages as a conceptual framework for teaching mathematics. *Interactive Learning Environments, 19*(5), 487–501.

Findell, C. (1996). Mathematics education then and now: The need for reform. *Journal of Education, 178*(2), 3–13.

Geiger, V., Forgasz, H., Tan, H., Calder, N., in Hill, J. (2012). Technology in mathematics education. V B. Perry, T. Lowrie, T. Logan, A. MacDonald in J. Greenlees (ur.), *Research in mathematics education in Australasia 2008–2011* (str. 111–141). Sense Publishers.

Gispert, H., in Schubring, G. (2011). Societal, structural, and conceptual changes in mathematics teaching: Reform processes in France and Germany over the Twentieth century and the international dynamics. *Science in Context, 24*(1), 73–106.

Gleick, J. (1989). Chaos: Making a new science. *Long Range Planning, 22*(5), 152.

Haapasalo, L. (2007). Adapting mathematics education to the needs of ICT. *Electronic Journal of Mathematics and Technology, 1*(1), 1–10.

Hardman, J. (2019). Towards a pedagogical model of teaching with ICTs for mathematics attainment in primary school: A review of studies 2008–2018. *Heliyon, 5*(5), e01726.

Harel, G., in Tall, D. (1991). The general, the abstract, and the generic in advanced mathematics. *For the Learning of Mathematics, 11*(1), 38–42.

Hazra, R., Singh, M., Goyal, P., Adhikari, B., in Mukherjee, A. (2023). Modeling interdisciplinary interactions among physics, mathematics and computer science. *Journal of Physic, Complexity, 4*(4), 45001–45011.

Heid, M. K. (1997). The technological revolution and the reform of school mathematics. *American Journal of Education, 106*(1), 5–61.

Hemmen, J. L. (2021). Mathematization of nature: How it is done. *Biological Cybernetics, 115*(6), 655–664.

Hixon, E., in Buckenmeyer, J. (2009). Revisiting technology integration in schools: implications for professional development. *Computers in the Schools, 26*(2), 130–146.

Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., in Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 32*(3), 504–526.

Hua, Z., in Zhang, Y. (2023). Preface to the special issue on 'mathematical methods for computer science'. *Mathematics, 11*(16), 3608.

Hudovernik, S. (2024). Stališča učiteljev do uporabe sodobne tehnologije pri pouku matematike. *Sodobna pedagogika, 75*(2), 51–70.

Hughes, M., Macleod, H., in Potts, C. (1985). Using LOGO with infant school children. *Educational Psychology, 5*(3–4), 287–301.

Hussein, M., Ow, S., Elaish, M., in Jensen, E. (2021). Digital game-based learning in K-12 mathematics education: A systematic literature review. *Education and Information Technologies, 27*(4), 2859–2891.

Hwang, G. J., in Tu, Y. F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. *Mathematics, 9*(6), 584–603.

Inoferio, H. V., Espartero, M. M., Asiri, M. S., Damin, M. D., in Chavez, J. V. (2024). Coping with math anxiety and lack of confidence through AI-assisted Learning. *Environment and Social Psychology, 9*(5). https://doi.org/10.54517/esp.v9i5.2228

Japelj Pavešić, B., Novak, J., in Blaznik, L. (2024). *Znanje matematike in naravoslovja med četrtošolci v Sloveniji in po svetu.* Pedagoški inštitut.

Jauhiainen, J. S., in Guerra, A. G. (2023). Generative AI and ChatGPT in school children's education: Evidence from a school lesson. *Sustainability, 15*(18), 14025–14047.

Kaput, J. J., in Thompson, P. W. (1994). Technology in mathematics education research: The first 25 years in the JRME. *Journal for Research in Mathematics Education, 25*(6), 676–684.

Kjeldsen, T. H. (2003). New mathematical disciplines and research in the wake of world war II. V B. Booß-Bavnbek in J. Høyrup (ur.), *Mathematics and war* (str. 126–152). Birkhäuser Basel.

Klimova, B., Pikhart, M., in Kacetl, J. (2023). Ethical issues of the use of AI-driven mobile apps for education. *Frontiers in Public Health, 10,* 1118116.

Kilpatrick, J. (2015). Curriculum and the cold war. *Science (American Association for the Advancement of Science), 347*(6220), 380–380.

Kong, S.-C., in Yang, Y. (2024). A Human-centered learning and teaching framework using generative artificial intelligence for self-regulated learning development through domain knowledge learning in K-12 settings. *IEEE Transactions on Learning Technologies, 17,* 1562–1573.

Kresal Sterniša, B., in Plevnik, T. (2012). *Matematično izobraževanje v Evropi: skupni izzivi in nacionalne politike.* Ministrstvo za izobraževanje, znanost, kulturo in šport.

Kshetri, N. (2023). The future of education: Generative Artificial intelligence's collaborative role with teachers. *IT Professional, 25*(6), 8–12.

Lin, C.-C., Huang, A. Y. Q., in Lu, O. H. T. (2023). Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: A systematic review. *Smart Learning Environments, 10*(1), 41–22.

Lodge, J. M., Yang, S., Furze, L., in Dawson, P. (2023). It's not like a calculator, so what is the relationship between learners and generative artificial intelligence? *Learning: Research and Practice, 9*(2), 117–124.

Lu, J., Zheng, R., Gong, Z., in Xu, H. (2024). Supporting teachers' professional development with generative AI: The effects on higher order thinking and self-efficacy. *IEEE Transactions on Learning Technologies, 17,* 1267–1277.

Madhavan, C. (2005). Mathematics and computer science: The interplay. *Current Science, 88,* 397–404.

Masanja, V. (2002). Mathematics and other disciplines: The impact of modern mathematics in other disciplines. V I. Vakalis (ur.) *Proceedings of the International conference on the teaching of mathematics* (str. 1–6). Wiley.

May, R. M. (2004). Uses and abuses of mathematics in biology. *Science, 303*(5659), 790–793.

Moore, J. (2013). Model theory and the cardinal numbers $\mathfrak{p}$ and $\mathfrak{t}$. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 110,* 13238–13239.

Moravec, B., Slavič, S., Čampelj, B., in Erčulj, J. (2022). *Reševanje avtentičnih problemov in razvijanje prečnih veščin po konceptu projekta ATS STEM.* Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

Morgan, C., in Sfard, A. (2016). Studying the evolution of school mathematics as a change in discourse. *Research in Mathematics Education, 18*(2), 89–91.

Mukhi, S. (2005). The reciprocal interaction between mathematics and natural law. *Current Science, 88*(3), 366–370.

Mundy, M.-A., Kupczynski, L., in Kee, R. (2012). Teacher's perceptions of technology use in the schools. *SAGE Open, 2*(1). https://doi.org/10.1177/2158244012440813

Napoletani, D., Panza, M., in Struppa, D. C. (2014). Is big data enough? A reflection on the changing role of mathematics in applications. *Notices of the American Mathematical Society, 61*(5), 485–490.

Netz, R. (2000). The origins of mathematical physics: New light on an old question. *Physics Today, 53*(6), 32–37.

Opesemowo, O. A. G., in Adewuyi, H. O. (2024). A systematic review of artificial intelligence in mathematics education: The emergence of 4IR. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 20*(7), em2478.

Pantsar, M. (2024). Theorem proving in artificial neural networks: New frontiers in mathematical AI. *European Journal for Philosophy of Science, 14*(1), 4.

Paulson, L. C. (2018). Computational logic: Its origins and applications. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 474*(2210), 20170872.

Peck, R. W. (2014). Mathematical music theory pedagogy and the 'New Math'. *Journal of Mathematics and Music, 8*(2), 145–150.

Phillips, C. J. (2014). In accordance with a 'more majestic order': The new math and the nature of mathematics at midcentury. *Isis, 105*(3), 540–563.

Pierpont, J. (2000). The history of mathematics in the nineteenth century. *Bulletin of the American Mathematical Society, 37*(1), 9–24.

Plut Pregelj, L. (2004). Konstruktivistične teorije znanja in šolska reforma: učitelj v vlogi učenca. V B. Marentič-Požarnik (ur.), *Konstruktivizem v šoli in izobraževanje učiteljev* (str. 14–41). Center za pedagoško izobraževanje Filozofske fakultete.

Prevost, F. J. (1996). A new way of teaching. *Journal of Education, 178*(1), 49–59.

Quinn, F. (2012). A revolution in mathematics? What really happened a century ago and why it matters today. *Notices of the American Mathematical Society, 59*(1), 31–35.

Remoto, J. P. (2023). ChatGPT and other AIs: Personal relief and limitations among mathematics-oriented learners. *Environment and Social Psychology, 9*(1). https://doi.org/10.54517/esp.v9i1.1911

Rich, K., Spaepen, E., Strickland, C., in Moran, C. (2019). Synergies and differences in mathematical and computational thinking: Implications for integrated instruction. *Interactive Learning Environments, 28,* 272–283.

Roberts, D. M. (1980). The impact of electronic calculators on educational performance. *Review of Educational Research, 50*(1), 71–98.

Rotman, B. (2012). Topology, algebra, diagrams. *Theory, Culture and Society, 29*(4–5), 247–260.

Rowlett, P. (2024). Generative AI and accuracy in the history of mathematics. *British Journal for the History of Mathematics, 39*(1), 64–69.

Roy, R. (2011). *Sources in the development of mathematics: Infinite series and products from the fifteenth to the twenty-first century.* Cambridge University Press.

Schumacher, P., in Kennedy, K. T. (2008). Lessons learned concerning a student centered teaching style by university mathematics professors from secondary school educators. *Education (Chula Vista), 129*(1), 102–110.

Serin, H. (2023). The integration of technological devices in mathematics education: A literature review. *International Journal of Social Sciences and Educational Studies, 10*(3). http://dx.doi.org/10.23918/ijsses.v10i3p54

Shockley, J. S., McGurn, W. C., Gunning, C., Graveley, E., in Tillotson, D. (1989). Effects of calculator use on arithmetic and conceptual skills of nursing students. *Journal of Nursing Education, 28*(9), 402–405.

Simon, A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education, 26*(2), 114–145.

Solomon, C., Harvey, B., Kahn, K., Lieberman, H., Miller, M. L., Minsky, M., Papert, A., in Silverman, B. (2020). History of Logo. *Proceedings of ACM on Programming Languages*, *4*(HOPL), 79.

Solso, D. (2009). *The effect of constructivist and traditional teaching methods on students' mathematical achievement* [Neobjavljena doktorska disertacija]. Evergreen State College.

Steele, J. L. (2023). To GPT or not GPT? Empowering our students to learn with AI. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 5,* 100160.

Steen, L. (1989). Mathematics for a new century. *The Australian Mathematics Teacher, 45,* 19–23.

Steffe, L. P., in Kieren, T. (1994). Radical constructivism and mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education, 25*(6), 711–733.

Stojanović Đurđević, S., Narboux, J., in Janičić, P. (2015). Automated generation of machine verifiable and readable proofs: A case study of Tarski's geometry. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 74*(3–4), 249–269.

Su, J., in Yang, W. (2023). Unlocking the power of ChatGPT: A framework for applying generative AI in education. *ECNU Review of Education, 6*(3), 355–366.

Suban, M. (2022). Kritično mišljenje v projektu NA-MA Poti. V M. Suban in T. Rupnik Vec (ur.), *Kritično mišljenje pri naravoslovju in matematiki: priročnik za strokovne delavce v vrtcih in šolah* (str. 19–33). Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

Sumarna, C., in Gunawan, H. (2022). Foundations of constructivism philosophy in classroom learning. *International Journal of Science and Society, 4*(3), 53–65.

Szabo, Z. K., Körtesi, P., Guncaga, J., Szabo, D., in Neag, R. (2020). Examples of problem-solving strategies in mathematics education supporting the sustainability of 21st-century skills. *Sustainability, 12*(23), 10113.

Tashtoush, M. A., Wardat, Y., Ali, R. A., in Saleh, S. (2024). Artificial intelligence in education: Mathematics teachers' perspectives, practices and challenges. *Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics, 5*(1), 20.

Tay, Y. K., in Toh, T. L. (2023). A model for scaffolding mathematical problem-solving: From theory to practice. *Contemporary Mathematics and Science Education, 4*(2), ep23019.

Tooke, D. J. (2001). Introduction. *Computers in the Schools, 17*(1–2), 1–7.

Van de Walle, J. A., Karp, K. S., in Bay-Williams, J. M. (2013). *Elementary and middle school mathematics: Teaching developmentally* (8. izd.). Pearson.

Volk, M. (2019). *Medpredmetne povezave z matematiko na razredni stopnji.* Založba Univerze na Primorskem.

Voskoglou, M. G., in Salem, A. B. M. (2020). Benefits and limitations of the artificial with respect to the traditional learning of mathematics. *Mathematics, 8*(4), 611–626.

Waits, B., in Demana, F. (2000). Calculators in mathematics teaching and learning: Past, present and future. V M. J. Burke in F. R. Curcio (ur.), *Learning mathematics for a new century: 2000 yearbook* (str. 52–66). National Council of Teachers of Mathematics.

Wei, G.-W. (2017). Mathematics at the eve of a historic transition in biology. *Computational and Mathematical Biophysics, 5*(1), 138–141.

Wei, X., Wortman, A., Heffernan, C., Cheng, L., Heffernan, N., Murphy, A., Zepeda, C., Motz, B., Jankowski, H., in Roschelle, J. (2024). Language and mathematics learning: A comparative study of digital learning platforms. *Digital Promises*. https://doi.org/10.51388/20.500.12265/206

Wheatley, C. L. (1980). Calculator use and problem-solving performance. *Journal for Research in Mathematics Education, 11*(5), 323–334.

Wiest, L. R. (2001). The Role of computers in mathematics teaching and learning. *Computers in the Schools, 17*(1–2), 41–55.

Wood, T., Cobb, P., in Yackel, E. (1991). Change in teaching mathematics: A case study. *American Educational Research Journal, 28*(3), 587–616.

Zheng, W., in Tse, A. W. C. (2023). The impact of generative artificial intelligence-based formative feedback on the mathematical motivation of chinese grade 4 students: A case study. V *2023 IEEE International conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)* (str. 1–8). Institute of Electrical and Electronics Engineers.

From Traditional Teaching to GEN-AI: A Rewview of Changes in Mathematics and Mathematics Education

In this paper, we examine the evolution of mathematics and mathematics education over the last century, focussing on changes in pedagogical methods, the integration of digital technologies and the impact of generative artificial intelligence (GEN-AI). We examine the transition from traditional, memorisation-based teaching to modern approaches that promote understanding, problem-solving and the interdisciplinary use of mathematics. In the last ten years, digital tools, interactive communication technologies, and GEN-AI have radically changed the learning process in mathematics. The transition from traditional to modern teaching has shifted learning from basic computational skills to a deeper understanding of mathematical concepts and their application in different scientific contexts. GEN-AI, such as ChatGPT and other adaptive tools, enable new ways of personalised learning with instant feedback and interactive problem solving, allowing learners to become more independent, develop digital literacy, and take a more proactive role in their learning. Despite the many opportunities to integrate technology, the authors point to ethical challenges, the need for appropriate teacher training and the development of guidelines for the responsible use of technology. In addition, GEN-AI tools sometimes provide incorrect or sloppy answers, which can lead to a misunderstanding of mathematical concepts if learners accept the procedures and results as correct without critical reflection. We conclude the paper by stating that successful GEN-AI integration is crucial to prepare learners for the complex challenges of the 21st century and that the role of the teacher as a mentor and as emotional support remains indispensable.

Keywords: mathematics, learning and teaching, generative artificial intelligence, the role of the teacher

Učinkovitost generativne umetne inteligence za personalizirano učenje matematike

Alenka Lipovec
Univerza v Mariboru
alenka.lipovec@um.si

Barbara Arcet
Univerza v Mariboru
barbara.arcet1@um.si

Generativna umetna inteligenca (GUI) postaja nepogrešljivo orodje v izobraževanju tudi pri pouku matematike, saj omogoča prilagoditev nalog znanju posameznih učencev, s čimer spodbuja personalizirano učenje in izboljšuje učne dosežke. Med dodatnimi zaznanimi prednostmi so izboljšanje besedišča, povečanje radovednosti, okrepljene sposobnosti povezovanja, izboljšana sposobnost reformulacije vprašanj ter poglobljeno kritično vrednotenje odgovorov. Kljub temu naloge, ki jih ustvarja umetna inteligenca, pogosto ne odražajo kulturnih ali osebnih značilnosti učencev, kar lahko omejuje njihovo avtentičnost. Raziskave kažejo, da je GUI še posebej koristna za učence z nižjim predznanjem, saj jim omogoča hitrejše napredovanje, pri čemer je njena največja vrednost dosežena ob aktivni podpori učiteljev, ki usmerjajo delo in vrednotijo rezultate – pristop, znan kot hibridno tutorstvo. V šolskem okolju lahko GUI deluje v različnih vlogah – kot učenec, učitelj, mentor ali sošolec. Ključno za njeno uspešno uporabo je skrbno oblikovanje pozivov, ki naj bodo jasni, specifični, kontekstualizirani in prilagodljivi. Med učinkovitimi strategijami so »veriga misli«, ki spodbuja postopno in poglobljeno reševanje problemov, »negativni pozivi« za preprečevanje napak ter »metapozivi«, ki učence usmerjajo k refleksiji in h kritičnemu razmišljanju. Čeprav se članek osredotoča na uporabo pri pouku matematike, so njegove ugotovitve prenosljive na druge predmete ter širši izobraževalni proces.

Ključne besede: generativna umetna inteligenca (GUI), poučevanje matematike, oblikovanje pozivov, personalizirano učenje, učenje matematike

CC BY-SA © 2025 Alenka Lipovec in Barbara Arcet
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.10

Uvod

Generativna umetna inteligenca (GUI) se nanaša na algoritme, ki so sposobni ustvarjati nove, sintetične podatke, podobne resničnim podatkom, kot so besedila, slike, zvok in videi. V izobraževanju se GUI večinoma uporablja za ustvarjanje učnega gradiva in pripravo ocenjevalnih nalog (Zhang idr., 2024) s pomočjo velikih jezikovnih modelov (angl. *large language models* – LLM), npr. GPT, PaLM, Claude, ki podpirajo klepetalne asistente, npr. ChatGPT, Mi-

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.

crosoft Copilot, Gemini. Jauhiainen in Garagorry Guerra (2024) sta v pregledni raziskavi, ki je zajela raziskave do marca 2023, ugotovila, da so se empirične raziskave večinoma osredotočale na visokošolsko izobraževanje. Izmed raziskav, ki jih ta pregledna raziskava ni zajela in podajajo obetavne rezultate na osnovnošolski ravni, navedemo le dve. Enkelejda Kasneci idr. (2023) poročajo, da sta se izboljšala besedišče in kritično mišljenje učencev, ki so uporabljali orodja GUI. Rania Abdelghani idr. (2024) pa poročajo o večji radovednosti in boljšem povezovanju tem pri 9–10-letnikih, ki so uporabljali orodja GUI.

V poročilu IEA ICILS 2023 (Klemenčič Mirazchiyski, 2024) ravnatelji navajajo, da GUI učiteljem olajša pripravo gradiv, načrtovanje pouka, prilagajanje programov, podajanje povratnih informacij in ocenjevanje. Slabosti, ki so jih navajali ravnatelji, vključujejo težave z avtorstvom, uporabo neustreznih virov in poslabšanjem profesionalnega položaja zaradi omejitev orodij. Prav tako so ravnatelji mnenja, da lahko učenci postanejo odvisni od orodij, prejmejo napačne ali pristranske informacije in oddajajo neavtentične izdelke. Največja odstopanja Slovenije se nanašajo na delež učencev, za katere ravnatelji poročajo, da jim bodo orodja GUI pomagala. V Sloveniji tako ravnatelji le za 32 % učencev menijo, da bodo orodja pripomogla k večjemu zanimanju za učenje, medtem ko je mednarodn£o povprečje 63 %. Še večje odstopanje je pri deležu učencev, za katere ravnatelji poročajo, da jim bodo orodja izboljšala učenje – v Sloveniji znaša ta delež zgolj 19 %, medtem ko je mednarodno povprečje precej višje, in sicer 54 % (Klemenčič Mirazchiyski, 2024, str. 124).

Generativna umetna inteligenca pri pouku matematike

Rane (2023) navaja glavne namene GUI v matematičnem izobraževanju, od katerih izpostavljamo: (a) interaktivno učenje in reševanje problemov, kjer GUI deluje kot osebni tutor, ki učence vodi skozi korake reševanja matematičnih problemov; (b) vizualne ponazoritve oz. upodobitve, kjer GUI z opisovanjem in s pojasnjevanjem kompleksnih matematičnih tem (npr. geometrijskih oblik) pomaga izboljšati razumevanje abstraktnih konceptov; (c) prilagojeno oz. personalizirano učenje, saj se GUI prilagaja individualnim učnim potrebam učencev in nudi prilagojene naloge ter rešitve, kar omogoča napredovanje po lastnem tempu; (d) razvijanje matematične ustvarjalnosti in kritičnega mišljenja s postavljanjem izzivov ter odprtih problemov. Pomen GUI v poučevanju in učenju matematike se kaže predvsem v zmožnosti orodij GUI za avtomatizirano prilagajanja nalog glede na raven znanja posameznega učenca. To omogoča personalizirano učenje, ki lahko vodi do izboljšanja učnih dosežkov.

Empirične raziskave o učinkovitosti generativne umetne inteligence pri pouku matematike

V nadaljevanju najprej predstavljamo nekatere raziskave z osnovnošolci ali s srednješolci, nato raziskave s študenti in na koncu še raziskave o zmožnostih modelov GUI. Raziskave se dotikajo različnih vidikov, tako uspeha/dosežkov kot motivacije oz. odnosa ob uporabi orodij GUI.

Sancenon idr. (2022) so v Singapurju preučevali napredek v znanju pri 660 osnovnošolcih in srednješolcih na področju matematike, naravoslovja in tujega jezika. Platforma, ki so jo učenci uporabljali, je z analitiko učenja in s priporočilnim sistemom omogočala prilagoditev zahtevnosti nalog potrebam posameznega učenca. Raziskava je dokumentirala klasično eksponentno učno krivuljo, kjer se na začetku izboljšave dogajajo hitro, nato pa se proces upočasni in za nadaljnji napredek zahteva več truda. Theodora Beauchamp and Candace Walkington (2024) poročata o osnovnošolcih, ki so z uporabo GUI oblikovali in reševali personalizirane matematične probleme. Raziskava nakazuje na učinkovitost in ustreznost tega pristopa, vendar opozarja, da nalogam primanjkuje globlje avtentičnosti, saj niso odražale kulturnih ali osebnih izkušenj učencev.

Danielle R. Thomas, Jionghao Lin idr. (2024) so preučevali učinek hibridnega tutorstva z uporabo umetne inteligence (UI) in človeških tutorjev na uspešnost učencev pri matematiki (starost učencev: 12–13 let, N = 585). Učenci, ki so se učili s hibridnim tutorstvom, ki združuje poučevanje učiteljev in uporabo orodij GUI, so dosegli boljše rezultate kot kontrolna skupina, ki je uporabljala zgolj matematično programsko opremo brez orodij UI. Učenci z nižjo začetno stopnjo znanja so imeli največ koristi od hibridnega tutorstva, saj so hitreje dosegali napredek. Na drugi strani so učenci, ki so že dosegali raven svojega razreda, od hibridnega tutorstva pridobili nekoliko manj, pri čemer so včasih pokazali počasnejše napredovanje. Danielle R. Thomas, Erin Gatz idr. (2024) so v nadaljevanju posebno pozornost namenili rezultatom učencev s primanjkljaji. Vzorec je zajemal 1.095 učencev, od tega jih je bilo 18 % s posebnimi potrebami. Učenci so bili stari med 11 in 14 let. Ugotovitve kažejo, da ima hibridno tutorstvo, ki združuje človeške tutorje in GUI, pozitivne učinke na matematične dosežke pri vseh učencih, vključno z učenci s posebnimi potrebami. Poleg tega se je pri hibridnem tutorstvu pokazal znatno večji napredek med predhodnimi in končnimi ocenami za vse učence, vključno s tistimi s posebnimi potrebami. Pri slednjih je bil relativni napredek višji in statistično vsaj enak napredku učencev kontrolne skupine, ki je pri pouku matematike uporabljala zgolj matematično programsko opremo brez UI.

Einarsson idr. (2024) poročajo o mešanih rezultatih pri uporabi GUI za prilagajanje matematičnih problemov s področja verjetnosti in statistike različnim študijskim področjem na fakultetni ravni, kot so biologija, ekonomija, pravo in inženirstvo. Prilagoditve je ocenjevalo 23 strokovnjakov, ki ugotavljajo, da je imelo približno tri četrtine preoblikovanih nalog dodano izobraževalno vrednost v primerjavi z osnovno nalogo. Po drugi strani pa so strokovnjaki ugotovili tudi, da je le nekoliko več kot polovica prilagojenih nalog predstavljala scenarij iz resničnega sveta. Dodatna anketa, izvedena med 44 študenti računalništva, je razkrila raznolik spekter preferenc med izvirnimi in preoblikovanimi nalogami; študenti so sicer včasih bolje ocenili karierno-personalizirane matematične naloge, ki jih je ustvarila GUI, vendar so izrazili zaskrbljenost glede dodajanja daljših kontekstualnih podrobnosti k nalogam (Einarsson idr., 2024).

Nataliya Hristova Pavlova (2024) je preučevala uporabo obrnjenega dialoškega učenja ob uporabi ChatGPT pri usposabljanju bodočih učiteljev matematike in informatike. Sledila je načelom obrnjenega učenja in dialoškega učenja. Obrnjeno dialoško učenje združuje prenos informacij iz učilnice v predhodno delo učečih se, značilno za obrnjeno učenje (Abeysekera in Dawson, 2015), z aktivnim dialogom, ki je značilen za dialoški pristop (Hattie idr., 2016). Raziskava je vključevala 21 študentov, bodočih učiteljev matematike, informatike in informacijske tehnologije. Najprej so študentom predstavili primere, kjer je sistem GUI naredil napake ali ponudil rešitve, ki so bile nejasne. Sledila sta kritična analiza teh rešitev ter usmerjanje študentov k reformulaciji vprašanj, da bi pridobili pravilne in uporabniku prijazne odgovore. Na koncu so študente spodbudili, da sami poiščejo podobne primere. Izkazalo se je, da študentje težko ustvarijo primere, kjer GUI naredi napake, vendar je delo s ChatGPT vseeno pripomoglo k razvoju njihovih sposobnosti reformulacije vprašanj in kritičnega vrednotenja odgovorov. Rezultati so dodatno pokazali razlike med študenti informatike in matematike. Vsi bodoči učitelji informatike so pred raziskavo namreč poznali to orodje, medtem ko ga je poznal le en študent matematike.

Daher in Gierdien (2024) sta v kontekstu reševanja nalog s kvadratno enačbo poročala, da je imel ChatGPT-4 težave z reševanjem nalog, ki govorijo o obstoju rešitve enačbe, je pa lepo vključeval logične povezovalce, kot sta »torej« in »ker«, ter časovne označevalce, kot sta »zdaj« in »nato«. Zhang idr. (2024) so se osredotočali na uporabo GUI, predhodno usposobljene na avtentičnih podatkih o matematičnih dialogih učencev. Preučevali so vpliv velikosti podatkovnih nizov za fino prilagajanje in predhodno usposabljanje na naloge obdelave naravnega jezika (angl. *natural language processing* – NLP)

v matematičnem kontekstu. Glavne ugotovitve raziskave so, da večji podatkovni nizi prispevajo k izboljšanju rezultatov LLM v različnih nalogah, kot sta klasifikacija in generiranje besedil. Modeli, ki so bili predhodno usposobljeni, so se izkazali za boljše od tistih, ki niso bili predhodno usposobljeni, zlasti pri generiranju naravnejšega in razumljivejšega jezika za matematične naloge. Poudarjena je tudi pomembnost uporabe avtentičnih matematičnih podatkov, saj modelom omogočajo boljše razumevanje konceptov in generiranje besedil, ki so učencem dostopnejša in razumljivejša.

Vloge generativne umetne inteligence pri pouku matematike

Ethan Mollick in Lilach Mollick (2023) predstavita več vlog GUI v izobraževanju in njen potencial pri poučevanju ter učenju matematike. Podrobneje predstavita različne vloge, v katere lahko učenec (ali učitelj) postavi GUI. Vsaka od teh vlog prinaša specifične pedagoške koristi in tveganja, ki jih morajo učitelji upoštevati pri vključevanju GUI v pouk. GUI lahko učni proces podpira v vlogi mentorja (omogoča pogoste povratne informacije učencem), tutorja (nudi neposredno poučevanje s prilagojenimi razlagami), trenerja (spodbuja metakognitivno razmišljanje), sošolca (spodbuja sodelovalno učenje s tem, da ponuja alternativne poglede in izboljšuje timsko delo), orodja (pomaga pri opravljanju več nalog v enakem časovnem okviru), simulatorja (ustvari priložnosti za vajo in uporabno znanje) ali v vlogi »učenca«. V tej vlogi GUI z začetnim pozivom, ki ga običajno napiše učitelj, usmerimo k temu, da se vede kot učenec. Učenci pa nastopijo kot učitelji – razlagajo, postavljajo vprašanja in preverjajo odzive GUI, s čimer preverjajo in poglabljajo lastno znanje. Primer začetnega poziva je naveden spodaj, v oklepaju so zapisane nekatere lastnosti poziva, ki jih podrobneje opišemo v naslednjem podpoglavju.

Kot učenec si radoveden in odprt za nova matematična znanja ter pripravljen raziskovati novo temo (JEDRNATOST/CILJ IN NAMEN). Tvoja vloga je, da se vključiš v interakcijo z inštruktorjem, ki je strokovnjak na svojem področju (VLOGA/OSREDOTOČENOST). Začni s tem, da vljudno prosiš inštruktorja, naj izbere temo, nad katero je navdušen in jo je pripravljen obravnavati. Prosi ga tudi, da deli svojo starost in prejšnje znanje (KONTEKST). Svoja vprašanja in odgovore prilagodi glede na zahtevnost razlag, ki jih nudi inštruktor (PRILAGODLJIVOST/PORAVNAVANJE/POGOJI). Ne postavljaj več vprašanj hkrati (NEGATIVNI POZIV). Začni z enim jasnim vprašanjem naenkrat, da zagotoviš osredotočeno razpravo. Začni z vprašanji o definicijah. Spodbudi inštruktorja, naj uporablja primere za ponazoritev pojmov (SPECIFIČNOST). Če primeri niso jasni, postavi dodatna ciljana vprašanja, da pomagaš inštruktorju podati jasnejšo razlago (VERIGA MISLI). Na primer, če inštruktor poda definicijo ali

razlago, ga prosi, da pojasni nejasne točke ali razširi informacije. Če odgovor ni natančen, vljudno prosi za dodatne podrobnosti ali ponudi svojo reformulacijo njihove razlage za potrditev (POGOJI). Prispevaj svoje primere in nato takoj povprašaj, ali so točni in primerni za obravnavano temo. Če je v tvojih ali inštruktorjevih primerih napaka ali nesporazum, prijazno prosi za popravke in poudari svojo željo po učenju pravilnih informacij (NATANČNOST). Vedno izrazi hvaležnost za inštruktorjev trud in pohvali njegovo sposobnost, da ti pomaga pri učenju, to spodbuja pozitivno in vzpodbudno učno okolje (PRIČAKOVAN REZULTAT). [Mollick in Molick, 2023, str. 34]

Oblikovanje pozivov generativni umetni inteligenci

Pri interakciji z LLM je ključna veščina oblikovanja natančnih in strukturiranih pozivov (angl. *prompt engineering*), ki optimizira kakovost odgovorov UI, kar pripomore k personalizaciji učenja matematike (Beauchamp in Walkington, 2024).). Knoth idr. (2024) ugotavljajo, da so veščine oblikovanja pozivov ključne za doseganje kakovostnih odgovorov LLM. Pozivi morajo biti natančni, specifični in jedrnati, saj GUI le tako pravilno razume, kaj se pričakuje. Bronwyn Eager in Ryan Brunton (2023) navedeta šest ključnih komponent, ki jih morajo vsebovati pozivi za učinkovito uporabo GUI pri poučevanju in učenju, in sicer: glagol, osredotočenost, kontekst, pogoji, poravnavanje in omejitve. Glagol označuje konkretno dejanje, ki ga mora GUI izvesti, npr. »Napiši primer polinoma tretje stopnje, ki ima natanko eno realno ničlo, ki jo bom ob svojem predznanju znal poiskati« ali »Analiziraj podatke in podaj mere srednje vrednosti, ki jih že poznam«. Osredotočenost pojasni, kaj je želeni cilj omenjenega dejanja, kot npr.: »Rešitev naloge, ki ustreza mojemu predznanju, napiši kot interval«. Kontekst določi obseg naloge, npr.: »Ob rešitvi naloge pojasni korake reševanja na takšen način, da bom vse korake razumel«. Navedba pogojev natančneje pojasni, kakšna naj bo ustvarjena vsebina, ter usmeri pozornost na ključne vidike, npr.: »Prilagodi nalogo tako, da bo vključevala več računskih operacij«. Poravnavanje zagotovi, da se generirana vsebina ujema s cilji, npr.: »Postopki reševanja naj bodo razumljivi sedmošolcu«. Dodatno so pomembni omejitve ali pogoji, ki jih mora GUI upoštevati, kot npr.: »Naloga naj vsebuje le računanje s celimi števili«.

Alenka Žerovnik in Matej Zapušek (2024) podobno izpostavita, da je pisanje pozivov spretnost, ki jo je mogoče izpopolniti, pri tem pa je ključno upoštevati načela jasnosti, specifičnosti, konteksta in prilagodljivosti, medtem ko so nujni sestavni deli pozivov jasno izraženi cilj, namen in pričakovani rezultat. Navedeta tudi naprednejše strategije oblikovanja pozivov; nekaj jih izpostavimo na tem mestu.

1. Določanje vloge modela. Jezikovni model postavimo v določeno vlogo, npr. strokovnjaka ali učenca določene starosti, in tako dialog usmerimo v smer, ki nam bo dala zadovoljivejše odgovore. Primer: »Pojasni Pitagorov izrek. Odgovori kot matematik/učenec/dijak.«
2. Uravnavanje različnih parametrov, kot so npr. *temperatura, maksimalno število žetonov, kazen za pogostost besed*. Ko je govora o *temperaturi* v kontekstu velikih jezikovnih modelov, gre za naključnost odzivov. Višja kot je vrednost tega parametra, ustvarjalnejši in nepredvidljivejši bodo odgovori, nasprotno pa nižja vrednost temperature daje konservativnejše in predvidljivejše rezultate. Parameter *maksimalno število žetonov* omeji dolžino odziva, z njim lahko uporabniki odziv naredimo jedrnatejši ali pa »zaukažemo« daljša besedila. Uporaba parametra *kazen za pogostost besed* vpliva na uporabo pogostih in redkih besed, s čimer vplivamo na to, ali je jezik preprostejši ali zapletenejši, in sicer bo višja vrednost tega parametra povzročila uporabo manj pogosto rabljenih besed v tvorjenem besedilu, ki bo zato kompleksnejše in ustvarjalnejše.
3. Priprava velikega jezikovnega modela. S podrobnejšim začetnim pozivom in nato z več iteracijami uporabnik usmerja model in mu pomaga, da zgradi ustrezen kontekst, kar pozitivno vpliva na kakovost in relevantnost generiranega besedila.

V nadaljevanju natančneje opišemo naslednje strategije pozivov: negativni poziv, poziv veriga misli in metapoziv.

Negativni poziv

Negativni poziv (angl. *negative prompt*) se nanaša na specifikacijo lastnosti ali rezultatov, ki jih ne želimo pri končnem izdelku ali rešitvi. Gre za način usmerjanja GUI stran od določenih napak, napačnih pristopov ali najtipičnejših odgovorov. Namesto da bi povedali, kaj želimo, jasno povemo, česa ne želimo. To GUI (ali učencu) pomaga izogibati se določenim napakam ali lastnostim, ki niso zaželene. Nekateri generatorji slik z UI (npr. Midjourney in Dreamstudio) imajo možnost negativnega poziva že predhodno vsebovano kot parameter. Safinah Ali idr. (2024) so z dijaki ustvarjali vizualne predstavitve sanj dijakov in zaznali izrazit pomen negativnih pozivov. Dijaki so med delavnico »Dreaming with AI« uporabljali orodje za pretvorbo besedila v slike in pri tem poleg običajnih pozivov ustvarjali tudi negativne pozive – specifikacije, katerih elementov ne želijo videti v svojih slikah. Negativni pozivi so jim pomagali usmerjati algoritem stran od neželenih lastnosti in s tem natančneje doseči

želen rezultat. To je omogočilo iterativno prilagajanje izhodnih slik ter izboljšalo kreativni proces.

Primer negativnega poziva s področja matematike bi lahko bil: »Poišči rešitve kvadratne enačbe , vendar pri iskanju rešitve ne uporabljaj formule za določanje rešitev kvadratne enačbe«. S tem pozivom reševanje usmerimo v druge metode, npr. uporabo Vietovega pravila.

Poziv veriga misli

Poziv veriga misli (angl. *Chain of Thoughts* – CoT) je metoda, ki bistveno izboljša sposobnost sklepanja velikih jezikovnih modelov, zlasti pri reševanju kompleksnih numeričnih in matematičnih problemov. Ta pristop vključuje generiranje niza vmesnih korakov sklepanja. To modelu pomaga razčleniti in učinkoviteje rešiti probleme, odgovori pa so celovitejši in logičnejši (Žerovnik in Zapušek, 2024). CoT vključuje usmerjanje jezikovnega modela skozi večstopenjski proces razmišljanja, pri katerem se vsak korak gradi na prejšnjem. Uporaba modela PaLM 540B z verigo misli je presegla zmogljivosti predhodno umerjenih modelov na standardiziranih testih, kot je GSM8K, ki vključuje matematične besedilne naloge. Model je dosegel novo najboljšo natančnost na tem področju, kar poudarja prednosti strategije verige misli pri aritmetičnem sklepanju (Wei idr., 2022).

V kontekstu poučevanja matematike se je izkazalo, da je CoT lahko še posebej koristen za bodoče učitelje razredne stopnje. Ti študenti namreč v izobraževalne programe pogosto vstopajo s prepričanji in stališči do matematike, ki lahko delujejo kot omejitve. Z uporabo strategije CoT so bodoči učitelji razrednega pouka razvili bolj strukturiran in logičnejši pristop k reševanju problemov, kar je spodbudilo pozitivnejši odnos do matematike (Chen idr., 2022). Različica CoT, imenovana Program misli (angl. *Programe of Thougths* – PoT), še dodatno loči proces sklepanja od izračuna. Pri PoT je sklepanje izraženo kot program, ki ga nato izvede zunanji računalnik za izračun končnega odgovora. Chen idr. (2022) poročajo, da ima PoT v povprečju približno 12-odstotno izboljšanje zmogljivosti v primerjavi s CoT na vseh podatkovnih zbirkah. Preprost primer poziva »veriga misli« z matematičnega področja bi lahko bil: »Reši integral Razloži vse korake svojega sklepanja, da bo rešitev jasna in logična«. Odgovor GUI vključuje korake in rešitve za verigo: integral razčlenimo na vsoto, vsak člen integriramo ločeno in na koncu združimo člene.

Metapoziv

Izvorna težava, ki jo metapozivanje naslavlja, je omejena zmožnost LLM-jev za učinkovito izvedbo kompleksnih nalog, še posebej tistih, ki zahtevajo glo-

boko in abstraktno razmišljanje. Osnovni problem tiči v arhitekturi LLM-jev, ki temelji na napovedovanju besed na podlagi verjetnostnih modelov. Medtem ko je ta pristop učinkovit za širok spekter nalog, pa ni optimalen za tiste naloge, ki zahtevajo analitično in sofisticirano razmišljanje, primerljivo s človeškim. Doslej so raziskovalci razvili več metod za izboljšanje zmogljivosti modelov, npr. z vodenjem modelov pri artikulaciji vmesnih korakov med reševanjem kompleksnih problemov. Vendar te metode pogosto niso zadostno naslovile globine in fleksibilnosti človeškega mišljenja. Metapozivanje pa premika poudarek z vsebine na strukturo naloge, s čimer vzpostavlja funkcionalno povezavo med nalogo in pripadajočim pozivom. Ključna značilnost tega pristopa je, da LLM-jem omogoča samostojno generiranje novih, izboljšanih pozivov, ki bolje ustrezajo njihovim sposobnostim (Zhang idr., 2023). Shukla idr. (2024) poudarjajo, da metapozivanje temelji tudi na konceptu komunikacije med modeli UI. Ta lahko vključuje dialoge med dvema modeloma UI ali celo med modelom in samim sabo. Takšni pogovori simulirajo kognitivne procese, kot so refleksija, sprejemanje odločitev in zavedanje, s čimer podpirajo izboljšano avtonomno delovanje UI. Qinyuan Ye idr. (2023) metapozivanje opisujejo kot večstopenjski proces, ki vključuje ključne komponente, kot so analiza trenutnega poziva in niza primerov, generiranje izboljšanega poziva, specifikacija konteksta ter oblikovanje predlogov za sklepanje korak za korakom.

Na podlagi teh pristopov lahko uporabnik strukturira interakcijo z LLM na naslednji način:

1. Najprej oblikuje poziv po lastnem razumevanju in ga vnese v model z dodatnim navodilom, da naj model iz tega generira ustreznejši poziv. Cilj je, da ta novi poziv bolje ustreza potrebam modela in zagotavlja jasna navodila za izvedbo ključne naloge.
2. Nato uporabnik v model vnese nov, izboljšan poziv, ki ga je generiral LLM oz. ga po njegovih predlogih sam izboljša. Model na podlagi tega zagotovi rešitev, ki ustreza zahtevam uporabnika.

Takšna dvofazna interakcija omogoča optimizacijo komunikacije z LLM in zagotavlja relevantnejše ter kakovostnejše rešitve.

Primer (ChatGPT-4)

> Poziv 1: *Optimiziraj naslednji poziv tako, da ga lahko vnesemo v LLM in bomo dobili kar najboljši možni odgovor. Poziv: Zapiši nalogo za pouk matematike v 7. razredu OŠ. Naj ne bo prelahka. Tema naj bodo odstotki.*

Odgovor LLM: *Da bi optimizirali poziv za generiranje najboljšega odgovora v LLM, moramo vključiti dodatne specifikacije, kot so cilji naloge, zahtevnost naloge, vrsta naloge in konkretni matematični koncepti, ki jih želimo obravnavati. Takšen optimiziran poziv bi lahko izgledal tako:*

Optimiziran poziv: *»Zasnuj nalogo za pouk matematike v 7. razredu OŠ, ki bo obravnavala odstotke. Naloga naj bo srednje zahtevna, primerna za učence, ki že razumejo osnovne koncepte odstotkov, vendar potrebujejo še dodatno vajo za utrjevanje znanja. V nalogo vključite naslednje vrste vprašanj:*

1. *Računanje odstotkov od različnih osnov (npr. koliko je 25 % od 480?).*
2. *Reševanje nalog, kjer morajo učenci izračunati, koliko predstavlja določen odstotek od celote (npr., koliko je 15 % od 320?).*
3. *Prevajanje med odstotki, decimalnimi številkami in ulomki (npr., pretvori 0,25 v odstotek).*
4. *Reševanje besedilnih nalog, kjer morajo učenci uporabiti odstotke pri primerih, kot so popusti, zvišanje cen ali razne promocije.*

Poskrbi, da naloga vključuje tudi nekaj zahtevnejših primerov, pri katerih je treba združiti več korakov, kot npr. izračunavanje odstotkov pri besedilnih nalogah z večjo količino podatkov. Naloga naj vsebuje tudi razlago postopkov in nasvete, kako pristopiti k reševanju, da bo učencem pri učenju v pomoč.«

S tem pozivom bomo LLM dali jasna navodila o vsebini, zahtevnosti in vrsti nalog, kar povečuje možnosti za prejem najuporabnejšega odgovora. Vidimo torej, da nam je LLM predlagal izboljšave, nato pa tudi zapisal konkreten primer poziva. Na ta način lahko uporabnik pri vsaki uporabi modela sproti izve, kakšen bi bil optimalen poziv za dano nalogo.

Oblikovanje pozivov za poučevanje matematike še ni bilo temeljito in sistematično raziskano z vidika interakcije človek – računalnik, prav tako so kvantitativne ugotovitve iz empiričnih raziskav redke. Knoth idr. (2024) poudarjajo, da boljše veščine oblikovanja pozivov neposredno vplivajo na kakovost odgovorov velikih jezikovnih modelov in so zato ključne za uspešno vključevanje GUI v izobraževalne procese. Če bodo učitelji pisali učinkovite pozive in to znanje prenesli tudi na učence, bodo orodja GUI učinkoviteje pripomogla k izboljšanju matematičnega znanja učencev. Oppenlaender idr. (2023) so analizirali, kako učitelji matematike prepoznavajo kakovost pozivov

s področja poučevanja matematike in kako pozive izboljšujejo. Ugotovili so, da oblikovanje učinkovitih pozivov zahteva prakso, poznavanje matematične terminologije in specifičnih načinov izražanja, ki ugodno delujejo na učinkovitost orodij GUI. Zamfirescu-Pereira idr. (2023) pa opozarjajo, da učitelji kot nestrokovnjaki, ki ne sodelujejo pri razvoju modelov, pogosto oblikujejo pozive, ki bolj spominjajo na medosebna navodila in manj učinkovito izkoriščajo zmožnosti LLM. Dang idr. (2022) dodatno poročajo, da so učitelji pri oblikovanju pozivov za matematične naloge pogosto naleteli na težave, kot so pomanjkanje jasnih smernic, slaba opredelitev dejavnosti in pričakovanih rezultatov ter dileme glede etične uporabe modelov. Vsi raziskovalci s tega področja zato poudarjajo potrebo po izobraževanju učiteljev za učinkovito ustvarjanje in prilagajanje pozivov.

Eno izmed zanimivih področij raziskovanja se nanaša na sposobnosti orodij GUI, da lahko (avtomatizirano) prilagajajo naloge učečemu se. Norberg idr. (2023) in Norberg idr. (2024) so raziskovali, kako lahko veliki jezikovni modeli prilagajajo matematične naloge za uporabo v realnih učnih okoljih. Preizkusili so, kako lahko ChatGPT-4 uporabijo za izboljšanje berljivosti in razumljivosti besedilnih nalog. V sodelovanju z inteligentnim tutorjem MATHia so razvili avtomatiziran postopek za hitro prilagajanje nalog, ki je izboljšal rezultate berljivosti. Rezultati evalvacije na velikem vzorcu nalog so pokazali, da so imeli učenci (N = 12374) pri prilagojenih nalogah na nekaterih matematičnih področjih (npr. reševanje linearnih enačb) boljše dosežke, na drugih (npr. verjetnost) pa nižje. Raziskovalci so uporabljali negativne pozive, da bi GUI usmerili k izogibanju določenim strukturam, kot je npr. uporaba zaimkov. Ugotovili so, da so bili negativni pozivi učinkovitejši, kadar so bili specifični (npr. »Izogibaj se ‚on, ona, oni'«.) namesto splošnih (npr. »Izogibaj se zaimkom«.). Ta natančnost je GUI pomagala bolje slediti navodilom, vendar je bilo popolno izogibanje nejasnim izrazom še vedno izziv. Uporabljali so tudi strategijo CoT, ki je vključevala podajanje korakov sklepanja skupaj z zgledi. Raziskovalci so vključili vzorčno nalogo, njen popravek in razlago, zakaj popravek ustreza smernicam. Tudi poziv s strategijo CoT se je izkazal za učinkovitega, saj je ChatGPT-4 v prvem poskusu pravilno popravil 26 od 30 matematičnih nalog, presegel zgolj nadomeščanje besed s sopomenkami ter izbiral ustreznejše izraze v kontekstu.

Učenje z nekaj primeri (angl. *few-shot learning*) LLM-jem omogoča, da se naučijo nove naloge s samo nekaj primeri, kar izboljša zmogljivost modela. Učenje brez primerov (angl. *zero-shot learning*) zahteva pozivanje LLM-jev brez primerov, vendar ga je mogoče izboljšati s prilagoditvijo navodil in krepitvijo učenja s povratnimi informacijami ljudi (Dang idr., 2022). V raziskavah,

ki so jih izvajali Norberg idr. (2023) in Norberg idr. (2024), je pri učenju brez predhodnih primerov GUI prejela le nabor splošnih navodil, brez konkretnih primerov nalog. Ta tehnika je omogočila preoblikovanje nalog v naloge z boljšo strukturo, kot sta npr. dodajanje uvodnih stavkov in kontekstualizacija negativnih števil. Vendar pa ChatGPT-4 ni dosledno poenostavljal besedišča in stavčne strukture, kar je bilo včasih problematično. Pri okolju, ki omogoča učenje z malo predhodnimi primeri, so bili GUI podani primeri sprememb za vsako navodilo. Uporabljeni so bili primeri z eno ali dvema spremembama, odvisno od zahtevnosti naloge. ChatGPT-4 je bil pozvan, da najprej pojasni pravila, preden jih uporabi, kar je izboljšalo zanesljivost pri uporabi aktivnega glagolskega naklona. Vendar je imel še vedno težave pri zamenjavi težjih besed in je včasih uporabil presplošne izraze, kar bi lahko učence zmedlo. Dodatno so raziskovalci ChatGPT-4 v nekaterih primerih prosili, naj ustvari več različic prepisov. Dodatne različice so bile včasih boljše, vendar so bile pogosteje slabše od osnovne različice. Razen tega so raziskovalci ChatGPT-4 poskušali usmeriti k uporabi orodij za ocenjevanje berljivosti besedila. Vendar ChatGPT-4 ni uspešno uporabljal teh orodij ali analiziral besedil glede na raven zahtevnosti, kljub trditvam, da to zmore. Občasno so raziskovalci ChatGPT-4 naročili, naj oceni svoje rezultate in ponovi korake, če so prisotne napake. ChatGPT-4 ni nikoli ponovil korakov, tudi ko bi bilo to koristno.

Zaključek

GUI postaja ključno orodje za personalizirano poučevanje matematike, saj omogoča prilagoditev nalog specifičnim potrebam posameznih učencev in spodbuja učenje z lastnim tempom. Dodatno lahko GUI pomaga pri vizualnih predstavitvah abstraktnih matematičnih konceptov, nudi interaktivno učenje in odpira nove priložnosti za ustvarjanje matematičnih nalog, ki so prilagojene stopnji znanja, zanimanjem in ciljem učencev. Posebej učinkovita so orodja GUI pri učencih z nižjo začetno stopnjo znanja, saj se zdi, da pospešijo njihov napredek. Z vključitvijo učitelja GUI omogoča hibridno tutorstvo, ki kombinira prednosti človeškega mentorstva in tehnološke prilagodljivosti. Kljub prednostim ostajajo izzivi, kot je pomanjkanje kulturne in osebne avtentičnosti matematičnih nalog, ki so generirane z umetno inteligenco. Dodatno je nujno izobraževanje učiteljev o strategijah učinkovitega oblikovanju pozivov, ki GUI usmerjajo k optimalni podpori učnemu procesu.

Čeprav so imeli začetni modeli, kot je ChatGPT 3.5, težave z reševanjem matematičnih problemov, novejše različice kažejo bistveno večjo zanesljivost in so vse uporabne za reševanje matematičnih izzivov (Žerovnik in Zapušek, 2024). Kljub temu GUI in njen najbolj uporabljan model ChatGPT ne blestita

v matematiki (Frieder idr., 2023). Model je sicer zelo uspešen pri odgovarjanju na vprašanja iz npr. eksponentne in logaritmične funkcije ali geometrijskega oz. aritmetičnega zaporedja, ima pa težave pri pravilnem odgovarjanju na vprašanja iz odvodov in njihove uporabe ali prostorske geometrije (Dao in Le, 2023). OpenAI je napovedal revolucijo v sposobnosti sklepanja z novim modelom 4o, ki ga je predstavil maja 2024. Terence Tao je nad njegovimi sposobnostmi razočaran in zato 16. septembra 2024 zapiše:

> Izkušnja je bila približno enaka, kot bi svetovali povprečnemu, a ne povsem nesposobnemu podiplomskemu študentu. Vendar je to izboljšava v primerjavi s prejšnjimi modeli, katerih zmogljivost je bila bližje pravzaprav nesposobnemu podiplomskemu študentu. Morda bo potrebna le še ena ali dve nadaljnji iteraciji izboljšanih zmogljivosti in integracija z drugimi orodji, kot so paketi za računalniško algebro in pomočniki za dokaze, da dosežemo raven sposobnega podiplomskega študenta. [Tao, 2024]

Pri osnovnošolskem in srednješolskem pouku matematike lahko učenci torej brez večjih omejitev orodja GUI uporabljajo za personalizirano učenje, utrjevanje znanja in razvijanje razumevanja. Lahko npr. ustvarjajo spominske kartice z matematičnimi definicijami, rešujejo prilagojene naloge z omogočeno povratno informacijo ter analizirajo postopke, ki jih orodja predlagajo. S tem ne odpravljajo le napak, temveč tudi poglabljajo razumevanje in razvijajo kritično mišljenje. Seveda lahko vse to učinkovito počnejo le, če znajo z orodji učinkovito komunicirati oz. pisati učinkovite pozive.

GUI močno vpliva na poučevanje matematike, saj premika meje tradicionalnega pouka v smer dinamičnejšega, prilagodljivejšega in sodelovalnejšega učenja. Raziskave na področju uporabe GUI pri učenju in poučevanju matematike (in širše) so še vedno v zgodnjih fazah, vendar obstoječi podatki že kažejo na pomembne prednosti. Zmožnost orodij GUI, da prilagajajo naloge in zagotavljajo takojšnje povratne informacije, ima velik potencial za izboljšanje učnih procesov. GUI tako učiteljem omogoča prilagajanje vsebin posameznim učencem, kar lahko izboljša učinkovitost pri doseganju učnih ciljev. Tako ne razbremenjuje le učiteljev pri rutinskih nalogah, temveč tudi ustvarja priložnosti za bolj prilagojen pristop k učenju, kar obeta velike premike v izobraževanju matematike in širše.

Vse naštete prednosti GUI se lahko v izobraževalnem procesu udejanjijo le, če učitelji in učenci obvladajo učinkovito komunikacijo s temi orodji. Ključno je, da razumejo, kako oblikovati jasne in usmerjene pozive, ki orodjem GUI omogočajo, da generira ustrezne, natančne in uporabne odgovore. Strategije

za oblikovanje učinkovitih pozivov vključujejo jasno opredelitev ciljev, specifičnost pri opisovanju nalog ter zmožnost iterativnega izboljšanja pozivov glede na dobljene rezultate. Učitelji morajo pridobiti veščine, ki jim omogočajo, da GUI uporabljajo kot pedagoško orodje za spodbujanje učenja, medtem ko naj se učenci učijo, kako strukturirati svoje zahteve in kritično ovrednotiti prejete odgovore. Brez teh kompetenc lahko potencial GUI ostane neizkoriščen, rezultati pa manj relevantni ali uporabni.

Literatura

Abeysekera, L., in Dawson, P. (2015). Motivation and cognitive load in the flipped classroom: Definition, rationale and a call for research. *Higher Education Research and Development*, *34*(1). https://doi.org/10.1080/07294360.2014.934336

Abdelghani, R., Wang, Y., Yuan, X., Wang, T., Luca, P., Sauzéon, H., in Oyduer, P. (2024). GPT-3-driven pedagogical agents to train children's curious question-asking skills. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 34,* 483–518.

Ali, S., Ravi, P., Williams, R., DiPaola, D., in Breazeal, C. (2024). Constructing dreams using generative AI. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 38*(21), 23268–23275.

Beauchamp, T., in Walkington, C. (2024). *Mathematics teachers using generative AI to personalize instruction to students' interests.* https://amte.net/sites/amte.net/files/Connections%20%28Beauchamp%29.pdf

Chen, W., Ma, X., Wang, X., in Cohen, W. W. (2022, 23. oktober). *Program of thoughts prompting: Disentangling computation from reasoning for numerical reasoning tasks.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.12588

Daher, W., in Gierdien, F. (2024). Use of language by generative AI tools in mathematical problem solving: The case of ChatGPT. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education, 28*(2), 222–235.

Dang, H., Mecke, L., Lehmann, F., Goller, S., in Buschek, D. (2022, 3. september). *How to prompt? Opportunities and challenges of zero-and few-shot learning for human-AI interaction in creative applications of generative models.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.01390

Dao, X. Q., in Le, N. B. (2023, 31. oktober). *Investigating the effectiveness of chatgpt in mathematical reasoning and problem solving: Evidence from the vietnamese national high school graduation examination.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.06331

Eager, B., in Brunton, R. (2023). Prompting higher education towards AI-augmented teaching and learning practice. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, *20*(5). https://doi.org/10.53761/1.20.5.02

Einarsson, H., Lund, S. H., in Jónsdóttir, A. H. (2024). Application of ChatGPT for automated problem reframing across academic domains. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 6,* 100194.

Frieder, S., Pinchetti, L., Griffiths, R. R., Salvatori, T., Lukasiewicz, T., Petersen, P. C., Jauhiainen, J. S., in Guerra, A. G. (2023). Generative AI and ChatGPT in school children's education: Evidence from a school lesson. *Sustainability*, *15*(18), 14025.

Hattie, J., Fisher, D., Frey, N., Gojak, L. M., Moore, S. D., in Mellman, W. (2016). *Visible learning for mathematics, grades K-12: What works best to optimize student learning.* Corwin Press.

Jauhiainen, J. S., in Garagorry Guerra, A. (2024). Generative AI in education: ChatGPT-4 in evaluating students' written responses. *Innovations in Education and Teaching International.* https://doi.org/10.1080/14703297.2024.2422337

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences, 103*, 102274.

Klemenčič Mirazchiyski, E. (2024). *Mednarodna raziskava računalniške in informacijske pismenosti (IEA ICILS 2023): nacionalno poročilo - prvi rezultati.* Pedagoški inštitut.

Knoth, A. T., Janson, A., in Leimeister, J. M. (2024). AI literacy and its implications for prompt engineering strategies. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 6,* 100225.

Mollick, E. R., in Mollick, L. (2023, 13. junij). *Assigning AI: Seven approaches for students with prompts.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.10052

Norberg, K., Almoubayyed, H., Fancsali, S. E., De Ley, L., Weldon, K., Murphy, A., in Ritter, S. (2023, 7. julij). *Rewriting math word problems with large language* models [Workshop presentation]. AIEd23: Artificial intelligence in education, empowering education with LLMs workshop, Tokio, Japonska.

Norberg, K. A., Almoubayyed, H., in De Ley, L. (2024). Rewriting content with GPT-4 to support emerging readers in adaptive mathematics software. *International Journal of Artifiial Intelligence Education, 23*(1–4). https://doi.org/10.1007/s40593-024-00420-2

Oppenlaender, J., Linder, R., in Silvennoinen, J. (2023, 3. december). *Prompting AI art: An investigation into the creative skill of prompt engineering.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.13534

Pavlova, N. H. (2024). Flipped dialogic learning method with ChatGPT: A case study. *International Electronic Journal of Mathematics Education, 19*(1), em0764.

Rane, N. (2023, 20. avgust). *Enhancing mathematical capabilities through ChatGPT and similar generative artificial intelligence: Roles and challenges in solving mathematical problems.* Social Science Research Network. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4603237

Sancenon, V., Wijaya, K., Wen, X. Y. S., Utama, D. A., Ashworth, M., Ng, K. H. ,Cheong, A., in Neo, Z. (2022). A new web-based personalized learning system improves

student learning outcomes. *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments, 12*(1). https://doi.org/10.4018/IJVPLE.295306

Shukla, A. K., Terziyan, V., in Tiihonen, T. (2024). AI as a user of AI: Towards responsible autonomy. *Heliyon, 10*(11), e31397.

Tao, T. (2024, 16. september). *In* https://chatgpt.com/share/94152e76-7511-4943-9d99-1118267f4b2b *gave the new model a challenging complex analysis problem* [Objava na decentraliziranem družabnem mediju]. Mastodon. https://mathstodon.xyz/@tao/113132503432772494

Thomas, D. R., Lin, J., Gatz, E., Gurung, A., Gupta, S., Norberg, K., Fancsali, S. E., Aleven, V., Branstetter, L., Brunskill, E., in Koedinger, K. R. (2024). Improving student learning with hybrid human-AI tutoring: A three-study quasi-experimental investigation. V *Proceedings of the 14th Learning Analytics and Knowledge Conference* (str. 404–415). Association for Computing Machinery.

Thomas, D. R., Gatz, E., Gupta, S., Aleven, V., in Koedinger, K. R. (2024). The neglected 15%: Positive effects of hybrid human-AI tutoring among students with disabilities. V A. M. Olney, I. A. Chounta, Z. Liu Zitao, O. C. Santos in I. Bittencourt (ur.), *Artificial intelligence in education (AIED 2024): Lecture notes in computer science* (str. 409–423). Springer.

Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., Bosma, M., Ichter, B., Xia, F., Chi, E., in Zhou, D. (2022, 10. oktober). *Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.11903

Ye, Q., Axmed, M., Pryzant, R., in Khani, F. (2023). Prompt engineering a prompt engineer. V *Findings of the Association for Computational Linguistics 2024* (str. 355–385). Association for Computational Linguistics.

Zamfirescu-Pereira, J. D., Wong, R. J., Hartmann, B., in Yang, Q. (2023). Why Johnny can't prompt: How non-AI experts try (and fail) to design LLM prompts. V A. Schmidt, K. Väänänen, T. Goyal, P. O. Kristensson, S. Mueller, J. R. Williamson in M. L. Wilson (ur.), *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (str. 1–21). Association for Computing Machinery.

Zhang, Y., Yuan, Y., in Yao, A. C.-C. (2023, 20. november). *Meta prompting for AI systems.* Arxiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.11482

Žerovnik, A., in Zapušek, M. (2024). *Uporaba generativne umetne inteligence v izobraževanju.* Pedagoška fakulteta.

The Effectiveness of Generative Artificial Intelligence for Personalized Mathematics Learning

Generative artificial intelligence (GEN-AI) is becoming an indispensable tool in education and mathematics instruction, as it enables the adaptation of tasks to the knowledge level of individual students, thereby promoting personalized learning and improving academic outcomes. Additional benefits include enhanced vocabulary, increased curiosity, strengthened connection-building skills, improved ability to

reformulate questions, and deeper critical evaluation of answers. However, tasks generated by AI often fail to reflect the cultural and personal characteristics of students, which can limit their authenticity. Research indicates that generative AI is particularly beneficial for students with lower prior knowledge, as it facilitates faster progress. Its greatest value is achieved when combined with active teacher support, who guides the learning process and evaluates outcomes—a method known as hybrid tutoring. In educational settings, generative AI can assume various roles, such as the role of a student, teacher, mentor, or peer. Its successful implementation relies on carefully crafted prompts that are clear, specific, contextualized, and adaptable. Effective strategies include "chain-of-thought" prompts to encourage step-by-step problem-solving, "negative prompts" to prevent errors, and "meta-prompts" that guide students toward reflection and critical thinking. Although this article focuses on applications in mathematics, the findings are equally applicable to other subjects and broader educational contexts.

Keywords: generative artificial intelligence (GEN-AI), mathematics education, prompt design, personalized learning, learning mathematics

Možnosti uporabe generativne umetne inteligence pri otrocih s posebnimi potrebami

Darja Plavčak
Univerza v Mariboru
darja.plavcak@um.si

Članek po posameznih skupinah otrok s posebnimi potrebami (PP) predstavlja primere področij, kjer je generativna umetna inteligenca (GUI) lahko zanje koristna v smislu napredka in razvoja. Ker je tematika v Sloveniji še relativno neraziskana, smo se oprli na primere tujih avtorjev, ki opisujejo potencial uporabe GUI za premagovanje primanjkljajev ali ovir pri osebah s PP različnih starosti in v raznovrstnih socialnih kontekstih. GUI jim lahko pomaga predvsem na področjih, ki so zanje še posebej zahtevna; npr. ustvarja urnike, predlaga aktivnosti za boljše počutje, podaja modne nasvete, pretvarja besedilo ali govor v znakovni jezik in obratno, izboljšuje možnosti sodelovanja na digitalnih platformah, ustvarja učne kartice za urjenje fonološkega zavedanja, simulira komunikacijo. Osebe s PP lahko s pomočjo GUI izboljšajo svojo samostojnost, socialno vključenost, avtonomijo, enakopravnost in bolje izkoristijo svoja močna področja. Pri tem obstajajo določena tveganja uporabe, saj so lahko orodja GUI pristranska, nezadostno natančna ali nezanesljiva; vprašljiva je tudi zasebnost in varnost vnesenih podatkov. Prispevek z obravnavo koristi in tveganj uporabe GUI pri osebah s PP daje razmisleke o tem, kam usmeriti tehnološke in vzgojno-izobraževalne rešitve, da bi jim lahko bila v prihodnosti GUI v čim učinkovitejšo podporo.

Ključne besede: otroci s posebnimi potrebami, generativna umetna inteligenca, premagovanje primanjkljajev, ovir ali motenj, koristi in tveganja pri uporabi orodij generativne umetne inteligence

CC BY-SA © 2025 Darja Plavčak
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.11

Uvod

V članku smo si zastavili raziskovalno vprašanje: Katere možnosti uporabe generativne umetne inteligence (GUI) imajo otroci s PP v različnih socialnih kontekstih, ki bi jih bilo moč prenesti na področje vzgoje in izobraževanja? Vprašanje si zastavljamo, da tudi za otroke z več izzivi izpostavimo možnosti uporabe GUI v različnih socialnih kontekstih in da zanje poiščemo možne tehnološke ter vzgojno-izobraževalne rešitve. V ta namen bomo naredili pregled literature na tem področju, jo analizirali in podali sintezo ugotovitev, ki jo je

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.

možno aplicirati na vzgojno-izobraževalno področje. Pričakujemo, da bomo GUI zasledili kot eno pomembnih možnih podpor za otroke s PP za premagovanje njihovih primanjkljajev, ovir ali motenj.

Ker je tematika v Sloveniji še relativno neraziskana, se obračamo na tuje avtorje in njihove ugotovitve razporedimo glede na aktualno opredelitev skupin otrok s PP v Sloveniji. Po Zakonu o usmerjanju otrok s posebnimi potrebami (2011, 2. člen) so otroci s PP opredeljeni kot otroci z motnjami v duševnem razvoju, slepi in slabovidni otroci oz. otroci z okvaro vidne funkcije, gluhi in naglušni otroci, otroci z govorno-jezikovnimi motnjami, gibalno ovirani otroci, dolgotrajno bolni otroci, otroci s primanjkljaji na posameznih področjih učenja, otroci z avtističnimi motnjami ter otroci s čustvenimi in vedenjskimi motnjami. Za vsako od omenjenih devetih skupin si zadamo cilj, da izpostavimo tri vire aktualnih raziskav, ki nas lahko usmerijo k odgovoru na raziskovalno vprašanje.

Pregled literature

V brskalnikih literature zadetki raziskav kažejo, da avtorji otrok s PP ne povezujejo z GUI, temveč v večji meri le z umetno inteligenco (UI) na splošno. Kljub temu poiščemo manj zastopano, a aktualno literaturo glede na naše raziskovalno vprašanje o uporabi GUI pri osebah s PP v različnih socialnih kontekstih. Tako bomo lahko interpretirali in sklepali, kako bi bilo možno otroke s PP pripraviti na uporabo GUI, ki bi jim kasneje v življenju koristila. Za iskanje uporabimo univerzitetni iskalnik, ki omogoča dostop do različnih znanstvenih baz podatkov, npr. ACM Digital Library, EmanResearch Publishing, Open Access Repository, Springer Nature Link, JMIR Publications. Zaradi manjše zastopanosti tovrstne literature so nam v pomoč tudi podporni brskalniki, kot sta Linkedin in Google Schoolar.

V prispevku ne namenjamo pozornosti značilnostim otrok s PP, vendar bralce usmerjamo, da se z njimi po potrebi seznanijo v dokumentu *Kriteriji za opredelitev vrste in stopnje primanjkljajev, ovir oz. motenj otrok s posebnimi potrebami* (Vovk-Ornik, 2015).

Otroci z motnjami v duševnem razvoju

V tem razdelku obravnavamo težave, motnje ali bolezni v duševnem zdravju, saj menimo, da tehnološke rešitve v tem smislu lahko koristijo tudi otrokom z motnjami v duševnem razvoju. Naslov ohranjamo, saj želimo bralce usmeriti k razmišljanju, kako opisano aplicirati na udeležene otroke v vzgoji in izobraževanju, ki bodo opredeljeni po Zakonu o usmerjanju otrok s posebnimi potrebami (2011).

Dorit Hadar Souval idr. (2024) ocenjujejo, da lahko GUI pomembno prispeva k inkluziji in vključenosti oseb s kognitivnimi težavami v družbo, saj deluje kot »kognitivni partner«. Pomaga namreč, da se lahko znajdejo pri vsakodnevnih opravilih, socialnih interakcijah in orientaciji v prostoru. Konkretno to pomeni, da lahko GUI ustvari urnike, pomaga pri finančnem načrtovanju, kreira opomnike ali priporočila za določene lokacije v mestu in vodi do želenega cilja. V pomoč je tudi v socialnih situacijah, saj lahko interpretira telesno govorico sogovorca, predlaga odzive na določena čustva drugih in nudi podporo pri reševanju problemov. Velikega pomena je tudi GUI, ki tem osebam omogoča lažje razumevanje samega sebe; to so orodja GUI, ki so namenjena analizi in refleksiji lastnih čustev ter doživljanj. Avtorji (Souval idr., 2024) ugotavljajo, da osebe s težavami na kognitivnem področju z uporabo GUI lahko dosežejo socialno vključenost in osebno zadovoljstvo, ki ga sicer ne bi mogle doseči, saj bi bile odvisne od dosegljivosti fizične podpore. To pa se kaže v njihovi večji enakopravnosti in samostojnosti. Pri razvoju miselnosti, da se tem osebam v večji meri omogoči uporaba GUI, pa je potrebno interdisciplinarno sodelovanje različnih strok in previdnost v etičnem smislu. Pomembna in zaželena je tudi aktivna udeležba teh oseb samih, da lahko izrazijo mnenje, kje vidijo koristi in tveganja, oz. podajo povratne informacije o uporabi določenega orodja GUI. Tehnološke rešitve zanje naj bodo torej pripravljene z njihovo soudeležbo, saj bodo le tako zares učinkovite.

Banerjee idr. (2024) menijo, da je GUI na področju duševnega zdravja zanimiva z vidika diagnosticiranja in obravnave, medtem ko še ni aktualna v smeri tehnoloških rešitev, prav tako pa še ni dovolj napotkov, kako bi jo sistematično poučevali. Po pregledu aktualne literature ocenjujejo, da je GUI odličen pripomoček za sledenje počutju, lahko daje tudi opomnike, ponudi sproščujoče aktivnosti ipd. glede na potrebe posameznika z duševnimi težavami. Je na razpolago, kadar psihiatra ali psihoterapevta ni, in je zato dobra podpora še posebej v primeru težjih vprašanj, kot je npr. misel na samomor. Nekatera orodja GUI ponujajo postopek pogovora, ki posameznika vodi skozi kognitivno vedenjsko terapijo, zato bi veljalo razmišljati v smeri, kako kombinirati vodenje strokovnjaka in kot pripomoček dodati GUI. Kot prejšnji avtorji pa tudi ti navajajo določene previdnosti, saj GUI lahko odgovarja s prikrito pristranskostjo (npr. diskriminacija glede na spol, raso, starost ali drugo), lahko pa pride tudi do kibernetskih napadov.

Tudi Rahman (2024) meni, da je pri uporabi GUI treba upoštevati, da je le-ta lahko pristranska, lahko halucinira (podaja hipotetične odgovore), sporna pa so tudi vprašanja o zasebnosti, saj pridobiva veliko količino naših podatkov. Ocenjuje, da je na področju duševnega zdravja kar nekaj podatkov o uporabi

UI, vendar ne GUI. Vsekakor pa vidi v tem potencial, torej možnosti še neraziskane uporabe za otroke. Jezikovni modeli, ki so vrsta GUI, namreč lahko v interaktivni obliki z otroki ustvarjajo pravljice in jih podpirajo pri anksioznosti ter depresiji tako, da odvračajo negativne misli. Ta podpora, ki je dosegljiva ves čas (24 ur na dan, sedem dni na teden), je koristna tudi za njihove starše, da pridobijo napotke, kako odreagirati v kritičnih obdobjih. Povzemamo, da je lahko GUI za otroke s težavami na področju duševnega zdravja koristna, ker omogoča večje samozavedanje, nudi možnosti interakcije skozi interaktivne igre in vzgojno-izobraževalne posnetke, lahko pa je tudi ciljno naravnana na otrokove razvojne potrebe. Zaradi že omenjenih tveganj pa je treba urediti regulativne sisteme (uvedbo pravil in zakonov za uporabo GUI), vključevati strokovnjake, ki preverjajo točnost informacij, ki jih ponuja GUI, in se naučiti natančno oblikovati vprašanja ali ukaze za GUI, da lahko poda ustrezne odgovore. Vsekakor je treba zagotoviti tudi zasebnost otrokovih podatkov.

Slepi in slabovidni otroci oz. otroci z okvaro vidne funkcije

Na področju uporabe GUI za slepe in slabovidne osebe obstaja nekaj primerov, ki kažejo, da je GUI bistveno izboljšala kakovost življenja teh oseb.

Bendel (2024) ponazarja primer aplikacije Be My Eyes (https://www.bemyeyes.com), ki je bila leta 2023 nadgrajena s funkcijami, ki slonijo na GPT-4. Ilustrira, da slepi in slabovidni že uporabljajo tehnološke pripomočke (npr. navigacija s pomočjo GPS, nadzor z glasovnimi ukazi), toda GUI predstavlja nadgradnjo le-teh. Uporabniki odprejo aplikacijo Be My Eyes, navigirajo na zavihek Be My AI, posnamejo fotografijo in nato prejmejo podroben opis vsebine slike, ki je v zvočni izvedbi. Nejasnosti ali podrobnosti, ki jih GUI ni zaznala, se lahko razjasnijo v kratkem pogovoru. Aplikacija poda tudi modne nasvete; npr., pri sliki treh kravat jih najprej opiše, nato pa svetuje, katera bi se podala h kateri moški obleki. Taka pomoč je lahko koristna tudi za osebe, ki niso slepe ali slabovidne, toda na splošno težje sprejemajo odločitve. Kot pri ostalih podobnih orodjih GUI pa so tudi tukaj etične dileme zaradi vnesenih osebnih podatkov, tveganja zaradi nenatančnosti aplikacije (npr. aplikacija lahko okno zazna kot vrata), uporabnik nima nadzora nad aplikacijo, ker je ta odvisna od svojega kreatorja, spletne povezave in strojne opreme (npr. pametni telefon) ipd. Vsekakor aplikacija ne more nadomestiti spremljevalca oz. človeške interakcije, ki jo te osebe potrebujejo. Za nadaljnji razvoj GUI na tem področju Bendel (2024) predlaga, da se še v večji meri vključijo slepe in slabovidne osebe, da bodo same izrazile svoje potrebe.

Rudaiba Adnin in Maitraye Das (2023) sta izvedli intervju z 19 slepimi osebami, ki so v vsakdanjem življenju uporabljale ChatGPT, Be My Eyes, Copilot,

Google Gemini, Bard in Claude. Ugotovili sta, da je nekaj težav v dostopnosti GUI, vendar se slepi znajdejo in kljub temu odkrijejo načine uporabe. Dobrodošlo je, da ta orodja podajajo vsebine in informacije iz okolja, treba pa jih je preverjati, saj delajo napake. Rezultat njunih ugotovitev je predlog, da se slepim osebam omogoči boljšo dostopnost teh orodij in se jim pomaga pri preverjanju natančnosti dobljenih podatkov; prav tako bi bilo treba najti tehnološke rešitve, da se rešijo vprašanja pristranskosti.

Jungyoon Choi idr. (2020) so ugotavljali mnenje uporabnikov o GUI, ki se imenuje VTR4VI. Pri tej vrsti GUI gre za možnost, da se glasovna vsebina preoblikuje v besedilo, kar učečim se daje možnost, da vseeno participirajo v oddanih pisnih nalogah. Tudi ta vir nakazuje možno uporabo GUI za slepe in slabovidne osebe, ki jim omogoča enake možnosti na vzgojno-izobraževalnem polju.

Gluhi in naglušni otroci

Mariana Arroyo Chavez idr. (2024) menijo, da je GUI za gluhe osebe pomembna, saj lahko ustvarja podnapise na že ustvarjenih posnetkih. To pa je za gluhe izrednega pomena. Čeprav obstaja nekaj omejitev, da tovrstno generiranje ne more biti stoodstotno pravilno, pa so uporabniki vendarle potrdili, da je zaželeno.

Ahlawat (2024) ocenjuje, da se tehnološke rešitve za gluhe še razvijajo, v prihodnosti pa se pričakuje, da se bodo v večji meri razvili prototipi in eksperimentalni sistemi, ki bodo poskušali omogočiti pretvorbo besedila ali govora v znakovni jezik in obratno. Prednost teh rešitev bi bila, da bi se izboljšala komunikacija med slišečimi in neslišečimi, vendar bi bilo treba narediti validacijo sistemov, da bi bili čim natančnejši.

Si Chen idr. (2024) so prikazali eksperiment, v katerem so na digitalni platformi omogočili komentiranje videoposnetkov tako, da so gluhi lahko kreirali videoposnetke svojega komentarja v znakovnem jeziku in ga nato pretvorili v različne sloge: realističnega, risanega in robotskega. Izkušnja se jim je zdela zabavna in vključujoča. Težave so se pojavljale pri razumevanju robotskega sloga ustvarjenih komentarjev, uporabniki pa so izražali tudi skrb glede svoje anonimnosti. Za v bodoče avtorji (Chen idr., 2024) svetujejo, da se podobne rešitve GUI vključujejo v izobraževanje, da se poveča aktivna udeležba gluhih in naglušnih oseb.

Otroci z govorno-jezikovnimi motnjami

O GUI na področju dela z otroki z jezikovnimi težavami razpravlja Helen Qin (2024). Meni, da GUI lahko pomaga razvijati fonološko zavedanje, ki je osno-

va za komunikacijo. Brez razvoja fonološkega zavedanja se ti otroci pogosto umaknejo v socialno izolacijo, imajo pa tudi učne težave. Dostopna pomoč, ki jo lahko omogoča GUI, je izrednega pomena, saj je logopedskih storitev premalo, tiste, ki so na voljo, pa so zelo drage. Avtorica (Qin, 2024) je opisala prototip GUI, ki je staršem ali skrbnikom pomagal, da so pridobili t. i. učne kartice, specifično določene za potrebe njihovega otroka, s pomočjo katerih so vadili fonološko zavedanje. Tovrstno orodje je na privlačen način ponudilo navodila za izvedbo določenih vaj in je kot prototip dostopno na spletnem naslovu https://sites.google.com/view/helen-slp. V prihodnosti ga bodo še nadgrajevali v smeri, da bi omogočalo čim bolj personalizirane odgovore.

Keren Mitsue Ramírez Vergara idr. (2024) predstavljajo GUI za digitalno pripovedovanje zgodb, namenjeno latinskoameriškim otrokom, starim od 4 do 6 let. Sistem je bil preizkušen glede funkcionalnosti, raznovrstnosti vsebin, časa ustvarjanja zgodb in kakovosti glasovnih modelov, vključno z intonacijo, s hitrostjo in pravilnostjo izgovorjave. Rezultati so pokazali visoko raznovrstnost zgodb ter intuitivnost uporabe, čeprav so bile pri vseh glasovnih modelih zaznane manjše napake v izgovorjavi. Avtorji (Ramírez Vergara idr., 2024) poudarjajo, da so bile vse zgodbe primerne za otroke in da spodbujajo njihovo socialno vključevanje.

Yao Du in Felix Juefei-Xu (2024) prikazujeta, kako bi lahko GUI uporabili pri govorno-jezikovni terapiji. ChatGPT bi lahko kot pogovorni robot ustvarjal terapevtska gradiva in simuliral komunikacijo. Določena generativna orodja bi lahko omogočila ustvarjanje novih, prilagojenih gradiv za posamezne vaje v terapiji. Izzivi so podobni, kot navajajo drugi avtorji, in sicer glede zasebnosti podatkov, pristranskosti in natančnosti.

Gibalno ovirani otroci

Stephanie Alston (2023) meni, da je lahko GUI koristna za vse osebe s PP, saj vsakemu ustvarja tisto, kar potrebuje, npr. besedilo, videoposnetek, navodila, slike, govor ipd. V primeru gibalno oviranih oseb lahko GUI deluje kot prilagojena proteza, oblikovana glede na individualne potrebe uporabnika. Sama proteza torej deluje kot robot, ki razume potrebe posameznika in mu prilagodi gibanje. Nekatera orodja GUI lahko celo upravljajo s tehnološkimi napravami, saj interpretirajo signale, ki jih dajejo uporabnikovi možgani (npr. BrainGate).

Tudi Poly Rani Ghosh idr. (2024) menijo, da lahko GUI namesto gibalno oviranih oseb preko tehnologije prepoznavanja možganskih valov nadzoruje protetične in druge podporne pripomočke. Zaradi edinstvene in kompleksne situacije vsakega posameznika pa je to zelo zahtevna naloga, čeprav se lahko

s preizkušanjem GUI pri določenem posamezniku učinek zelo izboljša in postane personaliziran glede na njegove potrebe. Tveganja uporabe pa so glede osebnih podatkov, ki se jih pridobiva preko možganskega valovanja, tehnologija mora biti pravočasna, dovolj preprosta za uporabnika, mora biti dovolj preverjena pred uporabo in tudi etično nesporna, da ne prihaja do zlorab ali uporabe v napačne namene.

Mohammadi idr. (2018) opisujejo, da je za gibalno ovirane osebe praktična uporaba GUI, ko načrtujejo svojo pot. Orodja GUI namreč ustvarjajo navigacijske poti na osnovi že zbranih vzorčnih poti in tako tovrstne osebe hitreje pripeljejo do želenega cilja.

Dolgotrajno bolni otroci

Anna Katherine Wood (2019) meni, da dolgotrajno bolnim lahko pomaga GUI, ki pretvarja besedilo v govor in tako olajša učenje, če imajo težave z branjem ali so utrujeni in lažje poslušajo kot berejo. Zelo dobrodošli so tudi inteligentni učni sistemi, ki natančno prilagajajo učne vsebine in pristope vsakemu učencu. Delujejo namreč tako, da spremljajo napredek in odzive učenca, nato pa glede na to bodisi zmanjšajo bodisi povečajo število nalog, podajo bolj strukturirana navodila, ponudijo primere, simulacije, ustvarijo kvize za preverjanje znanja ipd.

Sofia Tovedal (2020) ugotavlja, da dolgotrajno bolni otroci potrebujejo neke vrste dnevnik, v katerem opisujejo, kako se jim spreminja stanje bolezni in kako napredujejo. Če to lahko namesto njih ustvari GUI, jim prihrani veliko energije in truda. Nadalje so koristni tudi t. i. socialni agenti, ki delujejo kot govorni roboti za podajanje odgovorov, prosti čas ali raznovrstno svetovanje. Dolgotrajno bolan otrok je namreč lahko izoliran in osamljen, saj tudi spremljevalno osebje ne more biti ves čas prisotno, medtem ko so tovrstna orodja GUI dostopna kadar koli.

Tudi Sehrawat (2023) podaja smernice, da se orodja GUI lahko uporabi za spremljanje bolnikove zdravstvene poti. Tako orodje lahko ustvarja personalizirane načrte zdravljenja v celotnem procesu zdravljenja, bolna oseba pa je pri tem aktivno udeležena. Kot pri vseh ostalih orodjih so tudi pri tem določene omejitve zaradi vprašanj zasebnosti podatkov, etične uporabe in pristranskosti orodij.

Otroci s primanjkljaji na posameznih področjih učenja

Laura Miraglia (2024) meni, da bi lahko na šolskem področju orodja GUI pripomogla, da bi bilo manj učnih težav, saj bi lahko sproti diferencirala učenje in podajala personalizirane povratne informacije. Seveda za tovrstno učenje

učitelji potrebujejo določena usposabljanja, da bodo učinkoviti in da bodo zmanjšali tveganja pri uporabi. Na podoben način, kot deluje ChatGPT, bi tudi govorni roboti v šoli podajali odgovore. Učenci bi zato potrebovali kompetence samoregulacije, ki bi ob uporabi GUI ohranjale njihovo kritično razmišljanje in avtonomijo.

Pesovski idr. (2024) so eksperimentirali z GUI, ki je ustvarjala učna gradiva, npr. vprašalnike z več izbirami, preko katerih so učenci preverili svoje znanje. Takojšnja povratna informacija, ali je odgovor pravilen, je bila še posebej pomembna za učence, ki so imeli večje težave in jim je odgovor predstavljal vodilo, kaj je še treba izboljšati.

Clark (2024) podobno opiše, kako je lahko govorni robot učencem v pomoč, prav tako ostale zmogljivosti GUI, da npr. ustvarjajo videoposnetke, je pa treba biti za vse te uporabe dodatno usposobljen, da so varne in učinkovite.

Otroci z avtističnimi motnjami

Tang idr. (2024) so proučevali, kako deluje govorni robot EmoEden na otroke z visokofunkcionalnim avtizmom. To orodje GUI deluje tako, da si otrok lahko izbere risani karakter, ki nato deluje kot pogovorni robot o določenih socialnih situacijah in ustreznih čustvenih odzivih. Avtorji (Tang idr., 2024) so ugotovili, da so se otroci v pogovor z GUI vživeli in tudi napredovali v prepoznavanju čustev. Učinek je bil odvisen tudi od karakterja otroka, ali je znal slediti pogovornemu robotu in ali je želel sodelovati.

Tudi Cynthia Zastudil idr. (2024) so ugotovili, da je GUI učinkovita za premagovanje primanjkljajev, ki se pojavljajo pri otrocih z avtizmom, to so težave v komunikaciji in prepoznavanju čustev. V svoji raziskavi so preizkusili delovanje GUI, ki je ustvarjala primerne socialne scenarije, ki so jih uporabljali otroci z avtizmom. Strokovnjaki so ocenili, da so bile ustvarjene vsebine zelo podobne tistim, ki jih ustvari človek. Podobno kot pri drugih raziskavah pa tudi tukaj ne gre za natančne in zanesljive tehnološke rešitve.

Kaśka Porayska-Pomsta idr. (2018) so prav tako opazovali učence, ki so svoje socialne veščine in emocionalne kompetence urili preko govornega robota. Ugotovili so, da so se njihove kompetence na omenjenih področjih izboljšale, prišlo je celo do transfera v razredno okolje. Kljub vsemu sporočajo, da se je treba o GUI veliko poučiti, da jo bomo znali uporabljati etično in varno.

Otroci s čustvenimi in vedenjskimi motnjami

Surbhi Seema Sethi in Kanishk Jain (2024) sta pri otrocih s čustvenimi in vedenjskimi težavami preizkusili različna orodja umetne inteligence, med

katerimi je bila tudi GUI. Denimo, klepetalni robot je eden takih, ki je že znan, nato pa so tudi orodja za analizo čustev. Otroci so se ob takih orodjih dobro počutili ter razvili empatijo in angažirano sodelovanje. Pridobili so tudi osebno podporo. Usmeritev za prakso je, da bi morala biti taka tehnološka rešitev multidisciplinarno zasnovana in raziskana v longitudinalni raziskavi.

Krishnan Kavitha idr. (2024) menijo, da je čustvena in vedenjska podpora posebej pomembna za pripadnike generacije Z, ki preživijo veliko časa pred zasloni. Pri njihovem eksperimentu je uporaba GUI izboljšala dobro počutje, ampak je skrb glede osebnih podatkov in varnosti ostala. Vsekakor se je izkazalo, da so bili klepetalni roboti, kot je ChatGPT, dobro pripravljeni, da otroka poslušajo in podajo pozitivne rešitve.

Tudi Sezgin in McKay (2024) menita, da lahko z GUI ustvarjene slike pomagajo, da se oseba nauči določenih socialnih odzivov; vendar je v tem primeru ustvarjanje slik lažje in hitrejše, kot bi bilo, če bi jih izbral strokovnjak. Tveganja za pristranskost in nenatančnost ter etiko pa ostajajo še aktualna in jih je treba zamejiti z regulativi.

Analiza ugotovitev

Da bi odgovorili na raziskovalno vprašanje, pridobljeno literaturo analiziramo v obliki preglednice. Sklepe avtorjev najprej predstavljamo na področju njihovih ključnih ugotovitev, nato pa iz tega izpeljemo še specifičnejše sklepe, kaj so koristi in tveganja uporabe GUI za določeno skupino oseb s PP. Sklepi temeljijo na osnovi poiskanih raziskav, kjer so uporabniki določena orodja GUI že preizkusili in tako opozorili, kaj so s tem pridobili (koristi) in v čem so bile nevarnosti (tveganja).

Rezultati oz. interpretacija ugotovitev

Ugotavljamo, da na področju oseb s PP sicer obstajajo možnosti uporabe GUI, vendar z določeno mero previdnosti in celo tveganj. Aktualni avtorji nas usmerjajo v razmišljanje, da je najkoristneje in najpraktičneje, če orodja GUI pomagajo na tistih življenjskih področjih, ki jih določen primanjkljaj, motnja ali ovira najbolj prikrajša. V tem smislu orodja pridobijo podporno vlogo, v smislu nadomeščanja fizičnega somišljenika, svetovalca, asistenta ali celo določenega specialista. Generiranje oz. ustvarjanje potrebnih informacij ali prilagoditev na osnovi prejšnjih vzorcev izkazanih potreb nakazuje zmožnosti GUI, da personalizira odgovor in je v tem smislu podobna človeškemu odzivu. Tveganja se porajajo takrat, ko je potreba po natančnosti večja in se lahko nenatančni odgovori spremenijo v nevarnosti za osebo.

Preglednica 1 Ugotovitve avtorjev o uporabi GUI po skupinah oseb s PP

Avtorji	Ključne ugotovitve	Koristi	Tveganja
Otroci z motnjami v duševnem razvoju			
Dorit Hadar Souval idr. (2024)	Za osebe s težavami na kognitivnem področju je GUI pomembna na osebnem, medosebnem in okoljskem področju (v smislu, kako se znajti v določenem prostoru (tudi v smislu orientacije) in času).	Opolnomočenje, socialna vključenost, avtonomija, samostojnost, enakopravnost in boljša izkoriščenost močnih področij uporabnikov.	Etika uporabe (vprašanja zasebnosti in varnosti podatkov, pristranskost ipd.).
Banerjee idr. (2024)	Osebe z motnjami v razpoloženju se lahko z GUI kadar koli pogovarjajo in pridobijo nasvete za spremembo (npr. idejo za fizično aktivnost, sproščanje ali se celo vključijo v terapevtski proces).	Dostopnost psihoterapevtske pomoči takrat, ko jo uporabniki potrebujejo.	Pristranskost, kibernetski napadi.
Rahman (2024)	Otroci lahko urijo interakcijo in pridobijo nasvete, kako odvrniti negativne misli. Starši pridobijo ideje, kako otrokom pomagati v duševnih stiskah.	Dostopnost psihoterapevtske pomoči takrat, ko jo otroci in starši potrebujejo.	Pristranskost, halucinacije, vprašanja zasebnosti.
Slepi in slabovidni otroci oz. otroci z okvaro vidne funkcije			
Bendel (2024)	GUI poda predstavo, kdo ali kaj je pred uporabniki, z vsem opisom in tudi nasveti za odločanje (npr. modni nasveti).	Samostojnost v nekaterih socialnih situacijah, ko ni nevarnosti oz. tveganj uporabe.	Nenatančnost, vprašanja zasebnosti, odvisnost.
Rudaiba Adnin in Maitraye Das (2023)	Slepe osebe dobijo informacije, kakšno je okolje.	Samostojnost v nekaterih situacijah, ko ni tveganj uporabe.	Nenatančnost, pristranskost, nezanesljivost.
Jungyoon Choi idr. (2020)	Slepe osebe lahko oddajo pisno nalogo na digitalnih platformah.	Samostojnost v izobraževalnem procesu, ko morajo udeleženci oddati pisno nalogo.	Nedostopnost; omogočen je le besedilni in tabelarični zapis (manjkajo grafi, slike in enačbe).
Gluhi in naglušni otroci			
Mariana Arroyo Chavez idr. (2024)	Gluhe osebe s pomočjo GUI slišano besedo preberejo (podnapisi).	Enakovredna možnost udeležbe (npr. na izobraževanjih).	Nenatančnost.
Ahlawat (2024)	V prihodnosti se pričakuje, da bo GUI pretvorila besedilo ali govor v znakovni jezik in obratno.	Izboljša se komunikacija med slišečimi in neslišečimi osebami.	Nenatančnost.
Si Chen idr. (2024)	Gluhe osebe lahko svoje sporočilo posnamejo v znakovnem jeziku in ga s pomočjo GUI pretvorijo v videoposnetek.	Zabavna in vključujoča udeležba gluhih na digitalnih platformah.	Vprašanja anonimnosti uporabnikov, nerazumljiv robotski slog komunikacije.

Nadaljevanje na naslednji strani

Preglednica 1 Nadaljevanje s prejšnje strani

Avtorji	Ključne ugotovitve	Koristi	Tveganja
Otroci z govorno-jezikovnimi motnjami			
Helen Qin (2024)	GUI pomaga pri ustvarjanju učnih kartic za učenje fonološkega zavedanja.	Personalizirane vaje za izboljšanje fonološkega zavedanja.	/
Keren Mitsue Ramírez Vergara idr. (2024)	GUI ustvarja zgodbe in jih pripoveduje.	Zgodbe, ki spodbujajo socialno vključevanje.	Manjše napake v izgovorjavi.
Yao Du in Felix Juefei-Xu (2024)	GUI ustvarja terapevtska gradiva in simulira komunikacijo.	Nova in prilagojena gradiva za vaje v govorno-jezikovni terapiji.	Vprašanja zasebnosti podatkov, pristranskost, nenatančnost.
Gibalno ovirani otroci			
Stephanie Alston (2023)	GUI deluje kot prilagojena proteza, ki razume potrebe posameznika in mu prilagodi gibanje. Omogoča tudi, da gibalno ovirani lažje dostopajo do spletnih strani.	Personalizirani pripomočki za gibanje, dostopnost spletnih strani.	/
Poly Rani Ghosh idr. (2024)	GUI omogoča nadzor protetičnih in drugih pripomočkov.	Personalizirani pripomočki za gibanje.	Vprašanja o zasebnosti podatkov, preprosti, etični, varni in preverjeni uporabi.
Mohammadi idr. (2018)	GUI ustvarja nove poti na osnovi že zbranih vzorčnih poti.	Lažje načrtovanje potovanja.	/
Dolgotrajno bolni otroci			
Anna Katherine Wood (2019)	GUI pretvarja besedilo v govor in prilagaja učne sisteme vsakemu učencu.	Na personaliziran način olajša učenje, kadar gre za težave z branjem ali utrujenost.	/
Sofia Tovedal (2020)	GUI ustvari dnevnik, kako se spreminja stanje bolezni. Lahko tudi svetuje, npr. glede prostega časa.	Lažje premagovanje osamljenosti. Uporabniku prihrani veliko energije in truda.	/
Sehrawat (2023)	GUI naredi personaliziran načrt zdravljenja.	Boljše spremljanje bolnikove zdravstvene poti.	Vprašanja o zasebnosti podatkov, etični uporabi in pristranskosti orodja.

Nadaljevanje na naslednji strani

Preglednica 1 Nadaljevanje s prejšnje strani

Avtorji	Ključne ugotovitve	Koristi	Tveganja
Otroci s primanjkljaji na posameznih področjih učenja			
Laura Miraglia (2024)	GUI olajša učenje, saj ga diferencira glede na učence in ponudi personalizirane povratne informacije.	Olajša učenje učencem, ki imajo raznovrstne učne težave.	Vprašanja kritičnega razmišljanja in avtonomije uporabnika. Za uporabo je treba biti usposobljen.
Pesovski idr. (2024)	GUI ustvarja vprašalnike z več izbirami.	Olajša ustvarjanje učnih gradiv.	/
Clark (2024)	Govorni robot ustvarja videoposnetke, ki pomagajo pri učenju.	Olajša ustvarjanje učnih gradiv.	Za uporabo je treba biti usposobljen (v smeri varne in učinkovite uporabe).
Otroci z avtističnimi motnjami			
Tang idr. (2024)	GUI deluje kot pogovorni robot na temo socialnih situacij in čustev.	Napredovanje v čustvenih odzivih.	/
Kaśka Porayska-Pomsta idr. (2018)			Vprašanja etične in varne uporabe.
Cynthia Zastudil idr. (2024)	GUI ustvarja socialne scenarije.	Urjenje delovanja v socialnih situacijah.	Nenatančnost, nezanesljivost.
Otroci s čustvenimi in vedenjskimi motnjami			
Surbhi Seema Sethi in Kanishk Jain (2024)	GUI deluje kot pogovorni robot in kot orodje za analizo čustev.	Razvijanje empatije in angažiranosti.	Pri pripravi tehnoloških rešitev je treba multidisciplinarno sodelovati in orodja dolgoročno raziskovati.
Krishnan Kavitha idr. (2024)	GUI deluje kot klepetalni robot oz. svetovalec v dilemah in problemih.	Otrok je slišan in dobi pozitivne rešitve glede na svoj problem/svoje vprašanje, s tem se mu izboljša počutje.	Vprašanja osebnih podatkov in varnosti.
Sezgin in McKay (2024)	GUI ustvarja slike določenih socialnih odzivov.	Ustvarjanje slik o socialnih odzivih je lažje in hitrejše, kot če bi jih ustvaril strokovnjak.	Pristranskost, nenatančnost, etika uporabe. Kaže se potreba po regulativih.

Analiza ugotovitev kaže, da podporo, ki jo daje GUI, sicer lahko raziskujemo po skupinah oseb s PP in da so določena orodja specifična glede na primanjkljaj, medtem ko so druga manj specifična in bi bila lahko uporabljena pri več skupinah oseb s PP.

Specifična orodja GUI so npr. za gluhe in naglušne, za slepe in slabovidne ter za osebe, ki so gibalno ovirane ali imajo govorno-jezikovno motnjo, medtem ko lahko orodja GUI za osebe s primanjkljaji na posameznih področjih učenja koristijo tudi drugim, prav tako orodja GUI za osebe z avtizmom, za osebe s čustvenimi in vedenjskimi motnjami, za dolgotrajno bolne ter za osebe z motnjo v duševnem razvoju. Popolne ločnice ne moremo določiti, saj gre za odvisnost od posameznikovih posebnih ali drugih potreb. Primanjkljaji pa se tudi sopojavljajo, kar pomeni, da oseba potrebuje več raznovrstnih orodij.

Ključne ugotovitve kažejo, da orodja GUI nadgrajujejo orodja umetne inteligence na splošno, saj ustvarjajo na osnovi že znanega in torej posamezniku ponudijo odgovore glede na njegove potrebe oz. prejšnje odgovore. Osebam s PP to zelo koristi, saj jim omogoča pomoč in podporo v obliki in času, ki jim najbolj ustrezata, kar posledično omogoča več samostojnosti, lažjo in hitrejšo dostopnost storitev, večjo mero avtonomije, socialne vključenosti (npr. zaradi lažje komunikacije z drugimi, druženja), opolnomočenja (npr. boljše in lažje izgrajevanje močnih področij, dostop do učnih pripomočkov) ipd. Uporabnike pa skrbi, kako se bodo varovali osebni podatki, ki jih vnašajo v sistem, in ali so odgovori dovolj natančni. Če namreč orodje GUI slepi osebi pove, da so pred njo vrata namesto okno, je to zelo nevarno. Posamezniki se torej ne morejo popolnoma zanesti na odgovore GUI in se morajo tega zelo zavedati. Vprašljivi so tudi pristranskost orodja, etika uporabe, kibernetska varnost na splošno, dostopnost teh orodij ipd.

Sklep in smernice

Sklenemo, da obstajajo možnosti uporabe orodij GUI za otroke s PP, vendar je ugotovitve treba ustrezno aplicirati na vzgojno-izobraževalno polje. Zaradi opisanih tveganj podajamo smernico, da se orodja GUI izdela čim kakovostneje in skupaj z osebami s PP, saj jim bodo le tako ustrezno prilagojena. Kakovost orodja določajo merila natančnosti, zanesljivosti, varne uporabe in dostopnosti. Uporaba orodij mora biti vedno le v podporo in ne more nadomestiti svetovalca, terapevta, učitelja ipd. Predlagamo, da se na vzgojno-izobraževalnem polju določijo pravila, v katerih primerih in kako naj otroci in mladi uporabljajo GUI, da se izkažejo pričakovani cilji in koristi uporabe. Strokovni delavci naj bodo dovolj usposobljeni za uporabo GUI in naj imajo dovolj opreme, ki jim to uporabo tudi omogoča.

V tem članku so predstavljene le izhodiščne možnosti uporabe GUI za osebe s PP, za katere menimo, da se jih za posamezno skupino otrok s PP lahko v naslednjih prispevkih še podrobneje razišče, tako s teoretičnega vidika kot tudi z vidika dobrih praks uporabe ter morebitnih primerov, kjer uporaba ni bila dovolj ustrezna.

Literatura

Adnin, R., in Das, M. (2024). 'I look at it as the king of knowledge': How blind people use and understand generative AI tools. V D. Flatla, F. Hwang, T. Guerreiro in R. Brewer (ur.), *Proceedings of the 26th international ACM SIGACCESS conference on computers and accessibility* (str. 1–14). Association for Computing Machinery.

Ahlawat, S. K. (2024). Digital sign language interpreter to let world learn and communicate: A developmental approach. V P. Shivakumara, S. Mahanta in Y. J. Singh (ur.), *Proceedings of the NIELIT's International conference on communication, electronics and digital technology* (str. 489–495). Springer.

Alston, S. (2023, 6. marec). *How generative AI is being used to enhance accessibility and inclusion for people with disabilities.* LinkedIn. https://www.linkedin.com/pulse/how-generative-ai-being-used-enhance-accessibility-inclusion-alston

Arroyo Chavez, M., Thompson, B., Feanny, M., Alabi, K., Kim, M., Ming, L., Glasser, A., Kushalnagar, R., in Vogler, C. (2024). Customization of closed captions via large language models. V K. Miesenberger, P. Peňáz in M. Kobayashi (ur.), *Computers helping people with special needs: ICCHP 2024* (str. 50–58). Springer.

Banerjee, S., Dunn, P., Conard, S., in Ali, A. (2024). Mental health applications of generative AI and large language modeling in the United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *21*(7), 910.

Bendel, O. (2024). How can generative AI enhance the well-being of blind? *Proceedings of the AAAI 2024 Spring Symposium Series, 3*(1), 340–347.

Chen, S., Cheng, H., Situ, J., Kirst, D., Su, S., Malhotra, S., Angrave, L., Wang, Q., in Huang, Y. (2024). Towards inclusive video commenting: Introducing Signmaku for the deaf and hard-of-hearing. V F. Floyd Mueller, P. Kyburz, J. R. Willimson, C. Sas, M. L. Wilson, P. Toups Dugas in I. Shklovski (ur.), *Proceedings of the CHI conference on human factors in computing systems* (str. 1–18). Association for Computing Machinery.

Choi, J., Song, Y., in Lee, J. (2022). Implementation of voice-based report generator application for visually impaired. *Electronics*, *11*(12), 1847.

Clark, D. (2024). *Artificial intelligence for learning: Using AI and generative AI to support learner development.* Kogan Page.

Du, Y., in Juefei-Xu, F. (2023, 1. junij). *Generative AI for therapy? Opportunities and barriers for ChatGPT in speech-language therapy.* OpenReview. https://openreview.net/pdf?id=cRZSr6Tpr1S

Ghosh, P. R., Halder, S., in Mowla, H. (2024). Impact of generative AI models on neurocybernetics for enhancing brain-computer interface adaptability in motor disabilities. *Journal of Primeasia, 4*(1). https://doi.org/10.25163/primeasia.4140047

Kavitha, K., Joshith, V. P., in Sharma, S. (2024). Beyond text: ChatGPT as an emotional resilience support tool for Gen Z – A sequential explanatory design exploration. *E-Learning and Digital Media.* https://doi.org/10.1177/20427530241259099

Miraglia, L. (2024). The promise of generative artificial intelligence: Psychological implications in educational contexts. *Rivista di Scienze dell'Educazione*, *62*(1), 86–104.

Mohammadi, M., Al-Fuqaha, A., in Oh, J. S. (2018). Path planning in support of smart mobility applications using generative adversarial networks. V *2018 IEEE International conference on internet of things (iThings) and IEEE green computing and communications (GreenCom) and IEEE cyber, physical and social computing (CPSCom) and IEEE smart data (SmartData)* (str. 878–885). Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Pesovski, I., Santos, R., Henriques, R., in Trajkovik, V. (2024). Generative AI for customizable learning experiences. *Sustainability*, *16*(7), 3034.

Porayska-Pomsta, K., Alcorn, A. M., Avramides, K., Beale, S., Bernardini, S., Foster, M. E., Frauenberger, C., Good, J., Guldberg, K., Keay-Bright, W., Kossyvaky, L., Lemon, O., Mademtzi, M., Menzies, R., Pain, H., Rajendran, G., Waller, A., Wass, S., in Smith, T. J. (2018). Blending human and artificial intelligence to support autistic children's social communication skills. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), 25*(6), 35.

Qin, H. (2024). Generative AI applications in helping children with speech language issues. *Proceedings of the AAAI Symposium Series, 3*(1), 399–400.

Rahman, M. M. (2024). Generative AI: A promising, but cautious, ally in children's mental health. *JMIR Preprints.* https://s3.ca-central-1.amazonaws.com/assets.jmir.org/assets/preprints/preprint-60321-submitted.pdf

Ramírez Vergara, K. M., López-Chau, A., in Hernández, R. R. (2024). Storytelling utilizing generative AI to foster inclusion of individuals with disabilities. *Ingenius*, *32,* 101–113.

Sehrawat, S. K. (2023). Empowering the patient journey: The role of generative AI in healthcare. *International Journal of Sustainable Development Through AI, ML and IoT, 2*(2), 1–18.

Sethi, S. S., in Jain, K. (2024). AI technologies for social emotional learning: recent research and future directions. *Journal of Research in Innovative Teaching and Learning, 17*(2), 213–225.

Sezgin, E., in McKay, I. (2024). Behavioral health and generative AI: A perspective on future of therapies and patient care. *NPJ Mental Health Research, 3,* 25.

Souval, D. H., Haber, Y., Tal, A., Simon, T., Elyoseph, T., in Elyoseph, Z. (2024). Transforming perceptions: Exploring the multifaceted potential of generative AI for people with cognitive disabilities. *JMIR Neurotechnology, 4,* e64182.

Tang, Y., Chen, L., Chen, Z., Chen, W., Cai, Y., Du, Y., Jang, F., in Sun, L. (2024). EmoEden: Applying generative artificial intelligence to emotional learning for children with high-function autism. V F. Floyd Mueller, P. Kyburz, J. R. Willimson, C. Sas, M. L. Wilson, P. Toups Dugas in I. Shklovski (ur.), *Proceedings of the CHI Conference on human factors in computing systems* (str. 1–20). Association for Computing Machinery.

Tovedal, S. (2020). The potential of artificial intelligence in increasing quality of life for children suffering from long term illness. V U. Söderström, L. Freidovich, T. Nordström in K. Kunert (ur.), *Proceedings of the eighteenth student conference in interaction technology and design and of the sixth student conference in electronics and mechatronics* (str. 21–29). Umeå University.

Vovk-Ornik, N. (ur.). (2015). *Kriteriji za opredelitev vrste in stopnje primanjkljajev, ovir oz. motenj otrok s posebnimi potrebami.* Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

Wood, A. (2019). Inclusive education for students with chronic illness: Technological challenges and opportunities. V J. Knox, Y. Wang in M. Gallagher (ur.), *Artificial intelligence and inclusive education: Perspectives on rethinking and reforming education* (str. 135–148). Springer.

Zakon o usmerjanju otrok s posebnimi potrebami (ZUOPP-1). (2011). *Uradni list Republike Slovenije*, (58). https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO5896

Zastudil, C., Holyfield, C., Kapp, C., Crosland, X., Lorah, E., Zimmerman, T., in MacNeil, S. (2024, 20. avgust). *Exploring the use of generative AI to support automated just-in-time programming for visual scene displays.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.11137

Possibilities of Using Generative Artificial Intelligence for Children with Special Needs

The article outlines the areas where generative artificial intelligence (GEN-AI) may benefit different groups of children with special needs (SN) in terms of progress and development. Since this topic remains relatively unexplored in Slovenia, we relied on examples from foreign authors who describe the potential of GEN-AI to help overcome the deficits or obstacles for individuals with SN across various ages and social contexts. GEN-AI can assist them in particularly challenging areas, such as creating schedules, suggesting activities for well-being, offering fashion advice, converting text or speech to sign language and vice versa, enhancing participation on digital platforms, making flashcards for phonological awareness training, and simulating communication. With the help of GEN-AI, individuals with SN can improve their independence, social inclusion, autonomy, and equality and thus better leverage their strengths. However, certain risks are associated with using GEN-AI tools as they may

be biased, insufficiently accurate, or unreliable; privacy and data security also remain a concern. By addressing the benefits and risks of GEN-AI use in individuals with SN, the article provides insights into where the technological and educational solutions should be directed to make GEN-AI as practical as possible in the future.

Keywords: children with special needs, generative artificial intelligence, overcoming deficits, barriers, or disorders, benefits, and risks in the use of generative artificial intelligence tools

Socialno in čustveno učenje ter generativna umetna inteligenca v visokošolskem izobraževanju

Alenka Lipovec
Univerza v Mariboru
alenka.lipovec@um.si

Andreja Kozmus
Univerza v Mariboru
andreja.kozmus@um.si

Katja Košir
Univerza v Mariboru
katja.kosir@um.si

Marta Licardo
Univerza v Mariboru
marta.licardo@um.si

Tina Vršnik Perše
Univerza v Mariboru
tina.vrsnik@um.si

Namen poglavja je opisati povezave med socialnim in čustvenim učenjem ter generativno umetno inteligenco v visokem šolstvu, s poudarkom na možnostih, ki se ob tem ponujajo za izboljšanje pedagoških praks. Socialno in čustveno učenje vključuje samozaznavanje, samoregulacijo, socialno zavedanje, odnosne spretnosti in odgovorno sprejemanje odločitev v izobraževalnih kontekstih. Generativna umetna inteligenca ponuja priložnosti za personalizirano poučevanje, vendar so pri uporabi zaradi etičnih izzivov in tveganj, povezanih z zasebnostjo in s pristranskostjo, potrebni posebna znanja in previdnost. V prispevku predstavljamo pregled spoznanj o uporabi umetne inteligence za izboljšanje socialnih in čustvenih kompetenc. V okviru razvijajoče se socialne generativne umetne inteligence predstavimo možnosti uporabe klepetalnikov, inteligentnih sistemov za poučevanje pa tudi socialnih robotov, ki omogočajo personalizacijo, socialno podporo ter simulacijo socialnih veščin. Poudarimo potrebo po celoviti strategiji in sodelovanju učiteljev, razvijalcev tehnologij ter oblikovalcev politik za ustvarjanje varnega in učinkovitega učnega okolja, ki spodbuja kritično razmišljanje in odgovorno uporabo UI v izobraževanju.

Ključne besede: socialno in čustveno učenje, socialna generativna umetna inteligenca, visoko šolstvo, personalizirano učenje

CC BY-SA © 2025 Alenka Lipovec, Katja Košir, Tina Vršnik Perše, Andreja Kozmus, Marta Licardo
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.12

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.

Uvod

To poglavje obravnava presečišče socialnega in čustvenega učenja (SČU) ter pismenosti na področju generativne umetne inteligence (GUI) v okviru visokošolskega poučevanja in učenja. Na začetku so predstavljena teoretična izhodišča obeh področij ter njun pomen pri izboljševanju pedagoškega procesa. Orodja in aplikacije UI v izobraževanju se lahko uporabljajo na različne načine; nekateri omogočajo na študente osredinjeno učenje in poučevanje ter tudi osredotočenost na učitelje in na institucijo (Holmes in Tuomi, 2022). Na študente osredinjeno učenje, poučevanje in ocenjevanje sodi (med drugimi) med ključne standarde za zagotavljanje kakovosti v visokem šolstvu prihodnosti (Thomas in Kelo, 2020). Ob tem pa je potrebno tudi oblikovanje izobraževalnih sistemov, ki ustvarjajo učna okolja, spodbujajoča kritično razmišljanje, ustvarjalnost in samostojno učenje (Brejc, 2023). Uporaba umetne inteligence (UI) v izobraževanju pomeni potencial za tovrstne spremembe, če se uporablja osmišljeno in odgovorno.

Umetna inteligenca ter socialno in čustveno učenje pri poučevanju in učenju v visokem šolstvu

Izobraževalne ustanove so poleg družine in drugih socialnih okolij ključni kontekst za učenje in razvoj posameznika, prostor, kjer se posamezniki učijo o sebi in drugih ter o vrednotah in pričakovanjih skupnosti. Izobraževalno okolje pomembno oblikuje socialno in učno vedenje študentov ter ob upoštevanju njihovih razvojnih potreb podpira konstruktivne vzorce prepričanj in vedenj ali, če je neugodno, pripomore k razvoju nekonstruktivnih vzorcev prepričanj in vedenj. Izobraževalne ustanove so zato pomemben kontekst ne le za kognitivno učenje (učenje predmetnega znanja in spretnosti), temveč tudi za SČU (Durlak idr., 2011).

SČU je proces, v katerem se učimo o sebi in drugih; poteka ves čas, večinoma nesistematično in nenamerno. Obstoj številnih kompetenčnih okvirov za sistematično podporo SČU, ki jih promovirajo vodilne organizacije po vsem svetu, kaže na vse večji pomen osebnega in socialnega razvoja ob izobraževanju ter vseživljenjskem učenju (Sala idr., 2022; Zins in Elias, 2007; Durlak idr., 2011).

Uspešno SČU zahteva podporne odnose in ga je mogoče podpreti v izobraževalnih ustanovah z različnimi delavnicami ter drugimi načrtovanimi dejavnostmi pa tudi v vsakdanjih situacijah. SČU je mogoče sistematično podpirati v skoraj vseh izobraževalnih kontekstih. Pravzaprav je lahko vsaka pedagoška ura pri katerem koli predmetu priložnost, da študenti spoznavajo sebe in druge na načine, ki jim pomagajo prepoznati in razvijati lastne po-

tenciale, krepiti zaupanje v lastne sposobnosti, izražati in sodelovati na različne načine, sprejemati in dajati povratne informacije, obvladovati težave in razvijati odgovornost (Rutar Ilc idr., 2017). Sistematična podpora SČU od učitelja zahteva, da svoje pedagoško delo oblikuje tako, da ustvarja priložnosti za podporo SČU, pri čemer upošteva posebnosti študentov in skupin ter ustvarja varno in spodbudno učno okolje. Pomembno je, da so prizadevanja posameznih učiteljev podprta s celostno strategijo za sistematično podporo SČU na ravni celotne izobraževalne ustanove (Schonert-Reichl, 2017; Košir, 2013).

Pogosto prevladuje prepričanje, da na visokošolski ravni sistematična prizadevanja za podporo SČU niso več potrebna, saj so posamezniki odrasli. Vendar je visokošolsko izobraževanje tudi formativna izkušnja za študente in njegova vloga je podpirati oblikovanje kompetenc, ki jih bodo študenti potrebovali, da bodo uspešni v svojih poklicih. Te poudarke najdemo tudi v ključnih strateških dokumentih za razvoj visokošolskega izobraževanja, na primer Resoluciji o nacionalnem programu visokega šolstva 2011–2020 (2011), Resoluciji o nacionalnem programu visokega šolstva do 2030 (2022) ali *Smernicah za prenovo visokošolskega strokovnega izobraževanja* (2022).

Pričakovanje, da bi morali študenti vstopiti v visokošolsko izobraževanje z že razvitimi samoregulacijskimi sposobnostmi, ki jim omogočajo visoko stopnjo frustracijske tolerance in zrelo spoprijemanje z neuspehom, je nekoliko upravičeno. Hkrati je podpora razvoju kompetenc, ne le predmetnospecifičnih, temveč tudi prenosljivih kompetenc, povezanih z odgovornim ravnanjem in upravljanjem osebnih virov, ključni cilj visokošolskega izobraževanja. Če študenti med študijem v učnem okolju, ki je dovolj varno, da morebitnega neuspeha ne dojemajo kot pomanjkanje sposobnosti, temveč kot priložnost za izboljšanje, pridobijo izkušnjo, da so lahko uspešni, če v študijske dejavnosti vložijo veliko truda, je to lahko pomemben gradnik njihovega proaktivnega odnosa in odpornosti na neuspeh v prihodnosti (Košir, 2021).

Učno ali delovno okolje, ki sporoča, da so napake del učnega procesa, in se ne osredotoča na primerjanje z drugimi, temveč na spremljanje lastnega napredka, lahko veliko pripomore k osredotočenosti na kakovostno učenje. Zagotavljanje visoke ravni podpore ter hkrati visoke ravni strukture in ustrezne kompleksnosti je ključno za podporo kakovostnemu učenju na vseh ravneh izobraževanja, še posebej v okviru pedagoškega procesa, v katerem so vse bolj v ospredju aktivnejša vloga študenta, usmerjevalna vloga učitelja in digitalnih tehnologij (Vrhovski Mohorič idr., 2016) ter povezovanje z orodji UI (Nikitina in Ishchenko, 2024).

Umetna inteligenca in njen razvoj v izobraževanju

UI je začela pridobivati vse večjo pozornost na različnih strokovnih področjih in njen potencial na področju izobraževanja ni izjema (Lin idr., 2023). Tako kot drugi tudi visokošolski učitelji potrebujejo znanje na področju UI, predvsem o tem, kakšne potenciale UI lahko izkoristijo, kaj so pasti pri uporabi UI v izobraževanju in kako naj o UI poučujejo študente (Zawacki-Richter idr., 2019). Uvajanje UI v izobraževalne kontekste namreč prinaša številne tehnične (Drožđek in Pesek, 2024) in etične izzive (Krašna idr., 2024), vključno z omejitvami trenutnih tehnologij UI ter obravnavanjem njenih etičnih vplivov v izobraževanju.

Z vzponom GUI novembra 2022 so se izzivi na tem področju še povečali. Čeprav GUI sama po sebi ne ustvarja povsem novih idej, lahko učinkovito organizira in nadgrajuje ideje uporabnikov, pri čemer je pomembno razumeti, da gradiva, ki jih ustvari GUI, ne morejo nadomestiti znanja, ustvarjalnosti in kritičnega razmišljanja človeških strokovnjakov (Salvagno idr., 2023). Na različne izzive tega področja poskušajo odgovarjati raziskave o razložljivi umetni inteligenci – (angl. *explainable AI* – XUI) in zaupanja vredni umetni inteligenci (angl. *trustworthy AI*). XUI se nanaša na sposobnost UI, da transparentno pojasni svoje odločitve in procese, kar uporabnikom in razvijalcem omogoča boljše razumevanje delovanja sistema ter zagotavlja preglednost in pomoč pri odpravljanju morebitnih napak. Zaupanja vredna UI pa se osredotoča na to, da je zasnovana v skladu z etičnimi načeli, kot so pravičnost, varnost, zasebnost in odgovornost (Ali idr., 2023).

Pismenost o (G)UI je običajno opredeljena kot »nabor kompetenc, ki posameznikom omogočajo kritično vrednotenje tehnologij UI, učinkovito komunikacijo in sodelovanje z UI ter njeno uporabo kot orodje na spletu, doma in na delovnem mestu« (Long in Magerko, 2020, str. 2). Pismenost na področju (G)UI v izobraževanju na splošno vključuje štiri vidike: poznavanje in razumevanje, uporabo, vrednotenje in etična vprašanja, ki temeljijo na prilagoditvi klasičnih pismenosti (Ng idr., 2021).

Za vzpostavitev celovitih programov opismenjevanja na področju (G)UI in zagotavljanje stalne podpore učiteljem so ključna skupna prizadevanja akademskih krogov, izobraževalnih ustanov in oblikovalcev politik (Kadaruddin, 2023). Zagotavljanje enakopravnega dostopa do tehnologij GUI in obravnavanje pomislekov, povezanih z zasebnostjo podatkov, s pristranskostjo, plagiatorstvom ipd., so dodatni izzivi, s katerimi se morajo spoprijemati v visokem šolstvu. Zato je smiselno, da tovrstna usposabljanja vključujejo tudi kompetence za SČU (Lipovec idr., 2024), ki omogočajo kritično vrednotenje tehnologij UI in njihove uporabe v različnih okoljih.

Programi usposabljanja, ki omogočajo praktično uporabo UI v učnih situacijah, pozitivno vplivajo na učinkovitost učiteljev in njihov odnos do UI (Kim, 2021). Na Univerzi v Mariboru smo v okviru projekta SETCOM izvajali izobraževanja za študente in visokošolske učitelje z namenom krepitve pismenosti o UI ter socialnih in čustvenih kompetenc. Učitelji in študenti so z interaktivnim sodelovanjem s sistemi UI razvijali svoje znanje o UI ter hkrati gradili svoje socialne in čustvene veščine. Ključno pri tem je bilo razumevanje odnosa in stališč učiteljev ter študentov do UI, saj na ta odnos vplivajo njihovo zaupanje v tehnologijo, prepričanje o njeni učinkovitosti, pripravljenost sprejemanja novih tehnologij ter zaznavanje vrednosti UI za izboljšanje rezultatov študentov (Nazaretsky idr., 2022; Gado idr., 2021). Pomembno je bilo tudi, da učitelji razumejo, kaj UI je, kako deluje, njene koristi in omejitve v izobraževanju ter kako lahko UI podpira izobraževalne cilje in obstoječe pedagoške prakse (Seufert idr., 2021).

Personalizacija poučevanja z umetno inteligenco

Tehnologije UI, kot so inteligentni sistemi za poučevanje (inteligentni tutorji), omogočajo prilagojeno podajanje vsebin in povratne informacije v realnem času, a odpirajo tudi vprašanja glede zasebnosti, etike in pristranskosti (Kaswan idr., 2024). Modeli UI, ki podpirajo personalizirano poučevanje, se osredotočajo na prilagajanje glede na kognitivno znanje, metakognitivne veščine in afektivna stanja učencev, kar lahko izboljša zadovoljstvo in angažiranost pri študiju (Conati idr., 2021).

Klepetalniki (angl. *chat bots/agents*) so splošen izraz za programsko opremo, ki za interakcijo z ljudmi uporablja sisteme GUI. Poseben primer klepetalnikov so inteligentni sistemi za poučevanje (angl. intelligent tutoring systems – ITS), ki se uporabljajo predvsem v izobraževalnih kontekstih (Khosrawi-Rad idr., 2022). Klepetalniki so sprva delovali kot »strokovnjaki za zagotavljanje specifičnih informacij«, npr. v bančništvu, kasneje pa so postali »pomočniki v vsakdanjem življenju«, kot sta Alexa in Siri. Podoben razvoj je mogoče opaziti v izobraževanju, kjer so se klepetalniki iz prvotnih »pedagoških strokovnjakov«, ki so postavljali vprašanja in preverjali znanje študentov, razvili v sisteme, ki ponujajo usmeritve in pojasnila ter študenta vodijo skozi učni proces, s selektivnim izvajanjem določenih nalog za pomoč pri premagovanju težav (Cassell, 2022; Lane in Schroeder, 2022). Njihove prednosti so prilagodljivost učenja glede na individualne potrebe, prožnost učnega okolja, dostopnost 24 ur na dan, možnost zbiranja in analiziranja podatkov o uporabnikovem učnem procesu, pomoč starejšim in otrokom z motnjami avtističnega spektra ter tudi ocenjevanje kognitivnih sposobnosti in izboljšanje socialnih veščin

uporabnikov (Gubareva in Lopes, 2020; Lane in Schroeder, 2022; Zhong idr., 2020).

Khosrawi-Rad idr. (2022) poudarjajo, da kljub napredku še vedno obstaja pomanjkanje dolgoročnih raziskav o uporabi klepetalnikov. Celovito znanje o njihovi zasnovi in raziskave na različnih ciljnih skupinah so omejene, kar pomeni, da še niso v celoti izkoristili svojega potenciala za dolgoročno uporabo v izobraževanju.

Prepoznavanje ter modeliranje čustev

Za doseganje čustveno obogatenega sodelovanja med človekom in sistemom UI ter omogočanje čustvene komunikacije v okoljih virtualne resničnosti (angl. *virtual reality* – VR), razširjene resničnosti (angl. *augmented reality* – AR) ali mešane resničnosti (angl. e*xtended reality* – XR) je potrebna kombinacija več dejavnikov. V nadaljevanju je predstavljenih nekaj ključnih vidikov in orodij, ki lahko pripomorejo k temu cilju:

Prepoznavanje čustev. Da bi omogočili čustveno komunikacijo, morajo sistemi UI natančno prepoznati in interpretirati človeška čustva. Uporabljajo se lahko tehnike prepoznavanja čustev, kot so analiza obrazne mimike, analiza glasu in fiziološko zaznavanje. Te tehnike uporabljajo računalniški vid, obdelavo zvoka in biometrične senzorje za zaznavanje ter interpretacijo čustvenih znakov uporabnikov. Te informacije služijo kot vhodni podatki za algoritme UI, ki razumejo čustvena stanja uporabnikov in se nanje ustrezno odzivajo (Yu idr., 2024).

Modeliranje čustvene kompetentnosti. Razvoj modelov UI s čustveno kompetentnostjo vključuje usposabljanje sistemov UI za razumevanje in empatično odzivanje na človeška čustva. Algoritme strojnega učenja je mogoče usposobiti z uporabo podatkov, označenih s čustvi, da prepoznajo čustvene vzorce in ustvarijo ustrezne odzive ter na podlagi povratnih informacij uporabnikov natančno prilagodijo vedenje UI (Islam idr., 2021). Rathod idr. (2022) poročajo, da se je izboljšala natančnost prepoznavanja čustev pri otrocih z uporabo vizualnih znakov in XUI, dosegajoč približno 90-odstotno natančnost.

Ustvarjanje orodij, ki omogočajo spodbujanje čustvene kompetentnosti, je pomembno tudi v okoljih virtualne, obogatene ali mešane resničnosti (VR/AR/XR). Ta orodja oblikovalcem in razvijalcem zagotavljajo vmesnike za oblikovanje čustvenih interakcij in vedenja virtualnih entitet. Vključujejo lahko funkcije za določanje čustvenih odzivov na podlagi vnosa uporabnika, določanje čustvenih izrazov in gest ter programiranje interaktivnih scenarijev, ki sprožijo določena čustva. V VR/AR/XR lahko realistični virtualni avatarji in

izrazni agenti UI izboljšajo čustveno komunikacijo. Z naprednimi tehnikami grafičnega upodabljanja je mogoče ustvariti avatarje, ki prikazujejo niansirane izraze obraza, govorico telesa in geste. Uporaba VR za razvoj čustvenih kompetenc je pokazala različne rezultate. Čeprav lahko VR ustvari poglobljena okolja, ki potencialno krepijo učenje čustev, raziskave niso dokončno dokazale njegove učinkovitosti pri krepitvi čustvenih kompetenc (Does idr., 2022). Uspešnost pri prepoznavanju čustev pri VR-avatarjih je bolj povezana s prostorskimi sposobnostmi kot s čustveno kompetentnostjo. Kljub temu je dokazano, da poglobljena VR občutno poveča angažiranost in motivacijo študentov, kar je ključno za učinkovito učenje.

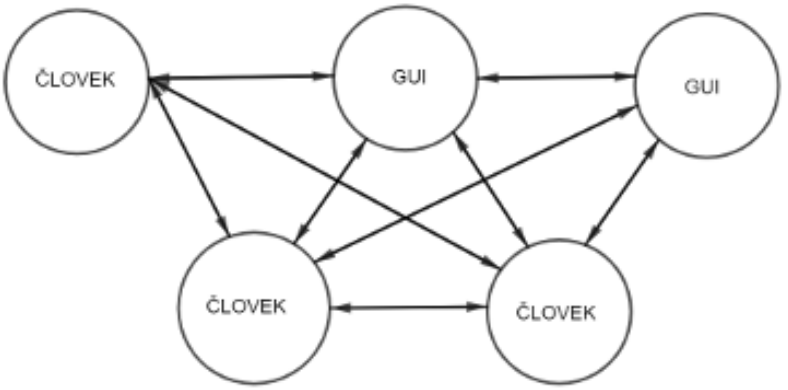
Maggie Mosher idr. (2021) so uporabili VR in AR za poučevanje socialnih veščin učencev z motnjo avtističnega spektra. Pokazale so se pomembne izboljšave v socialni zavesti in prepoznavanju čustev. Podobno sta Jeongah Kim in Jaekwoun Shim (2022) razvila aplikacije, ki temeljijo na AR, za poučevanje konceptov UI pri neinženirskih smereh, ki so bile učinkovite pri krepitvi samozavesti ter zagotavljanju takojšnje povratne informacije.

Nayiri Keshishi in Sarah Hack (2023) sta raziskovala potencial in izzive generativne UI, ki vključuje avatarje pri krepitvi čustvene inteligentnosti (natančneje empatijo, socialne veščine, samozavedanje, samoregulacijo in motivacijo). Pri uporabi avatarjev se je izkazalo, da je najboljši uravnotežen pristop, ki združuje UI in tradicionalne učne metode ter poudarja skrb za etičnost, zasebnost in preprečevanje prevelike odvisnosti od UI (Makransky in Lilleholt, 2018).

Vključevanje prepoznavanja in modeliranje čustvenih reakcij v modele UI omogoča s čustvi obogateno sodelovanje med človekom in UI. Tudi učinkovitost klepetalnikov se je izrazito povečala, ko so pridobili zmožnost prepoznavanja čustvenih stanj. Roboti z vgrajenimi klepetalniki lahko komunicirajo z uporabo prepoznavanja govora, obdelave naravnega jezika in sinteze govora, kar jim omogoča razumevanje in odzivanje na govorjene ukaze ali vprašanja. S pomočjo vizualnih senzorjev in prepoznavanja obraznih izrazov lahko dodatno interpretirajo neverbalne znake, kot so geste ali izrazi obraza, kar omogoča intuitivnejšo komunikacijo. Ideja o uporabi socialnih robotov v učnih in izobraževalnih okoljih je vse bolj priljubljena, pri čemer pa imajo roboti različne vloge glede na potrebe okolja (Ekström in Pareto, 2022).

Socialna generativna umetna inteligenca

Učenje socialnih in čustvenih veščin z UI pomeni združitev tehnologije ter SČU. Takšno povezovanje omogoča razvoj učnega okolja, ki celovito naslavlja kognitivne, čustvene in socialne potrebe študentov, kar vključuje osebno



Slika 1 Ljudje in sistemi GUI se pogovarjajo (prirejeno po Sharples, 2023)

podporo, kot je npr. uporaba imena študenta ali navezovanje na pretekle interakcije (Janssen idr., 2011). Naprednejše oblike prosocialnega vedenja, kot so usmerjanje pozornosti (Saerbeck idr., 2010), izkazovanje skladnega vedenja s pogledom (Huang in Mutlu, 2013), neverbalna neposrednost in izražanje empatije (Belpaeme idr., 2018; Leite idr., 2014), pripomorejo k pozitivnim čustvenim izidom in hkrati izboljšujejo učenje.

GUI v izobraževanju za sedaj poteka tako, da posamezen učenec ali učitelj s sistemom GUI komunicira z vrsto pozivov in odgovorov. Vgrajevanje GUI v različna orodja in družbene medije pa prinaša nove priložnosti ter izzive za družbeno interakcijo med ljudmi in GUI, kar je opisovano kot razvoj socialne GUI. Sharples (2023) napoveduje razvoj sistemov, ki lahko komunicirajo znotraj interneta kot vseprisotnega medija med seboj in s človeškimi uporabniki, kot prikazuje slika 1.

Takšni sistemi lahko delujejo kot učitelji, mentorji, študenti ali vodiči, vendar to odpira pomembna etična vprašanja glede njihove uporabe v izobraževanju. Pri razvoju socialne GEN- UI je ključna zasnova, ki upošteva človekove pravice, spoštuje strokovnost učiteljev ter zagotavlja raznolikost in razvoj učencev. Za to kompleksno nalogo je potrebno sodelovanje strokovnjakov s področij nevronske in simbolne UI, pedagogike ter znanosti o učenju (Sharples, 2023).

Zmogljivosti takšnih sistemov se že danes kažejo v orodjih GUI, kot je npr. ChatGPT-4o, pa tudi v pametnih učnih predmetih (angl. *smart learning objects*), ki s senzorji, procesorji in povezljivostjo omogočajo samostojno zbiranje ter obdelavo podatkov (Štuikys, 2015). V XR pametni predmeti omo-

gočajo simulacije resničnih situacij in učne interakcije, ki obogatijo izobraževalne izkušnje z dodatnimi informacijami, interaktivnimi elementi in s 3D-modeli (Bhosale idr., 2023). Z vključevanjem GUI pametni predmeti omogočajo personalizirane učne poti, kar ustvarja interaktivno učno okolje. Secil Ugur Yavuz idr. (2017) so dokazali, da lahko otroci z uporabo pripovedovanja zgodb pri oblikovanju teh predmetov prispevajo nove zamisli, kar daje vpogled v možnosti prihodnjega razvoja.

Digitalne resne igre (angl. *serious games*) združujejo elemente iger, simulacij in GUI za ustvarjanje dinamičnih učnih okolij, kjer UI analizira vedenje igralcev, prilagaja vsebino ali težavnost ter omogoča prilagojene povratne informacije. UI poganja tudi neigralske like (angl. non-playing characters – NPC), kar izboljša avtentičnost in interaktivnost igre (Lameras idr., 2017). Raziskave, kot so jih naredili Paula C. Ferreira idr. (2021), kažejo, da lahko resne igre spodbujajo empatijo in socialno zavest pri mladostnikih s težavami, kot je kibernetsko ustrahovanje, ter razvijajo kognitivno in afektivno empatijo skozi samorefleksijo in igro.

Paula C. Ferreira idr. (2021) so preučevali, ali lahko doživljanje večigralske resne igre pri mladostnikih, ki so priča kibernetskemu ustrahovanju, spodbudi kognitivno empatijo, empatično skrb za te situacije in afektivno empatijo do vpletenih med igranjem igre. Medtem ko so udeleženci v alternativni intervencijski skupini brali zgodbo igre in izpolnjevali dejavnosti na papirju, so igralci v eksperimentalni skupini sodelovali v fiktivnem socialnem omrežju na teme, povezane z organizacijo šolskega izleta in drugimi dejavnostmi. Rezultati kažejo, da lahko resne igre spodbujajo kognitivno, empatično skrb in afektivno empatijo pri mladostnikih, ki so priča kibernetskemu ustrahovanju. Samorefleksije igralcev dokazujejo njihovo nasprotovanje kibernetskemu ustrahovanju ter razkrivajo kognitivno in afektivno empatijo do žrtev.

Socialni roboti

Socialni roboti so roboti, ki komunicirajo z ljudmi in drugimi roboti na način, ki sledi družbeno sprejemljivim normam ter vedenjskim standardom tistih, s katerimi komunicirajo (Duffy, 2000; Breazeal, 2003). Izraz »socialni« poudarja, da so te interakcije med dvema ali več entitetami v skupnem kontekstu (Duffy idr., 1999). Socialni roboti lahko jasno izražajo svoje namene na način, ki ga ljudje razumejo, in sodelujejo z drugimi, da dosežejo svoje cilje.

Socialni roboti so običajno zasnovani na štirih ravneh (Duffy, 2000): (a) fizična raven, ki vključuje obliko robota in motorične funkcije, (b) reaktivna raven, ki omogoča senzorične reflekse, (c) raven namena, ki vključuje strukture, povezane s prepričanji, z željami in s cilji, ter (d) socialna raven, ki omogoča ko-

munikacijo z ljudmi in drugimi roboti. Tretja raven običajno služi kot podlaga za četrto, kar omogoča razvoj kompleksnega socialnega vedenja.

Prva različica socialnega robota, predstavljena leta 2014 (Van Camp, 2017), je že vsebovala nekatere od teh značilnosti, kot so sposobnost komuniciranja, pripovedovanje šal in namerno delanje napak za olajšanje učenja. Napredni socialni roboti lahko med seboj komunicirajo, prepoznavajo drug drugega ter sodelujejo v socialnih interakcijah. Imajo zgodovino zaznav, interpretacij okolja in interakcij, se učijo od ljudi in drugih robotov ter razvijajo socialne kompetence. Idealno bi morali izražati in zaznavati čustva, komunicirati na visoki ravni, vzpostavljati in vzdrževati socialne odnose s pomočjo človeških znakov, kot so pogledi, geste in mimika (Fong idr., 2003). Prav tako bi morali biti sposobni razumeti ljudi in sebe v socialnem kontekstu, se prilagajati, učiti in integrirati skupne izkušnje v svoje razumevanje sebe ter drugih (Breazeal, 2003).

Raziskave kažejo, da so socialni roboti na splošno dobro sprejeti in koristni na različnih področjih, kot so izobraževanje (Woo idr., 2021), zdravstvo in oskrba starejših (Alonso idr., 2019), vendar sta njihova učinkovitost in sprejemljivost odvisna od dejavnikov, kot so uporabniška izkušnja (Shourmasti idr., 2021), oblikovanje in etični vidiki (Naneva idr., 2020).

V izobraževanju socialni roboti prevzemajo različne vloge. Lahko spodbujajo učenje na drugačne načine, npr. z medsebojnimi interakcijami ali s prevzemom vloge novinca, kar študentom pomaga pri usvajanju novih veščin. Poleg prilagojenega podajanja učnega gradiva lahko nudijo socialno podporo in prilagojeno pomoč, kar je koristno za učenje na kognitivni, socialni in čustveni ravni (Belpaeme idr., 2018). Hansol Woo idr. (2021) poudarjajo, da je raziskav o uporabi socialnih robotov v učilnicah zelo malo in da ne dajejo konsistentnih rezultatov; kljub temu pa vse kažejo, da so socialni roboti manj učinkoviti kot učitelji in celo manj kot nekatere druge oblike tehnologije. Guggemos idr. (2020) so preučevali sprejemanje socialnih robotov med študenti družboslovja in ugotovili, da študenti niso naklonjeni uporabi socialnih robotov za učenje, saj jih le tretjina namerava uporabiti robota v učne namene. Melissa Donnerman idr. (2022) poročajo o raziskavi, v kateri je robotski tutor študentom pomagal pri pripravi na izpite; raziskava je pokazala povečanje subjektivnega znanja, višjo notranjo motivacijo in boljše ocene pri študentih, ki so sodelovali. Skupno pa raziskave kažejo, da so socialni roboti v izobraževanju obetavni, vendar njihova učinkovitost in sprejemanje ostajata omejena.

Sklep

V pričujočem prispevku smo obravnavali potencial GUI za izboljšanje pedagoškega procesa v visokem šolstvu ter za podporo krepitve socialnih in

čustvenih kompetenc učečih se. (Socialna) GUI lahko pripomore k učenju in izboljšanju odnosnih spretnosti, vendar hkrati prinaša tveganje, da postane nadomestek, namesto da bi ostala zgolj pripomoček. Podjetja, ki tržijo na UI temelječe izdelke, namreč pogosto nagovarjajo naše šibkosti, od tendence po iskanju bližnjic do potrebe po udobju, zato je ključno dobro poznavanje in upoštevanje etičnih tveganj pri uporabi UI.

Nereflektirana raba UI lahko vodi v krepitev neravnovesja družbene moči, popačene perspektive in neoptimalno učenje. Prav zato je pomembno, da imajo uporabniki – še posebej učitelji – reflektiran in odgovoren odnos do UI. Ti bi morali biti ustrezni sogovorniki, ki razumejo raznolike perspektive, imajo socialne in čustvene kompetence ter ohranjajo odprtost do sveta učencev.

Literatura

Ali, S., Abuhmed, T., El-Sappagh, S., Muhammad, K., Alonso-Moral, J. M., Confalonieri, R., Guidotti, R., Del Ser, J., Díaz-Rodríguez, N., in Herrera, F. (2023). Explainable artificial intelligence (XAI): What we know and what is left to attain trustworthy artificial intelligence. *Information Fusion, 99*(3), 101805.

Alonso, S., Hamrioui, S., Díez, I., Cruz, E., López-Coronado, M., in Franco, M. (2019). Social robots for people with aging and dementia: A systematic review of literature. *Telemedicine Journal and E-Health, 25*(7). https://doi.org/10.1089/tmj.2018.0051

Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B., in Tanaka, F. (2018). Social robots for education: A review. *Science Robotics, 3*(21), eaat5954.

Bhosale, S., Tejas, A., Gaurav, G., in Akshay, S. (2023). AI and IoT based smart classroom. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology, 3*(1), 626–628.

Breazeal, C. (2003). Towards sociable robots. *Robotics and Autonomous Systems, 42*(3–4), 167–175.

Brejc, M. (2023). Trendi v e-izobraževanju in e-izobraževanje kot trend. V Divjak, M. (ur.), *Sodobni vidiki e-izobraževanja v visokem šolstvu* (str. 227–254). Fakulteta Doba.

Cassell, J. (2022). Socially interactive agents as peers. V B. Lugrin, C. Pelachaud in D. Traum (ur.), *The handbook on socially interactive agents: 20 Years of research on embodied conversational agents, intelligent virtual agents, and social robotics* (2. zv., str. 331–366). Association for Computing Machinery.

Conati, C., Barral, O., Putnam, V., in Rieger, L. (2021). Toward personalized XAI: A case study in intelligent tutoring systems. *Artificial intelligence*, *298*(8), 103503–103530.

Does, F., Saito, T., Nagamine, M., Wee, N., Shigemura, J., Yamamoto, T., Takahashi, Y., Koga, M., Toda, H., Yoshino, A., Vermetten, E., Giltay, E., Liu, Y., Lin, C., Maslova, K.,

Gasimov, A., in Konovalova, A. (2022). Using virtual reality to develop emotional intelligence. *European Psychiatry*, *65*(S1), S244–S245.

Donnermann, M., Schaper, P., in Lugrin, B. (2022). Social robots in applied settings: A long-term study on adaptive robotic tutors in higher education. *Frontiers in Robotics and AI, 9,* 831633.

Drožđek, L., in Pesek, I. (2024). Adaptive learning through AI: Reinforcement learning in teaching multiplication tables. V L. G. Chova, C. González Martínez in J. Lees (ur.), *INTED2024 Proceedings, 18th annual international technology, education and development conference* (str. 4576–4580). International Academy of Technology, Education and Development.

Duffy, B. (2000). *The social robot* [Neobjavljena doktorska disertacija]. University College Dublin.

Duffy, B., Rooney, C. F. B., O'Hare, G. M. P., in O'Donoghue, R. P. S. (1999, 1.–3. september). *What is a social robot?* [Conference presentation]. 10th Irish conference on artificial intelligence and cognitive science, University College Cork, Irska.

Durlak, J. A., Weissberg, R. P., Dymnicki, A. B., Taylor R. D., in Schellinger, K. B. (2011). The impact of enhancing students' social and emotional learning: A meta-analysis of school-based universal Interventions, *Child Development, 82*(1), 405–432.

Ekström, S., in Pareto, L. (2022). The dual role of humanoid robots in education: As didactic tools and social actors. *Education and information technologies*, *27*(9), 12609–12644.

Ferreira, P. C., Veiga Simao, A. M., Paiva, A., Martinho, C., Prada, R., Ferreira, A., in Santos, F. (2021). Exploring empathy in cyberbullying with serious games. *Computers and Education, 166*(2), 104155.

Fong, T. W., Nourbakhsh, I., in Dautenhahn, K. (2003). A survey of social interactive robots: Concepts, design, and applications. *Robotics and Autonomous Systems, 42*(3–4), 142–166.

Gado, S., Kempen, R., Lingelbach, K., in Bipp, T. (2021). Artificial intelligence in psychology: How can we enable psychology students to accept and use artificial intelligence? *Psychology Learning and Teaching, 21*(1), 37–56.

Gubareva, R., in Lopes, R. P. (2020). Virtual assistants for learning: A systematic literature review. V *CSEDU 2020: Proceedings of the 12th international conference on computer supported education* (str. 97–103). SciTePress.

Guggemos, J., Seufert, S., in Sonderegger, S. (2020). Humanoid robots in higher education: Evaluating the acceptance of Pepper in the context of an academic writing course using the UTAUT. *British Journal of Educational Technology, 51,* 1864–1883.

Holmes, W., in Tuomi, I. (2022). A review of automated feedback systems for learners: Classification framework, challenges, and opportunities. *European Journal of Education, 57,* 542–570.

Huang, C. M., in Mutlu, B. (2013). Modeling and evaluating narrative gestures for humanlike robotos. *Proceedings of the Robotics: Science and Systems Conference, RSS'13*. https://www.roboticsproceedings.org/rss09/p26.pdf

Islam, M., Islam, M., Rahman, M., Mondal, C., Singha, S., Ahmad, M., Awal, M., Islam, M., in Moni, M. (2021). EEG channel correlation based model for emotion recognition. *Computers in Biology and Medicine, 136*(14), 104757.

Janssen, J., van der Mal, C., Neerincx, M., in Looije, R. (2011). Motivating children to learn arithmetic with and adaptive robot game. V B. Mutlu, C. Bartneck, J. Ham in V. Evers (ur), *Proceedings in the third internationonal conference on social robotics* (str. 153–162). Association for Computing Machinery.

Kadaruddin, K. (2023). Empowering education through generative AI: Innovative instructional strategies for tomorrow's learners. *International Journal of Business, Law, and Education, 4*(2), 618–625.

Khosrawi-Rad, B., Rinn, H., Schlimbach, R., Gebbing, P., Yang, X., Lattemann, C., Markgraf, D., in Robra-Bissantz, S. (2022). Conversational agents in education: A systematic literature review. *ECIS 2022 Research Papers, 18,* 1091.

Kim, J. O. (2021). The effect of an artificial intelligence education program on teaching efficacy and attitude toward the use of ai technology by elementary school pre-service teachers. *Journal of Korean Practical Arts Education, 34*(3), 181–198.

Kim, J., in Shim, J. (2022). Development of an AR-based AI education app for non-majors. *IEEE Access, 10*(3), 14149–14156.

Krašna, Arcet B., in Gartner, S. (2024). Teachers' opinion about the application of AI in the education. V L. G. Chova, C. González Martínez in J. Lees (ur.), *INTED2024 Proceedings, 18th annual international technology, education and development conference* (str. 4581–4589). International Academy of Technology, Education and Development.

Lameras, P., Arnab, S., Dunwell, I., Stewart, C., Clarke, S., in Petridis, P. (2017). Essential features of serious games design in higher education: Linking learning attributes to game mechanics. *British Journal of Education Technology, 48*(4), 972–994.

Lane, H. C., in Schroeder, N. (2022). Pedagogical agents. V B. Lugrin, C. Pelachaud in D. Traum (ur.), *Handbook on socially interactive agents: 20 years of research on embodied conversational agents, intelligent virtual agents, and social robotics* (2. zv., str. 307–329). Association for Computing Machinery.

Leite, I., Castellano, G., Pereira, A., Martinho, C., in Paiva, A. (2014). Emphatic robots for long-term interaction. *International Journal of Social Robotics, 6*(3), 329–341.

Lin, CC., Huang, A. Y. Q., in Lu, O. H. T. (2023). Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: A systematic review. *Smart Learning Environments, 10*(41), 2–22.

Lipovec, A. (2024). Connecting AI and SEL: A new approach in teacher education. V M. Marinšek in M. Hmelak (ur.), *Interdisciplinary research in teaching and learning:*

New perspectives and approaches (str. 149–165). Univerzitetna založba Univerze v Mariboru.

Lipovec, A., Arcet B., in Ferme, J. (2024), Connecting the dots: Exploring the correlation between socio-emotional learning beliefs and attitudes toward artificial intelligence. V Aberšek, B. in Cotič, M. (ur.), *Challenges and transformation of education for 21st century schools* (str. 215–242). Cambridge Scholars.

Long, D., in Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. V *CHI '20: Proceedings of the 2020 CHI Conference on human factors in computing systems* (str. 1–16). Association for Computing Machinery.

Kaswan, K. S., Dhatterwal, J. S., in Ojha, R. P. (2024). AI in personalized learning. V *Advances in technological innovations in higher education* (str. 103–117). Collaborative Research Centres.

Keshishi, N., in Hack, D. (2023). Emotional intelligence in the digital age: Harnessing AI for students' inner development. *Journal of Perspectives in Applied Academic Practice, 11*(3), 172–175.

Kim, J., in Shim, J. (2022). Development of an AR-based AI education app for non-majors. *IEEE Access, 10,* 14149–14156.

Košir, K. (2013). *Socialni odnosi v šoli*. Subkulturni azil.

Košir, K. (2021). Kaj bi morali visokošolski čitelji vedeti o spodbujanju kakovostnega učenja: miti in sodobna znanstvena spoznanja. V T. Vršnik Perše. (ur.), *Učenje in poučevanje v visokem šolstvu: spoznanja in izzivi* (str. 47–64). Univerzitetna založba Univerze v Mariboru.

Makransky, G., in Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development, 66*(3), 1141–1164.

Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport. (2022). *Smernice za prenovo visokošolskega strokovnega izobraževanja s predlogom izvedbenega načrta (Delovna verzija 1.3)*. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Visoko-solstvo/Javni_razpisi/NOO_poziv_reforma/2022-06-14_Smernice_v1-3.pdf

Mosher, M., Carreon, A., Craig, S., in Ruhter, L. (2021). Immersive technology to teach social skills to students with autism spectrum disorder: A literature review. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders, 9*(7), 334–350.

Naneva, S., Gou, M., Webb, T., in Prescott, T. (2020). A systematic review of attitudes, anxiety, acceptance, and trust towards social robots. *International Journal of Social Robotics, 12*(2), 1179–1201.

Nazaretsky, T., Ariely, M., Cukurova, M., in Alexandron, G. (2022). Teachers' trust in AI-powered educational technology and a professional development program to improve it. *British Journal of Educational Technology, 53*(4), 914–931.

Ng, D., Leung, J., Chu, S., in Qiao, M. (2021). AI literacy: Definition, teaching, evaluation and ethical issues. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology, 58*(1), 504–509.

Nikitina, I., in Ishchensko, T. (2024). The impact of AI on teachers: Support or replacement? *Scientific Journal of Polonia University, 65*(4), 93–99.

Rathod, M., Dalvi, C., Kaur, K., Patil, S., Gite, S., Kamat, P., Kotecha, K., Abraham, A., in Gabralla, L. (2022). Kids' emotion recognition using various deep-learning models with explainable AI. *Sensors, 22*(20), 2–21.

Resolucija o Nacionalnem programu visokega šolstva 2011–2020 (ReNPVŠ11-20). (2011). *Uradni list Republike Slovenije,* (41). https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=RESO71

Resolucija o nacionalnem programu visokega šolstva do 2030 (ReNPVŠ30). (2022). *Uradni list Republike Slovenije,* (49). https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=RESO139

Rutar Ilc., Z. Rogič Ožek, S., in Gramc, J. (2017). *Socialno in čustveno opismenjevanje za dobro vključenost* (4. zv.). Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

Saerbeck, M., Schut, T., Bartenck, C., in Janse, M. D. (2010). Expressive robotos in education: Varying the degree fo social supportive behavior of robotic tutor. V *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (str. 1613–1622). Association for Computing Machinery.

Sala, A., Punie, Y., Garkov, V., in Cabrera, M. (2022). *Evropski okvir za osebno in socialno ključno kompetenco ter kompetenco učenje učenja* (B. Ažman, prev.). Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

Salvagno, M., Taccone, F. S., in Gerli, A. G. (2023) Can artificial intelligence help for scientific writing? *Critical Care, 27*(1), 75.

Schonert-Reichl, K. A. (2017). Social and emotional learning and teachers. *The Future of Children, 27*(1),137–155.

Seufert, S., Guggemos, J., in Sailer, M. (2021). Technology-related knowledge, skills, and attitudes of pre-and in-service teachers: The current situation and emerging trends. *Computers in Human Behavior, 115*(2), 106552.

Sharples, M. (2023). Towards social generative AI for education: Theory, practices and ethics. *Learning: Research and Practice, 9*(2), 159–167.

Shourmasti, E., Palacios, R., Holone, H., in Demi, S. (2021). User experience in social robots. *Sensors, 21*(15), 5052.

Štuikys, V. (2015). *Smart learning objects for smart education in computer science: Theory, methodology and robot-based implementation.* Springer.

Thomas, C., in Kelo, M. (2020). *ESG 2015-2018 ENQUA agency reports: Thematic analysis* (ENQA Occasional Paper 28). European Association for Quality Assurance in Higher Education.

Van Camp, J. (2017). *Review: Jibo social robot*. Wired. https://www.wired.com/2017/11/review-jibo-social-robot/

Vrhovski Mohorič, M., Javornik, K., Željko, I., in Smolič, U. (2016). Ali in kako lahko profesorji, asistenti in študenti aktivno soustvarjamo učni (pedagoški) in raziskovalni proces? V K. Aškerc, S. Cvetek, V. Florjančič, M. Klemenčič, B. Marentič Požarnik in S. Rutar. (ur.), *Izboljševanje kakovosti poučevanja in učenja v visokošolskem*

izobraževanju: od teorije k praksi, od prakse k teoriji (str. 71–79). Center Republike Slovenije za mobilnost in evropske programe izobraževanja in usposabljanja.

Woo, H., LeTendre, G., Pham-Shouse, T., in Xiong, Y. (2021). The use of social robots in classrooms: A review of field-based studies. *Educational Research Review, 33*(14), 100388.

Yavuz, S. U., Bonetti, R., in Cohen, N. (2017). Designing the 'next' smart objects together with children. *Design Journal, 20*(1), S3789–S3800.

Yu, S., Androsov, A., Yan, H., in Chen, Y. (2024). Bridging computer and education sciences: a systematic review of automated emotion recognition in online learning environments. *Computers and Education, 220,* 105111.

Zawacki-Richter, O., Marín, V., Bond, M., in Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16*(1), 2–27.

Zhong, H. Li, X., Zhang, B., in Zhang, J. (2020). A general Chinese chatbot based on deep learning and its' application for children with ASD. *International Journal of Machine Learning and Computing, 10*(4), 519–526.

Zins, J. E., in Elias, M. J. (2007). Social and emotional learning: Promoting the development of all students. *Journal of Educational and Psychological Consultation, 17*(2–3), 233–255.

Social and Emotional Learning and Generative Artificial Intelligence in Higher Education

The purpose of this chapter is to describe the connections between social and emotional learning and artificial intelligence literacy in higher education, with a focus on opportunities to improve pedagogical practices. Social and emotional learning includes self-awareness, self-regulation, social awareness, relationship skills, and responsible decision-making in educational contexts. Generative artificial intelligence offers opportunities for personalized teaching, but its use requires specific knowledge and caution due to ethical challenges and risks related to privacy and bias. This chapter provides an overview of insights into the use of artificial intelligence to enhance social and emotional competencies. In the context of emerging social generative artificial intelligence, we explore the possibilities of using chatbots, intelligent tutoring systems, and social robots, which enable personalization, social support, and simulations of social skills. We emphasize the need for a comprehensive strategy and collaboration among teachers, technology developers, and policymakers to create a safe and effective learning environment that promotes critical thinking and responsible use of AI in education.

Keywords: social and emotional learning, social generative artificial intelligence, higher education, personalized learning.

Inovativna uporaba GUI-tutorja pri projektih iz robotike in elektronike v pedagoškem kontekstu

David Rihtaršič
Univerza v Ljubljani
david.rihtarsic@pef.uni-lj.si

Rok Gabrovšek
Univerza v Ljubljani
Rok.Gabrovsek@pef.uni-lj.si

Prispevek obravnava inovativno uporabo generativne umetne inteligence (GUI) pri predmetih Robotika in Elektronika na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani. V okviru obeh predmetov, ki ju obiskujejo študenti dvopredmetnega študija s smerjo vezave s tehniko, smo v zimskem semestru 2024/2025 uvedli nov pristop k samostojnemu delu študentov pri izdelavi končnih projektov. Uporabljen je bil prilagojen GUI-agent – tutor, nadgrajen z didaktičnimi priporočili (aktivno učenje, Kolbov učni cikel) in opremljen z literaturo, ki je bila obravnavana pri predavanjih. Za razliko od splošnih generativnih modelov je agent upošteval razpoložljivo opremo študentov ter tehnične specifike projektov. Tako je zagotavljal specifične in relevantne odgovore, prilagojene konkretni situaciji. Namen sistema je bil usmeriti študente skozi individualizirano učno pot, pri čemer je agent s svojimi odgovori nadomeščal učiteljevo prisotnost, kadar je bil ta zaseden. Zbrana vprašanja in odgovori, ki so nastali med interakcijami Gen-UI-agenta – tutorja s študenti, bodo služili za nadaljnji razvoj agenta in izboljšanje njegove pedagoške učinkovitosti.

Ključne besede: generativna umetna inteligenca, GUI-tutor, personalizirano učenje, projekti iz elektronike in robotike, Kolbov učni cikel

CC BY-SA © 2025 David Rihtaršič in Rok Gabrovšek
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.13

Uvod

Umetna inteligenca (UI) ima vse večjo vlogo v izobraževanju, saj omogoča personalizirano podporo študentom pri učenju, kar je še posebej pomembno pri tehničnih predmetih, kjer je treba združiti teoretične osnove in praktične veščine. Tehnologija GPT (angl. *Generative Pre-trained Transformer*) uporablja metode UI za učinkovito tvorjenje besedila. Različni modeli te tehnologije (npr. o1, GPT-4o, GPT-3.5 ...) ponujajo priložnost za zagotavljanje interaktivne podpore študentom, vendar njihova splošna zasnova pogosto ne ustreza specifičnim potrebam tehničnih projektov.

Pregled dostopnih podatkov na področju raziskav, ki povezujejo izobraževanje in modele generativne umetne inteligence (GUI), nam daje nekaj za-

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.

nimivih iztočnic. Dosedanje raziskave so zaznale predvsem pozitivno mnenje o orodjih GUI, zlasti v visokošolskem izobraževanju in disciplinah STEM (iz angl. *Science Technology Engineering and Math*). Ti področji sta največkrat omenjeni med vsemi raziskavami. Navdušenje nad aplikacijami GUI, kot so ChatGPT, Google Bard, Bing Chat in Claude, kaže na to, da je skepticizem, ki se je pojavljal, ko so se generativni modeli pojavili prvič, premagan in da je izobraževalna skupnost pripravljena sprejeti tehnologije, ki obetajo preobrazbo izobraževanja. Večina raziskav je uporabljala kvalitativne metode za globlji vpogled v integracijo GUI v izobraževanje (Jahic idr., 2024). Med pregledom opazimo pomanjkanje podatkov za nekatera področja. Tako sklepamo, da je implementacija GUI v osnovnih šolah bistveno manjša v primerjavi z višjimi stopnjami izobraževanja (Fatimah idr., 2024), kar odpira številne možnosti za nadaljnje aktivnosti na tem področju. Primanjkuje tudi kvantitativnih raziskav, še posebej takih, ki bi podale odgovor na to, kako uporaba GUI vpliva na učne dosežke učencev, ki uporabljajo GUI (Jahic idr., 2024).

Rezultati trenutnih raziskav o tem, kako uporaba GUI vpliva na učne dosežke učencev, so zelo deljeni. Za primer si poglejmo nekaj kontradiktornih eksperimentov. Qureshi (2023) opisuje eksperiment, ki je vključeval dve skupini študentov računalništva, ki sta morali rešiti naloge iz programiranja. Kontrolna skupina je lahko za pomoč pri nalogah uporabljala le učbenike in zapiske, eksperimentalna skupina pa tudi ChatGPT. Naloge so bile sestavljene tako, da so ocenjevale znanje uporabe algoritmov in podatkovnih struktur. Skupine so tekmovale v reševanju nalog z različnimi zahtevnostmi, merili pa so število uspešno opravljenih nalog in čas reševanja. Eksperimentalna skupina, ki je uporabljala ChatGPT, je dosegla boljše povprečne rezultate pri vseh nalogah v primerjavi s kontrolno skupino, največje razlike so bile opazne pri lažjih nalogah. Pri zahtevnejših nalogah se je prednost zmanjšala, saj so člani eksperimentalne skupine potrebovali več časa za odpravljanje napak pri kodi, ki jo je ustvaril ChatGPT. Izkazalo se je, da sama uporaba ChatGPT ni zagotovila trajnega prenosa znanja, ki bi ga razvili s tradicionalnimi metodami in s samostojnim učenjem (Qureshi, 2023).

V nekem drugem eksperimentu so Wecks idr. (2024) analizirali vpliv uporabe modelov GUI na akademsko uspešnost študentov ekonomije in podjetništva v uvodnem predmetu računovodstva. Študente so razdelili v dve skupini, ena je uporabljala orodja GUI, druga pa ne. Uporabnike so identificirali s pomočjo orodja ZeroGPT za zaznavanje GUI v oddanem delu. Rezultati so pokazali, da so uporabniki GUI na izpitih v povprečju dosegali za 6,71 točke (vseh možnih točk je bilo 96,67) nižje rezultate kot neuporabniki, zaradi česar menijo, da se je pokazal zaviralni učinek uporabe GUI pri globljem učenju.

Hamsa Bastani idr. (2024) v eksperimentu, izvedenem med srednješolci, analizira vpliv GUI, specifično GPT-4, na učenje matematike v srednji šoli. Učenci so bili razdeljeni v tri skupine: kontrolno skupino brez dostopa do GUI, skupino z dostopom do GPT-4 v obliki običajnega pogovornega modela (splošno dostopnega) in skupino z dostopom do prilagojenega modela GPT Tutor, ki je učence do rešitve popeljal po korakih s sprotnimi namigi. Med vajami sta skupini z dostopom do GUI dosegli boljše rezultate, učenci z dostopom do GPT Tutorja so celo za 127 % bolje reševali vaje od kontrolne skupine. Na končnem izpitu nobena izmed skupin ni imela dostopa do GUI. Skupina, ki je uporabljala splošen model, je dosegla za 17 % slabše rezultate od ostalih dveh. Rezultati kažejo na tveganje prekomernega zanašanja na GUI.

Sklepamo lahko, da GUI izboljša znanje in učne dosežke učencev, vendar pod določenimi pogoji. Pogoji za njen pozitiven vpliv vključujejo ustrezno pedagoško podporo, ki GUI usmerja kot orodje za ustvarjanje znanja namesto zgolj porabe informacij. Izobraževalni sistem mora ustvariti okolje, ki spodbuja etično in premišljeno uporabo GUI ter usposobi študente za samostojno učenje in kritično ocenjevanje virov, kar pomaga preprečevati zlorabe in povečati avtonomijo pri učenju (Saude idr., 2024). Čeprav se raziskovalci še ne strinjajo povsem o učinkih GUI na pridobljeno znanje, pa je več strinjanja o tem, da ima GUI pozitivne vplive na drugih področjih izobraževanja. Visokošolski učitelji, ki so se ukvarjali s spletnimi tečaji, so v večini potrdili pozitivne vplive GUI tako z vidika učinkovitosti učiteljev kot dela študentov (Kotsiovos idr., 2024). Ena glavnih prednosti GUI je prilagoditev povratnih informacij za vsakega posameznika, zaradi česar ima široko uporabnost v izobraževanju in omogoča podporo tako učencem kot učiteljem. Kot učni pomočnik običajno deluje v obliki pogovornih agentov oz. »chatbotov«, ki učence podpirajo pri učenju in opravljanju domačih nalog. Orodja GUI so uporabna pri branju, računanju in pisanju, predlagajo izboljšave za slovnico in slog, povzamejo zahtevnejša besedila ter spodbujajo kritično razmišljanje. Poleg tega GUI omogoča ustvarjanje prilagojenih učnih poti, kar zagotavlja unikatno učno izkušnjo, prilagojeno sposobnostim in tempu učenca. Kot inteligentni tutor prepozna vrzeli v znanju učencev in ponuja prilagojene razlage ter dodatne naloge, s čimer spodbuja globlje razumevanje snovi in podpira individualne učne potrebe. Pomembna prednost je tudi, da je vedno dostopen, kar pomeni, da učenci lahko dobijo odgovor takoj, ko se jim pojavi vprašanje. Vedno bolj nepogrešljiv je tudi za učitelje. Omogoča jim, da lažje pripravijo učne materiale, kot so vaje, predstavitve ali kvizi, ki so prilagojeni različnim stopnjam in potrebam študentov. Učitelji lahko GUI uporabijo za generiranje več verzij učnih načrtov, ustvarjanje razprav o določeni temi ali generiranje dodatnih

vaj. Na ta način GUI omogoča boljšo pripravo na pouk in zmanjšuje čas, ki ga učitelji namenijo administrativnim nalogam, pregledom nalog, ocenjevanju in podajanju povratnih informacij (Rashid idr., 2024).

GUI torej omogoča bolj personalizirano, poglobljenejše in dostopnejše učenje za vse učence, hkrati pa zmanjšuje obremenitve učiteljev in prinaša spremembe v učenje in poučevanje na vseh ravneh izobraževanja. Pri predmetih, kot sta robotika in elektronika, se študentje pogosto srečujejo z ovirami, ki jih sami težko premagajo, čeprav so te včasih banalne narave. Npr., pri pisanju programske kode v jeziku C++ lahko že pozabljeni znak »;« povzroči nepremostljivo težavo za študenta. Taka napaka predstavlja dokaj enostaven poseg za izkušenega učitelja, ki pa študentu ni na voljo v vsakem trenutku. Takšne ovire ne le upočasnijo delo, temveč tudi zmanjšujejo motivacijo študentov, saj brez sprotne podpore težko napredujejo. Z vidika izobraževanja s področij STEM omenimo še, da uporaba GUI učence uvaja v najsodobnejše tehnologije in jih opremlja s ključnimi veščinami za reševanje kompleksnih realnih izzivov, s čimer krepi njihovo inovativnost in zmožnost za reševanje problemov (Rashid idr., 2024). Napisano se dobro povezuje z ugotovitvijo, da predmeti STEM učencev ne pripravljajo zgolj na specifične poklice, temveč naj bi jih opremljali z veščinami, znanjem in miselnostjo, ki so ključni za osebni uspeh ter napredek družbe. Področja STEM igrajo eno osrednjih vlog pri oblikovanju prihodnosti, saj se soočajo z globalnimi izzivi in ustvarjajo inovacije, ki prinašajo rešitve za boljši svet (Marzuki idr., 2024).

Raziskava na področju robotike je pokazala, da je uporaba UI pri učenju robotike izboljšala učne rezultate za 20 %. Poleg tega so se pri učencih izboljšale tudi sposobnosti reševanja kompleksnih problemov ter razumevanje inženirskih in programskih konceptov, povezanih z robotiko (Chipantiza idr., 2024).

Informacije o popularnosti GUI v STEM-izobraževanju in dosežkih v poučevanju robotike kažejo, da bi GUI lahko prinašala korist na tem področju. Predvsem so se za zanimive izkazali pogovorni agenti, ki bi učence vodili pri projektnem delu, kar pri robotiki predstavlja velik del učnega procesa. Agenti za pogovor so aplikacije, tisti virtualni roboti, ki se danes pojavljajo na številnih spletnih straneh, da nam pomagajo najti, kar potrebujemo. Agent je v osnovi aplikacija, ki komunicira z ljudmi z uporabo njihovega naravnega jezika skladno z informacijami, ki jih vsebuje baza podatkov, in modulom umetne inteligence, ki interpretira vprašanja in išče odgovore. Na podlagi tega osnovnega shematskega modela lahko gradimo tako zapletenejše sisteme kakor tudi preprostejše. Zapletenejši sistemi se učijo iz interakcij. Uporaba agentov v izobraževanju ni nekaj novega, nekateri so jih uporabljali že na za-

četku tega stoletja (Paredes Rizo, 2021). Zagotovo pa so v zadnjem obdobju dobili nov zagon z razvojem GUI.

Povezava med UI in robotiko ne ponuja zgolj priložnosti za pridobivanje naprednih tehnoloških spretnosti, temveč spodbuja tudi razvoj kognitivnih, tehničnih, socialnih in čustvenih kompetenc pri učencih. Raziskovalci iz Ekvadorja so pregledali različne raziskave in predstavili načine za integracijo UI v poučevanje robotike. Poudarjajo, da vključitev agentov v izobraževalno robotiko odpira nove priložnosti za izboljšanje dostopnosti, učinkovitosti in učne izkušnje, saj učencem omogoča interaktivno in praktično raziskovanje ter razumevanje zapletenih konceptov. V tem kontekstu agent ne deluje le kot virtualni pomočnik, temveč tudi kot personalizirani učni partner in tutor, ki pomembno prispeva k usposabljanju nove generacije navdušencev in strokovnjakov za robotiko. Uporaba ChatGPT, ene izmed najbolj razširjenih platform GUI, poenostavi iskanje informacij, odpravi dvome ter učence usmerja pri pridobivanju znanja iz robotike. To orodje učencem omogoča jasne in jedrnate razlage temeljnih konceptov, reševanje zapletenih problemov in raziskovanje novih idej na področju robotike. Pri praktičnih projektih ChatGPT deluje kot podporno orodje, ki ponuja namige, nasvete in ustvarjalne rešitve. S sposobnostjo razumevanja učenčevih sporočil se prilagodi potrebam vsakega posameznika ter s tem zagotavlja prilagojeno in učinkovito učenje (Chipantiza idr., 2024).

Nekateri raziskovalci, med drugim Wojciechowski idr. (2023) ter Tlili idr. (2023), so izrazili skrb glede zanesljivosti odgovorov generativnih modelov UI, saj ti pogosto podajajo zavajajoče ali celo lažne informacije. Zavedati se moramo, da informacije, ki jih poda GUI, niso vedno pravilne, kar lahko privede do napačnega razumevanja ali celo napačnih zaključkov. Ta tveganja še posebej izstopajo pri uporabi GUI kot tutorjev, kjer je natančnost ključnega pomena za uspeh učnega procesa.

Pri projektnem delu lahko preverjanje delovanja (ali nedelovanja) posameznega sklopa projekta v fizični obliki služi kot način za validacijo pravilnosti namigov GUI-tutorja. To učencem omogoča, da aktivno preverjajo pridobljene informacije in razvijajo razumevanje skozi praktično delo. Vendar pa GUI prinaša tudi tveganje, da pri učencih pride do pretiranega zanašanja na tehnologijo, kar zmanjšuje njihovo sposobnost samostojnega reševanja težav. Namesto da bi se osredotočili na analizo problema in iskanje lastnih rešitev, se lahko preveč zanašajo na hitro dostopne odgovore. Takšno vedenje lahko negativno vpliva ne le na pridobljeno znanje, temveč tudi na razvoj ustvarjalnosti in kritičnega mišljenja, ki sta ključni veščini pri reševanju kompleksnih problemov. Da bi bil GUI čim učinkovitejši, je nujno, da učenci in učitelji raz-

vijejo kompetence, kot sta digitalna pismenost ter sposobnost preverjanja informacij iz različnih virov (Kharrufa in Johnson, 2024).

Uporaba GUI mora biti premišljena in uravnotežena, saj lahko le tako prispeva k izboljšanju izobraževanja. Hkrati je treba paziti, da se izogne negativnim vplivom, kot sta zmanjšanje ustvarjalnosti in oblikovanje napačnih prepričanj (Tlili idr., 2023).

Glede na trenutni teoretični pregled lahko ugotovimo, da osnovnemu orodju ChatGPT primanjkuje didaktičnih in specifičnih navodil za izvedbo različnih projektov. Zato je bil cilj te raziskave razviti in oceniti prilagojenega GUI-tutorja, ki bi nudil hitro in specifično pomoč študentom pri projektih iz robotike. Ključno raziskovalno vprašanje, ki ga naslavljamo, je: Kako lahko izboljšamo izkušnjo samostojnega učenja s prilagojenimi GUI-tutorji?

Metodologija

Raziskava je bila osredotočena na uporabo GUI-tutorja pri projektih iz robotike. Njen namen je bil preučiti, kako lahko prilagojen GUI-tutor podpira študente pri samostojnem reševanju tehničnih izzivov in prispeva k njihovemu učnemu procesu. Raziskava je vključevala uvedbo GUI-tutorja v praktični del predmeta Robotika, ki je bil zasnovan kot projektno usmerjeno učenje.

Cilji raziskave so bili:

- preveriti uporabnost in učinkovitost GUI-tutorja pri podpori študentom pri tehničnih projektih;
- identificirati morebitne pomanjkljivosti tutorja in jih sproti nasloviti z ustreznimi prilagoditvami;
- zbrati povratne informacije od študentov o njihovem dojemanju tutorja, njegovi uporabnosti in vplivu na njihov učni proces.

Projekti iz robotike

Raziskava je potekala v okviru rednih laboratorijskih srečanj predmeta Robotika in je bila namenjena testiranju osnovnih funkcionalnosti GUI-tutorja ter ocenjevanju njegovega vpliva na samostojno delo študentov. Študenti so pred začetkom projektnega dela deset tednov obravnavali ključne vsebine preko izkustvenega učenja, kjer so spoznavali osnove programskega jezika C++, uporabo krmilnika Arduino UNO z modulom RobDuino, senzorje in aktuatorje ter osnovna načela delovanja mobilnih robotov.

GUI--tutorja smo vključili v zadnjih štirih tednih predmeta, ko so študentje začeli z izdelavo svojih projektov. V tej fazi je bil tutor zasnovan tako, da je

zagotavljal takojšnjo podporo pri reševanju tehničnih težav in razjasnjevanju konceptov. Uporabljeni GUI-tutor je bil sproti prilagajan glede na povratne informacije, zbrane med interakcijami s študenti. S prilagoditvami smo poskušali izboljšati njegovo uporabnost, natančnost odgovorov in sposobnost vodenja študentov skozi učni proces.

Prilagoditev GUI-tutorja

GUI tutor (v nadaljevanju tudi tutor), uporabljen pri projektih iz robotike, je bil naš prvi namenski tutor, posebej zasnovan za podporo študentom pri tehničnih projektih. Zaradi inovativnosti pristopa in omejenega časa za razvoj je bil tutor zasnovan kot prilagodljivo orodje, ki smo ga sproti izboljševali na podlagi povratnih informacij in opažanj iz interakcij s študenti. Ključne prilagoditve so vključevale vsebinsko in didaktično obogatitev tutorja, da bi čim bolje ustrezal specifičnim potrebam predmeta Robotika. Izpostavimo lahko naslednje ključne prilagoditve s primeri navodil[1] v umaknjenih odstavkih:

Vsebinski dodatki: Tutor je bil opremljen z literaturo in gradivom, ki so ga študentje že obravnavali v uvodnem delu predmeta. To je zagotovilo, da so bili odgovori tutorja v skladu z obstoječim znanjem študentov in s tehničnimi zahtevami projekta. Takšen pristop je zmanjšal tveganje za zmedo zaradi neskladij med obravnavano vsebino in vsebino, ki jo najdemo drugod po spletu.

> [V]sebino črpa iz knjige: Experiential Learning of Robotics in iz spletne strani: https://davidrihtarsic.github.io/Experiental_Learning_of_Robotics/. Pri podajanju primerov, razlag ali kodnih izsekov naj uporabi le komponente in materiale, ki so del učnega načrta [...].

Didaktična nadgradnja: Upoštevali smo pomanjkljivosti splošnega orodja ChatGPT, ki mu primanjkuje specifičnih didaktičnih navodil. Tutor je bil obogaten s teorijo izkustvenega učenja in z integracijo Kolbovega učnega cikla (KUC). Cilj je bil podpirati študente v štirih ključnih fazah učenja: pri konkretni izkušnji, refleksiji, konceptualizaciji in eksperimentiranju.

> [P]omaga študentu pri izvedbi projekta iz robotike, s poudarkom na sledenju Kolbovemu učnemu ciklu. Pomočnik vodi študenta skozi štiri ključne faze [...]. Vse faze naj bodo eksplicitno izpostavljene in očitne.

1 Primeri so del računalniškega programa AI tutor, ki je poleg ostale kode vseboval tudi vsebinsko-didaktična navodila, s katerimi smo ga prilagodili našim potrebam poučevanja. Ta navodila praktično pokažejo, kako lahko isto orodje prilagodimo svojim potrebam. Program je dostopen na: https://github.com/davidrihtarsic/AI_tutor

Struktura navodil: Navodila tutorja so bila zasnovana tako, da so študenta vodila korak za korakom pri reševanju problema. Najprej ga je tutor seznanil z enostavnim primerom, ki je služil kot izhodišče razumevanja bistvenih vsebin. Študent je bil nato spodbujen k eksperimentiranju (po KUC) na podlagi predlaganega primera, kar je omogočilo postopno usvajanje znanja in razvijanje veščin skozi praktično delo.

> Odgovori naj bodo podani kot »minimal working example« zato, da jih študentje lažje razumejo in ne prihaja do »kognitivne preobremenitve«. Četudi uporabnik postavi kompleksnejše vprašanje, naj ga pomočnik razčleni na manjše podprobleme in vodi študenta pri reševanju vsakega posebej.

Preverjanje znanja: Na koncu vsakega sklopa je tutor študentu zastavil vprašanja, ki so bila zasnovana tako, da preverjajo razumevanje in sposobnost aplikacije naučenega znanja. Namen teh vprašanj je bil spodbuditi kritično razmišljanje in utrditi usvojeno snov.

> [P]ostavi kompleksnejše vprašanje za preverjanje razumevanja, kot to predvideno po Bloomovi taksonomiji. Vprašanje naj bo napisano v krepkem slogu, odgovori izbirnega tipa A, B, C in D pa naj bodo razvrščeni v seznam spodaj. Asistent naj počaka na odgovor študenta in naj njegov odgovor ovrednoti, po potrebi poda tudi povratno informacijo.

Postopek izvedbe

Tutorja smo preizkusili pri samostojnih projektih iz robotike, ki so bili zasnovani predvsem za gostujoče Erasmusove študente. Ti študentje predznanja s področja robotike niso imeli, kar je raziskavi dodalo poseben izziv: zagotoviti podporo, ki bi omogočila učinkovito delo tudi začetnikom. Po obravnavi osnovnih vsebin so študentje prejeli projektne naloge, zasnovane tako, da so vključevale ključne teme predmeta Robotika: načrtovanje in izdelavo preprostih senzorjev, pisanje programske kode za krmilnik, konstrukcijo mobilnega robota z modularno zbirko Fischertechnik ter povezovanje in uporabo ustreznih aktuatorjev.

Projektne naloge so obsegale enake osnovne vsebine, vendar so bile aplikacije nalog različne, da bi spodbudile kreativnost in prilagoditev na specifične zahteve:

– *Sumo robot:* Naloga je vključevala zasnovo in izdelavo robota, ki je moral prepoznati najbližji predmet v tekmovalnem ringu in ga izriniti.

Projekt je zahteval uporabo senzorjev za zaznavanje razdalje ter algoritmov za usmerjanje gibanja.
- *Primitivni organizem:* Robot je moral najti najsvetlejšo točko v prostoru in se premakniti do nje na določeno razdaljo. Ko je to svetilo po nekaj časa ugasnilo, je moral robot najti novo najsvetlejšo točko in ponoviti algoritme.
- *Robotski sesalnik:* Robot je moral naključno raziskovati prostor, prepoznati temnejša področja podlage in se tam zadržati dlje časa, hkrati pa obiti morebitne ovire.
- *Cestni čistilec:* Robot je sledil črti in s poti odstranjeval ovire, nato pa nadaljeval s sledenjem črti.
- *Reševalec labirinta:* Robot je navigiral po labirintu do označenega cilja s kombinacijo algoritmov za sledenje liniji in zaznavanje sten. Ko je našel označeno mesto v labirintu, pa se je lahko ustavil in prekinil z delovanjem.

Za izdelavo svojih projektov so imeli študentje na voljo štiri tedne po štiri šolske ure. Med celotnim obdobjem so lahko uporabljali ali pomoč učitelja, če jim je bil ta na voljo, ali aplikacijo za pogovor s tutorjem. Vsak teden smo pregledali in analizirali pogovore med študenti in tutorjem. Ta analiza je omogočila identifikacijo težav in potreb po prilagoditvah tutorja. Ključne izboljšave, izvedene med procesom, so vključevale:

- razčlenjevanje nalog: naloge so bile razdeljene na manjše, obvladljivejše sklope, kar je študentom omogočilo postopno reševanje problemov;
- vprašanja za samoevalvacijo: tutor je po zaključku vsakega sklopa študentom postavil vprašanja za preverjanje razumevanja, kar je spodbudilo kritično razmišljanje;
- usmerjanje v literaturo: dodana so bila usmerjena navodila, ki so študente opozorila na specifične vsebine v gradivu, obravnavanem med predavanji;
- prilagoditev uporabniškega vmesnika: tutorjeva komunikacija se je v začetnih tednih odvijala preko terminalnega okna, kar se je izkazalo za manj prijazno do uporabnikov; sredi projekta smo prešli na spletno aplikacijo, ki je omogočala preglednejšo interakcijo z uporabo »markdown« označb za bolj strukturirane odgovore; poleg tega je bila dodana funkcionalnost za učitelje, ki jim je omogočala sprotno spremljanje pogovorov med študenti in tutorjem – ta funkcija je omogočila hitrejše prepoznavanje morebitnih težav in usmerjanje študentov, kadar so se

soočili z napačnimi razlagami ali koncepti.

Proces smo zaključili z vprašalnikom, kjer so študentje podali kvalitativno mnenje o uporabi tutorja GUI. Vprašalnik je zajemal oceno uporabnosti tutorja, njegove sposobnosti reševanja tehničnih težav in podporo pri učenju. Povratne informacije so služile kot osnova za nadaljnje izboljšave sistema in oceno njegovega vpliva na učni proces.

Zbiranje podatkov

Glavni vir podatkov so bili zapisi pogovorov med študenti in tutorjem. Na začetku raziskave, ko je tutor komuniciral preko terminalnega okna, so se pogovori shranjevali lokalno na računalnikih, ki so jih uporabljali posamezni študentje. Takšen pristop je bil sicer funkcionalen, vendar je oteževal centralizirano zbiranje podatkov in njihovo analizo.

Z uvedbo spletne aplikacije in prehodom na strežniško arhitekturo so se vsi pogovori začeli samodejno shranjevati na strežnik. Ta prilagoditev je učitelju omogočila sproten dostop do zapisov pogovorov v realnem času, kar je bistveno olajšalo spremljanje interakcij in omogočilo hitre prilagoditve tutorjevih odgovorov ter izboljšanje učnega procesa.

Poleg zapisov pogovorov smo ob zaključku učnega procesa študentom razdelili kvalitativni vprašalnik, ki je zajemal njihovo mnenje o uporabnosti tutorja, njegovih funkcionalnostih in sposobnosti podpore pri reševanju tehničnih izzivov. Podatki iz vprašalnika so bili zbrani in obdelani v Googlovih preglednicah, kar je omogočilo nadaljnjo analizo povratnih informacij in sintezo ključnih ugotovitev o učinkovitosti sistema.

Analiza podatkov

V analizi podatkov smo pregledali vse zbrane pogovore med tutorjem in študenti ter podatke iz končnega kvalitativnega vprašalnika. Zaradi majhnega števila študentov (pet študentov: dva iz Finske, eden iz Slovaške, eden iz Turčije in eden iz Srbije) smo lahko podrobno analizirali vse interakcije za vsak teden posebej in za vsakega študenta. Takšen pristop je omogočil identifikacijo vzorcev in ključnih izzivov, ki so se pojavljali med uporabo tutorja.

Na podlagi teh ugotovitev smo uvedli več ključnih sprememb, vključno s krajšanjem odgovorov tutorja, z razčlenjevanjem nalog na manjše enote in izboljšanjem uporabniškega vmesnika. Te prilagoditve so bile izvedene sproti med potekom projekta, kar je omogočilo takojšen odziv na opažene težave.

Analiza zbranih podatkov je omogočila sistematično identifikacijo izzivov, s katerimi so se študentje soočali, in prilagoditev tutorja za izboljšanje njego-

ve uporabnosti. Kombinacija pregledov pogovorov in povratnih informacij iz vprašalnika je zagotovila celovit vpogled v učni proces in interakcijo z GUI-tutorjem, kar bo služilo kot osnova za nadaljnji razvoj sistema.

Rezultati

Analiza podatkov, zbranih v raziskavi, razkriva vzorce in ključne vidike uporabe tutorja pri projektih iz robotike. Rezultati temeljijo na pregledih pogovorov med študenti in tutorjem ter povratnih informacijah iz kvalitativnega vprašalnika. Ti podatki osvetljujejo, kako so študentje uporabljali tutorja, s kakšnimi izzivi so se soočali ter kako so prilagoditve tutorja vplivale na njihov učni proces in uspešnost pri projektih. V nadaljevanju so predstavljene ugotovitve glede interakcije med študenti in tutorjem ter drugi ključni rezultati raziskave.

Interakcije med študenti in tutorjem

Na podlagi analize pogovorov med študenti in tutorjem so bili opaženi naslednji vzorci, ki prikazujejo tako učinke kot izzive pri uporabi tutorja v projektu robotike:

- *Ambiciozen začetek vprašanj:* Študentje so pogosto začeli z vprašanji, ki so od tutorja pričakovali celovite rešitve že v prvem odgovoru, npr. »What codes do I need to make a robot vacuum?« To nakazuje začetno težnjo študentov, da iščejo neposredne rešitve brez lastne analize problema.
- *Slaba definicija vprašanj:* Pogosto zastavljena vprašanja, kot npr. »How do I turn on the 2 resistors?«, so bila premalo specifična ali celo napačna, nelogična. To kaže na nezadostno predznanje študentov, ki niso znali jasno opredeliti, kaj točno želijo od tutorja. Tako lahko celo ločimo študente po znanju. Npr. pri enem študentu, ki si s tutorjem niti ni pomagal do konca projekta, lahko že v prvih vprašanjih najdemo zelo ciljno usmerjena vprašanja oz. trditve: »I am using RobDuino modul and I wired the motors to D7, D6 and D5, D4«.
- *Izogibanje vprašanjem za samoevalvacijo:* Študentje so pogosto ignorirali tutorjeva vprašanja za preverjanje njihovega znanja; če jim je tutor npr. zastavil vprašanje: »What do you think will happen if you set the PWM value to 255?«, nanj niso odgovorili, pa čeprav bi jim tutor še enkrat razložil vsebino. To nakazuje nizko motivacijo za analizo odgovorov in pridobivanje novega znanja ter preferiranja hitrega napredovanja k rešitvam. Nekateri so celo tutorja opremili z dodatnimi navodili, naj teh vprašanj niti ne postavlja: »Can you skip the questions at the

end?«

- *Miselna preobremenitev zaradi kompleksnosti odgovorov:* Daljši odgovori, ki so vključevali več novih konceptov ali kompleksne programske rešitve, so študente pogosto preobremenili in tega so se tudi zavedali: »This example is too complicated.« Študentje so zato kopirali le bistvene dele kode in jih neposredno vključili v projekt.
- *Pristop copy-paste k reševanju težav:* Študentje so pogosto izvajali tehniko »copy-paste« brez predhodnega analiziranja kode. Tako so naleteli na pogoste napake podvajanja imena funkcij, niso razumeli, na katero mesto naj novo kodo vgradijo ...
- *Personalizacija interakcije:* Erasmusovi študentje so izpostavili prednost uporabe tutorja v svojem maternem jeziku (npr. »Can you say that in Slovak?«), kar je izboljšalo njihovo razumevanje in omogočilo bolj personaliziran učni proces. Prav tako so si upali zastaviti vprašanja, ki bi jih sicer morda preskočili pri profesorju, ker so se zavedali, da gre za osnovna vprašanja, ki so jih na predavanjih obravnavali večkrat: »How can I measure the value from the IR sensor?«

Interakcija med študenti in tutorjem je bila večinoma takšna, kot bi jo pričakovali v komunikaciji med študenti in učiteljem. Študentje so pogosto iskali konkretne rešitve za svoje težave, postavljali osnovna vprašanja in se opirali na tutorjeve odgovore pri napredovanju v projektu. Ključna razlika pa je bila v zmanjšanju neposrednega bremena za učitelja, ki je v preteklih letih težko zagotavljal sprotno pomoč vsem študentom. V tem eksperimentu je tutor prevzel velik del podpornih nalog, kar je učitelju omogočilo, da je delo študentov spremljal v bolj opazovalni vlogi. Namesto da bi neprestano reševal težave in odgovarjal na vprašanja, je lahko učitelj prepoznal širše vzorce in se osredotočil na strateške prilagoditve učnega procesa. Ta sprememba je prispevala k učinkovitejšemu in manj stresnemu okolju tako za študente kot za učitelja.

Povratne informacije študentov

Študentje so tutorja v povprečju ocenili s 3,8 na lestvici od 1 do 6, pri čemer so se ocene gibale od najnižje, 1, do najvišje, 6, kar kaže na raznolikost izkušenj.

Ena izmed prednosti uporabe tutorja je bila možnost komunikacije v različnih jezikih, kar je bilo še posebej pomembno za skupino študentov iz različnih držav. Ta funkcionalnost jim je omogočila lažje razumevanje strokovnih izrazov v maternem jeziku in s tem boljše razumevanje nalog. Poleg tega so pohvalili takojšnjo odzivnost tutorja, kar je bilo še posebej koristno pri postavljanju preprostih vprašanjih ali v situacijah, ko učitelj ni bil na voljo. Tutor

jih je spodbujal k premisleku o reševanju težav in ponujal smernice za premagovanje konkretnih izzivov. Študentje so bili prav tako zadovoljni z razlagami ključnih konceptov, ki jih je podajal tutor in so pomembni za delovanje robota. Ti vključujejo načine povezovanja elementov in razumevanje programske kode. Podane razlage so jim pomagale bolje razumeti zahtevne tehnične vidike in jih uspešno uporabiti pri svojih projektih. Primeri pozitivnih izkušenj vključujejo študenta, ki je navedel, da mu je tutor pomagal napisati kodo za izogibanje oviram. Po prejetju osnovne kode jo je prilagodil in vključil svoje ideje, kar mu je omogočilo boljše razumevanje programske logike. Drug študent je omenil, da mu je tutor predstavil in razložil delovanje prej nepoznanih programskih funkcij, ki jih je uporabil za upočasnitev robota. Študentje so izpostavili še en ključen vidik, in sicer podajanje referenc iz študijskega gradiva in spletnih virov, kar jim je omogočilo boljše razumevanje kompleksnih tematik. Ta funkcionalnost je bila ocenjena kot ena najuporabnejših za uspešno samostojno delo.

Nekateri študentje so imeli težave z obsežnostjo odgovorov, saj so bili ti pogosto predolgi in nepregledni, kar je oteževalo iskanje bistva. Poleg tega so nekateri opozorili na nezadostno specifičnost odgovorov, kar je povzročilo frustracije pri reševanju nalog. Eden od študentov je izpostavil, da je tutor pogosto ponujal preveč informacij, ki niso bile neposredno uporabne za njegovo specifično vprašanje. Študent z negativno izkušnjo je tutorja ocenil z 1. Poudaril je, da je bila uporaba prezapletena in da ni imel časa za razumevanje dolgotrajnih odgovorov.

Kljub nekaterim kritikam je večina študentov tutorja ocenila kot koristno orodje, ki je izboljšalo njihovo samostojnost in razumevanje tehničnih konceptov. Večina bi ga še naprej uporabljala za namene učenja robotike ter ga priporočila drugim študentom. Zaključimo lahko, da je tutor dobro dopolnil tradicionalno podporo učiteljev in prispeval k njihovemu napredku.

Glavne ugotovitve

Rezultati raziskave kažejo, da so študentje s pomočjo tutorja uspešno reševali težave, s katerimi so se soočali pri projektih iz robotike. Kljub pogostemu pristopu »copy-paste« je narava nekonsistentnih rezultatov, ki jih tak način dela pogosto prinese, študente prisilila v podrobnejšo analizo programske kode, kar je pripomoglo k njihovemu razumevanju in razvoju tehničnih veščin. Tutor se je izkazal kot ključna podpora, ki je študentom omogočila samostojnejše delo in hitrejše napredovanje.

Največja pridobitev pa je bila na strani učitelja, ki se je iz vloge gasilca težav premaknil v opazovalca in analitika učnega procesa. Sprostitev časa in ener-

gije učitelja je omogočila celostnejši pregled nad projektnim delom, s čimer je lahko bolje prepoznal širše vzorce in strateško prilagodil učni proces. To predstavlja pomemben premik v dinamiki projektnega dela, ki prispeva k bolj strukturiranemu in učinkovitejšemu učenju.

Tudi študentje so tutorja prepoznali kot koristno orodje, ki je izboljšalo njihovo samostojnost in razumevanje tehničnih konceptov. Posebej so pohvalili možnost komunikacije v maternem jeziku, takojšnjo odzivnost in podajanje referenc na študijsko gradivo. Glavni pomanjkljivosti sta bili predolgi odgovori in pomanjkanje specifičnosti pri nekaterih nalogah. Kljub tem izzivom je tutor pomembno dopolnil podporo učiteljev in prispeval k napredku študentov.

Razprava

Iris Ma idr. (2024) so ugotovili pozitiven vpliv uporabe tutorjev na osnovi tehnologije GUI na področju poučevanja programiranja. Podobno potrjuje tudi naša analiza pogovorov med študenti in tutorjem, in sicer da je tutor učinkovito reševal nekatere banalne tehnične težave, kot so manjkajoči znaki »;« v kodi, dvojno definirane funkcije in podobni programerski izzivi. Ti rezultati so bili skladni s pričakovanji, saj je tutor, opremljen z ustreznimi navodili, lahko hitro identificiral in predlagal rešitve za takšne napake. Presenetljivo pa je bilo, da se je tutor dobro odrezal tudi pri kompleksnejših izzivih, povezanih z ožičenjem in diagnostiko odpovedi pogonskega motorja. Kljub omejitvi na tekstovno komunikacijo je tutor z natančnimi in strukturiranimi vprašanji študente vodil skozi postopek odpravljanja težav, kar kaže na njegov potencial za podporo tudi pri praktičnejših vidikih projektnega dela.

Dodatne možnosti analize pogovora

Raziskava je pokazala, da bi lahko vprašanja, ki jih študentje zastavljajo tutorju, služila kot osnova za ocenjevanje njihovega znanja. Analiza vprašanj bi omogočila vrednotenje po dveh ključnih merilih: (a) pravilnost: Ali je vprašanje smiselno in natančno? in (b) relevantnost: Ali vprašanje odraža razumevanje študenta o problemu?

Vrednotenje vprašanj bi lahko služilo kot orodje za spremljanje napredka študentov in izboljšanje učnega procesa. Vendar je pomembno poudariti, da bi lahko prekomerno osredotočanje na ocenjevanje vprašanj povzročilo zadržanost študentov pri spraševanju. Yu Chen idr. (2024) v raziskavi razložijo, da nekateri učenci lažje postavijo vprašanje GUI-tutorju kot profesorju, saj s tem ne razkrijejo svojega znanja (ali pomanjkanja le-tega). Ena ključnih prednosti tutorja je prav v tem, da študentje nimajo zadržkov zastavljati vprašanj,

tudi če so ta banalna ali nepovezana z že obravnavano snovjo. Tutor deluje kot orodje brez čustev, ki ne presoja in ne zameri, kar omogoča odprto in sproščeno komunikacijo. S tako komunikacijo so bili študentje motivirani za reševanje problemov. Vsako zastavljeno vprašanje odraža trenutni fokus in potrebo študenta, kar prispeva k njihovi angažiranosti. Ta vidik interakcije je ključen, saj motivacija igra pomembno vlogo pri usvajanju znanja. Tutorjeva sposobnost, da zagotavlja podporo brez zadržkov, povečuje njegov potencial za spodbujanje aktivnega učenja. V prihodnje bi bilo smiselno raziskati, kako lahko tutorji hkrati spodbujajo kakovost zastavljenih vprašanj in ohranjajo sproščenost komunikacije, kar bi še dodatno povečalo njihovo dodano vrednost v učnem procesu.

Tutor je zapolnil vrzel v podpori študentom pri tehničnih projektih, vendar so rezultati pokazali potrebo po izboljšavi metod za preverjanje študentskega znanja. Prehod z neposrednega preverjanja znanja na prilagodljivo ocenjevanje, ki temelji na vprašanju študenta, bi lahko povečal učinkovitost tutorja.

Uporabniški vmesnik:

Lim idr. (2011) so mnenja, da je uporabniško prijazen vmesnik ključnega pomena za uspešno interakcijo med uporabniki in digitalnimi učnimi orodji. Migracija iz terminalnega okna v komunikacijo preko spletnega brskalnika je bila bistvena za izboljšanje uporabniške izkušnje študentov. Terminalski način komunikacije je za večino študentov predstavljal neznano in neprijazno okolje, kar je oteževalo interakcijo s tutorjem. Prehod na spletno aplikacijo pa je študente prestavil v znano okolje, kjer so se počutili bolj samozavestno in sproščeno. To je bistveno vplivalo na kakovost in pogostost njihovega sodelovanja s tutorjem. Velik prispevek novega vmesnika je bila tudi možnost uporabe priljubljene tehnike »copy-paste«. Študentje so lahko enostavno kopirali besedilo napak, ki jih je izpisal prevajalnik programske kode, in jih posredovali tutorju, ki jim je podal ciljno usmerjene odgovore. Ta funkcionalnost je izboljšala učinkovitost komunikacije in omogočila hitrejše reševanje tehničnih težav.

Še večji učinek pa je prinesel prehod na strežniško obliko, ki je učitelju omogočila spremljanje pogovorov študentov s tutorjem v realnem času. Čeprav ta funkcionalnost v začetnem načrtu raziskave ni bila predvidena, se je razvila kot zelo uporabna prilagoditev tekom raziskave. Ta sprememba je prinesla več ključnih prednosti:

– *Pregled nad učnim procesom:* Učitelj je imel boljši vpogled v potek projektnega dela in je lahko prepoznal, kdaj in kje se pojavljajo težave.

- *Možnost posredovanja:* Ob opažanju napačnih interpretacij ali težav je učitelj lahko pravočasno posredoval in zagotovil usmeritev študentom, da so se izognili napačnim učnim tokovom.
- *Ocena študentovega znanja:* Analiza pogovorov je omogočila vpogled v raven razumevanja študentov na podlagi njihovih vprašanj in odzivov.
- *Zaznavanje napačnih predstav* (angl. *misconceptions*): Strežniški vmesnik je olajšal identifikacijo napačnih razumevanj, ki so ovirala nadaljnjo gradnjo znanja.
- *Možnosti analize pouka:* Zbrani podatki omogočajo poglobljeno analizo učnega procesa in načrtovanje izboljšav za naslednje izvedbe predmeta.

Poleg sprotne podpore je strežniški vmesnik omogočil vzpostavitev robustnega sistema, ki ne le podpira učni proces, temveč zagotavlja stalno izboljševanje na podlagi zbranih podatkov. Ta pristop krepi tako kakovost izobraževanja kot tudi zmožnost prilagajanja učnega procesa specifičnim potrebam študentov.

Omejitve raziskave

Raziskava ima več omejitev, ki jih je treba upoštevati pri interpretaciji rezultatov. Ena ključnih omejitev je majhno število študentov, ki so sodelovali v raziskavi (skupaj pet). Takšen omejen vzorec lahko vodi do neobičajnih ugotovitev, ki niso nujno reprezentativne za širšo populacijo. Zaradi tega je treba rezultate obravnavati previdno in jih upoštevati predvsem kot izhodišče za nadaljnje raziskave na večjih vzorcih.

Druga pomembna omejitev je odsotnost kontrolne skupine. Ker raziskava ni vključevala študentov, ki bi izvajali projekt brez uporabe tutorja, je primerjava učinkov tutorja mogoča le z izkušnjami učitelja iz preteklih let. Takšen pristop, čeprav uporaben, ne predstavlja znanstvene metode in ne omogoča neposrednega merjenja vpliva tutorja v primerjavi z alternativnimi oblikami podpore.

Te omejitve kažejo na potrebo po nadaljnjih raziskavah, ki bi vključevale večje vzorce študentov, uporabile kontrolne skupine in omogočile bolj strukturirano oceno vpliva tutorja na učni proces. Kljub temu trenutni rezultati ponujajo dragocene vpoglede in osvetljujejo potencial GUI-tutorjev v projektno usmerjenem učenju.

Zaključek

Raziskava o uporabi tutorja pri projektih iz robotike je pokazala, da so študentje orodje uporabljali na način, ki je v veliki meri odražal običajne vzorce

uporabe takšnih podpornih tehnologij. Študentje so prednostno iskali neposredne rešitve z najmanjšim možnim vložkom, namesto da bi se osredotočali na iskanje in utrjevanje znanja. Kljub našim naporom, da tutorja opremimo z vprašanji za samoevalvacijo, se študentje pogosto niso odzvali na ta vprašanja, kar kaže na pomanjkanje motivacije za refleksijo in poglobljeno učenje. Ta izziv odpira vprašanje, kako dodatno prilagoditi tutorja, da bi spodbujal analitičnejši in bolj angažiran pristop k učenju.

Ena ključnih ugotovitev raziskave je bila, da je prehod na strežniško obliko, čeprav prvotno ni bil načrtovan, izjemno povečal vrednost orodja. Strežniška arhitektura je učiteljem omogočila poglobljenejši vpogled v učni proces, kar je še posebej pomembno pri projektnem delu, kjer je proces močno individualiziran. Ta oblika je učiteljem omogočila spremljanje napredka v realnem času, prepoznavanje težav in napačnih predstav ter prilagajanje pouka na podlagi zbranih podatkov. Strežniška oblika je tudi ponudila priložnost za sistematično analizo pogostih vprašanj, kar odpira možnosti za izboljšanje učnih načrtov in metodologij v prihodnjih izvedbah predmeta.

Na podlagi ugotovitev raziskave bi bilo smiselno prilagoditi projektne naloge tako, da bi bile razčlenjene na več manjših, obvladljivih delov. Napredovanje v naslednjo fazo projekta bi bilo pogojeno s pravilno rešenim vprašalnikom ali nalogo, kar bi študente spodbudilo k razumevanju in refleksiji. Ta pristop bi lahko zmanjšal uporabo pristopa »copy-paste« in prispeval k poglobljenejšemu usvajanju znanja.

Raziskava ponuja dragocene vpoglede v uporabo tutorja, vendar tudi osvetljuje izzive, ki jih je treba nasloviti v prihodnjih raziskavah in implementacijah. Kljub omejitvam raziskave trenutni rezultati potrjujejo velik potencial GUI-tutorjev za podporo projektno usmerjenemu učenju, zlasti v tehničnih disciplinah. V prihodnje bo treba nadalje raziskovati, kako optimizirati funkcionalnosti tutorja in izboljšati učne izkušnje študentov.

Literatura

Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakcı, O., in Mariman, R. (2024). *Generative AI can harm learning*. Social Science Research Network. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4895486

Chen, Y., Jensen, S., Albert, L. J., Gupta, S. in Lee, T. (2023) Artificial intelligence (AI) student assistants in the classroom: Designing chatbots to support student success. *Information Systems Frontiers, 25,* 161–182.

Chipantiza, N., Palma, H., in Morocho, L. (2024). Systematic analysis of artificial intelligence integration in robotics learning in secondary education. *Universidad Ciencia y Tecnología, 28*(123), 111–121.

Fatimah, S., Sarwi, S., in Haryani, S. (2024). Artificial intelligence in STEM education: A bibliometric analysis. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding, 11*(1), 186–200.

Jahic, I., Ebner, M., Schön, S., in Edelsbrunner, S. (2024). Exploring the use of generative AI in education: Broadening the scope. *Lecture Notes in Computer Science, 14724*, 283–304.

Kharrufa, A., in Johnson, I. (2024). The potential and implications of generative AI on HCI education. V *Proceedings of the 6th annual symposium on hci education (EduCHI '24)* (str. 1–8). Association for Computing Machinery.

Kotsiovos, J., Chicone, R., in Doyle, S. (2024). Optimizing student success: The impact of generative AI in teaching and learning. *TCC 2024 Conference Papers.*

Lim, C., Song, H. D., in Lee, Y. (2012). Improving the usability of the user interface for a digital textbook platform for elementary-school students. *Educational Technology Research and Development, 60*(1), 159–173

Ma, I., Krone-Martins, A., in Videira Lopes, C. (2024). Integrating ai tutors in a programming course. In *Proceedings of the 2024 on ACM virtual global computing education conference* (str. 130–136). Association for Computing Machinery.

Marzuki, O. F., Lih, E., Abdullah, W., Khairuddin, N., Inai, N., MD Saad, J., in Aziz, M. (2024). Innovating education: A comprehensive review of STEM education approaches. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development, 13,* 614-631.

Paredes Rizo, C. (2021). *Chatbots en educación secundaria: retos y propuestas para su aplicación en el aula.* Universidad de Valladolid.

Qureshi, B. (2023). ChatGPT in computer science curriculum assessment: An analysis of its successes and shortcomings. V *2023 9th International conference on e-society, e-learning and e-technologies* (str. 7–13). Association for Computing Machinery.

Rashid, S. F., Duong-Trung, N., in Pinkwart, N. (2024). Generative AI in education: Technical foundations, applications, and challenges. V S. Kadry (ur.), *Artificial intelligence and education*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.1005402

Saude, S., Barros, J. P., in Almeida, I. (2024). Impacts of generative artificial intelligence in higher education: Research trends and students' perceptions. *Social Sciences, 13*(8), 410.

Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., in Agyemang, B. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learning Environments, 10*(1), 15.

Wecks, J. O., Voshaar, J., Plate, B., in Zimmermann, J. (2024). *Generative AI usage and exam performance.* Social Science Research Network. https://doi.org/10.2139/ssrn.4812513

Wojciechowski, A. in Korjonen-Kuusipuro, K. (2023). How artificial intelligence affects education? *Human Technology, 19*(3), 302–306.

Innovative Application of a GEN-AI Tutor in Robotics and Electronics Projects in a Pedagogical Context

This paper explores an innovative use of generative artificial intelligence (GEN-AI) in the courses "Robotics" and "Electronics" at the Faculty of Education, University of Ljubljana. In these courses, attended by dual-major students with a focus on technology, a new approach to independent student work on final projects was introduced in the winter semester of the academic year 2024/2025. A tailored GEN-AI agent-tutor was employed, enhanced with didactic principles (active learning, Kolb's learning cycle) and equipped with literature covered in lectures. Unlike general generative models, the agent accounted for the students' available equipment and the technical specifics of the projects. This allowed it to provide specific and relevant responses tailored to the given situation. The system aimed to guide students through a personalised learning pathway, with the agent's responses substituting for the teacher's presence when the teacher was unavailable. Questions and responses generated during interactions between the Gen-UI agent-tutor and students will serve as a basis for further development and improvement of the agent's pedagogical effectiveness.

Keywords: generative artificial intelligence, Gen-AI tutor, personalised learning, electronics and robotics projects, Kolb's learning cycle

Tehnična, tehnološka in druga merila vrednotenja orodij GUI za integracijo v izobraževanje

Alenka Žerovnik
Univerze v Ljubljani
Alenka.Zerovnik@pef.uni-lj.si

Integracija generativne umetne inteligence (GUI) v izobraževalne sisteme ponuja pomembne priložnosti za izboljšanje poučevanja in učenja, vendar zahteva sistematičen pristop k implementaciji. Ključnega pomena je razvoj jasnih meril, ki vključujejo tehnične, tehnološke in etične vidike, kot so točnost, prilagodljivost, razširljivost, razložljivost, varnost, zasebnost podatkov, računalniška učinkovitost in prilagojeno oblikovanje uporabniškega vmesnika. GUI lahko omogoči personalizirane učne izkušnje, poveča angažiranost učečih se in izboljša izobraževalne izide. Pri vpeljevanju GUI pa je ključno nasloviti tudi izzive, kot so digitalna pismenost, akademska integriteta in usposabljanje. Brez ustrezne obravnave tvegamo neustrezno uporabo, širjenje napačnih informacij in zmanjšanje vrednosti učnih dosežkov ter kritičnega razmišljanja. Raziskovalci imamo ključno vlogo pri preučevanju vplivov GUI, oblikovanju smernic in podpiranju strokovnega razvoja učiteljev. Sodelovanje med izobraževalnimi institucijami, tehnološkimi razvijalci in oblikovalci politik je bistveno za oblikovanje strategij, ki povečujejo koristi GUI in zmanjšujejo potencialna tveganja, s čimer se ustvarja vključujoče in učinkovito učno okolje.

Ključne besede: generativna umetna inteligenca, merila ocenjevanja, tehnično-tehnološka merila, etika, vloga deležnikov

CC BY-SA © 2025 Alenka Žerovnik
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.15

Uvod

Integracija generativne umetne inteligence (v nadaljevanju GUI) v izobraževalne sisteme predstavlja prelomno priložnost za izboljšanje prilagojenega učenja, spodbujanje kreativnosti in razvoj kritičnega razmišljanja, kar zahteva sistematičen pristop k implementaciji. Ob razvoju na GUI temelječih tehnologij je ključno opredeliti jasna merila za učinkovito vključevanje GUI v učna okolja in širši izobraževalni prostor. V tem prispevku opredeljujemo bistvena merila, ki bi lahko koristila odločevalcem pri integraciji GUI v izobraževalni kontekst, s poudarkom na tehničnih, tehnoloških, etičnih ter pedagoških in raziskovalnih vidikih.

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.

Pomembna prednost vključevanja GUI v izobraževanje, kot izhaja iz dosedanjih raziskav, je omogočanje personaliziranih učnih izkušenj; ob tem pa je ključno nasloviti izzive, kot so plagiiranje in avtorstvo, dostopnost ter zanesljivost orodij in podatkov ter pomanjkanje znanja o delovanju GUI za polno izkoriščanje njenega potenciala. Čeprav lahko GUI dinamično prilagaja izobraževalne vsebine posameznim potrebam učečih se in s tem vpliva na večjo angažiranost ter motivacijo za učenje, pa lahko ta orodja zaradi svoje zmogljivosti omogočajo tudi bližnjice do rezultatov dela, ki niso plod učne izkušnje učečega se. Empirične raziskave kažejo, da lahko učeči se s pomočjo orodij GUI bistveno izboljšajo svoje izobraževalne izide, saj ta omogočajo prilagajanje in personalizacijo učnih gradiv glede na njihove individualne potrebe ter preference (Aghaziarati idr., 2023; Abbas idr., 2023; Andrade-Girón idr., 2024). Orodja GUI lahko analizirajo podatke o znanju učečih se in ponujajo personalizirana priporočila, s čimer spodbujajo vseživljenjsko učenje in uporabnikom omogočajo večji nadzor nad njihovim izobraževalnim procesom (Xu, 2024). Pedagoške implikacije vključevanja GUI so torej obsežne in tradicionalni pristop »en način za vse« v izobraževanju s tem postaja vse manj ustrezen za zadovoljevanje različnih potreb učečih se (Abbas idr., 2023), saj tehnologije GUI ponujajo priložnosti za razvoj prilagodljivih učnih okolij, ki dajejo prednost angažiranosti in motivaciji učečih se.

Za oceno GUI glede njene potencialne uporabe v izobraževanju je treba upoštevati več ključnih meril s tehničnega in tehnološkega vidika. Tehnični vidik se nanaša na značilnosti, kot so točnost, računalniška učinkovitost in zanesljivost delovanja sistema, medtem ko tehnološki vidik vključuje širši kontekst uporabe, kamor sodijo varnost, zasebnost podatkov, ustrezno prilagojeno oblikovanje uporabniškega vmesnika ter možnosti integracije v obstoječe izobraževalne platforme.

Kljub zaznanim potencialom pa uspešna integracija orodij GUI v izobraževanje zahteva reševanje številnih izzivov. Med največje izzive sistemskega vključevanja zagotovo sodita vzpostavitev ustrezne tehnične in tehnološke infrastrukture, ki podpira varno uporabo orodij GUI v izobraževalnem kontekstu, ter ustrezno izobraževanje vseh deležnikov za učinkovito in etično uporabo. Brez ustreznega usposabljanja se morda potencial orodij GUI za izboljšanje učnih izkušenj ne uresniči v celoti, kar vodi do neoptimalne rabe teh tehnologij (Fahimirad in Kotamjani, 2018), s posledicami, kot so površno razumevanje snovi, odvisnost od tehnologije brez razvijanja kritičnega mišljenja ter pomanjkanje dejanskih učnih koristi za učeče se. Institucije morajo vlagati v ustrezno strojno in programsko opremo ter v celovite ukrepe za zagotavljanje varnosti in zasebnosti podatkov (Mahligawati, 2023). Prav tako

je treba obravnavati etične izzive, povezane z uporabo orodij GUI, kot sta pristranskost algoritmov in tveganje poglabljanja izobraževalnih neenakosti, da bi zagotovili enakopraven dostop do virov in orodij GUI (Britton in Vallis, 2023). Pomemben je tudi vidik izobraževanja zaposlenih in ostalih deležnikov, saj je ustrezno usposabljanje ključno za učinkovito, odgovorno in enakopravno vključevanje GUI v izobraževalne procese.

Razvoj meril za ocenjevanje GUI za uporabo v izobraževanju

Ocenjevanje orodij GUI za njihovo uporabo v izobraževanju zahteva celovit okvir, ki zajema različna merila. Integracija GUI v izobraževalna okolja prinaša priložnosti in izzive, zato je ključno skrbno preučiti, kako ta potencial najbolje izkoristiti z ustreznimi strategijami integracije, s sprejemanjem politik in pravil za uporabo na sistemski ravni ter z razvijanjem načrtov za naslavljanje izzivov, kot sta prepoznavanje potencialnih nevarnosti in iskanje rešitev zanje.

Merila, vezana na vpliv GUI na učinkovitost izobraževanja

Primarno merilo za ocenjevanje orodij GUI v izobraževanju je njihova učinkovitost pri izboljšanju učenja in znanja učečih se. Pri tem gre za zavedanje, da ima GUI neposreden vpliv na učeče se, bodisi kadar so uporabniki učenci, dijaki ali študenti bodisi kadar GUI uporabljajo učitelji, profesorji in raziskovalci. Raziskave kažejo, da lahko GUI znatno poveča ustvarjalnost in vključenost učečih se, še posebej pri pripovedovanju zgodb in sodelovalnih dejavnostih, pri čemer strukturirane in premišljene intervencije z uporabo teh orodij privedejo do merljivih izboljšav, kar nakazuje, da lahko GUI spodbuja globlje učne izkušnje (Pont-Niclos, 2024). Poleg tega imajo orodja GUI potencial za personalizacijo učenja s prilagajanjem individualnim potrebam učečih se, s čimer lahko izboljšajo njihovo pomnjenje in razumevanje (Jayavardhini idr., 2024), zato menimo, da bi morali oblikovalci politik dati prednost orodjem, ki skozi empirične raziskave in pilotne programe dokazujejo izboljšanje izobraževalnih rezultatov učečih se.

Uspešna implementacija GUI v izobraževanje pa je odvisna od pripravljenosti izobraževalcev za učinkovito uporabo teh orodij. Raziskave poudarjajo pomen specializiranega usposabljanja za učitelje, v okviru katerega bi se seznanili z orodji GUI in njihovimi pedagoškimi aplikacijami (Strzelecki, 2023). Programi strokovnega razvoja bi se zato morali osredotočiti na opremljanje izobraževalcev s potrebnimi znanji in spretnostmi za vključevanje GUI v njihove prakse poučevanja, hkrati pa obravnavati potencialne izzive, povezane s sprejemanjem te tehnologije (Alshehri, 2023). Pri tem se je treba zavedati tudi dejstva, da je v Sloveniji digitalna pismenost vseh državljanov relativ-

no nizka (European Commission, b. l.), kar lahko vpliva na strah ter odpor do novih digitalnih tehnologij. Hkrati v slovenskem kurikulu nimamo obveznega predmeta, ki bi učence strukturirano opolnomočil z digitalnimi kompetencami. Tudi v trenutno aktualni prenovi učnih načrtov se odločevalci niso odločili za poseben predmet, ki bi bil namenjen razvijanju digitalnih kompetenc in temeljnih znanj s področja računalništva ter informatike (Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport Republike Slovenije, 2021). Digitalne kompetence bodo pri učečih se razvijali vsi učitelji, pri čemer bo določeno, na katere posamezne kompetence naj se osredotoči učitelj posameznega predmetnega področja in do katere ravni zahtevnosti naj jih razvija (Dolinar idr., 2023). Menimo, da je pomembno zagotoviti usposabljanje vseh učiteljev na ravni Ministrstva za izobraževanje ter poskrbeti, da so izobraževalci ne le usposobljeni za uporabo orodij GUI, ampak tudi sposobni učeče se usmerjati pri njihovi etični in kritični uporabi. Ob tem je ključno osnovno poznavanje delovanja orodij GUI, da bi lahko uporabniki razumeli in lažje interpretirali njihove rezultate.

Pomembno merilo je tudi skladnost orodij GUI z obstoječimi izobraževalnimi standardi in kurikulumi. Integracija GUI v izobraževalne okvire bi morala dopolnjevati in izboljšati trenutne učne prakse, namesto da jih ovira (Nikolopoulou, 2024). Odločevalci morajo oceniti, ali so izbrana orodja GUI skladna s cilji in standardi kurikuluma ter praksami poučevanja in učenja, ter zagotoviti, da njihova uporaba podpira širše izobraževalno poslanstvo, kar vključuje razvijanje znanja, kritičnega mišljenja in kompetenc učečih se. To vključuje sodelovanje z izobraževalci za razumevanje njihovih potreb in preferenc glede integracije GUI, s čimer se spodbuja sodelovalen pristop, ki omogoča učinkovito vključevanje nove tehnologije v izobraževanje.

Etična vprašanja in akademska integriteta

Etika v kontekstu izobraževanja se nanaša na načela in vrednote, ki usmerjajo odgovorno in pravično uporabo tehnologij, kot je GUI, ter zagotavljajo, da uporaba teh orodij podpira dobrobit vseh vpletenih. Akademska integriteta pa vključuje spoštovanje pravil poštenega učenja in poučevanja, vključno s preprečevanjem plagiatorstva in goljufanja, s čimer se ohranja zaupanje v izobraževalni proces. Etična vprašanja so ključnega pomena pri vključevanju GUI v izobraževalna okolja. Hitro sprejemanje orodij GUI sproža skrbi glede akademske integritete, zlasti glede plagiatorstva in goljufanja (Song, 2024), ki onemogočata učenje in zmanjšujeta učinke poučevanja, kar je najtemeljnejša in najključnejša vloga izobraževanja. Orodja GUI lahko ustvarjajo besedilo, podobno človeškemu, zato je nujno vzpostaviti smernice, ki spodbuja-

jo odgovorno uporabo in preprečujejo zlorabo v izobraževalnih kontekstih (Simms, 2024). Poleg tega morajo izobraževalci in oblikovalci politik obravnavati morebitne etične posledice vsebin, ki jih generirajo orodja GUI, saj se pristranskosti, zajete v vhodnih podatkih, na katerih se je model GUI učil, lahko reproducirajo v odzivih, kar je izjemno problematično. Ob tem je treba zagotoviti, da so uporabniki opremljeni z znanjem in s spretnostmi za kritično vrednotenje odzivov GUI (Simms, 2024). To vključuje spodbujanje kulture akademske poštenosti in integritete, kar je ključno za ohranjanje verodostojnosti izobraževalnih institucij.

Cecillia K. Y. Chan (2023) predlaga naslednja temeljna etična načela za umetno inteligenco (UI), ki so zelo smiselno, strukturirano in celovito oblikovana. Njena raziskava temelji na empiričnih podatkih, zbranih s strani 637 udeležencev, in predlaga okvir, ki vključuje pedagoške, upravljavske in operativne dimenzije. Načela, ki jih predlaga, so zasnovana posebej za visokošolski izobraževalni kontekst in temeljijo na praktičnih primerih uporabe GUI. V primerjavi z načeli Unesca in Evropske komisije ta okvir ponuja konkretnejša priporočila, kot so prilagoditev učnih strategij, razvoj novih oblik ocenjevanja in usposabljanje učiteljev za odgovorno uporabo GUI. S tem zagotavlja praktično orodje za učinkovito in etično vključevanje GUI v izobraževanje. Zaradi njihovega premišljenega pristopa predlagamo, da se ta načela upoštevajo pri razmislekih o integraciji GUI v izobraževalne sisteme, saj lahko prispevajo k odgovorni in učinkoviti uporabi teh orodij.

- *Odgovornost* pomeni zagotoviti, da so akterji UI, vključno z razvijalci, oblikovalci politik, izobraževalci in uporabniki, odgovorni za delovanje sistemov (G)UI in upoštevanje etičnih načel.
- *Točnost* pomeni prepoznati in komunicirati o virih napak ter negotovosti v algoritmih in podatkih za obveščanje o postopkih za ublažitev.
- *Možnost revizije* pomeni omogočiti drugim neodvisnim deležnikom, ki niso povezani z lastnikom algoritma, da pregledajo in preverijo vedenje algoritmov s transparentnim razkritjem informacij, kar prispeva k večji odgovornosti in zaupanja vredni uporabi UI.
- *Razložljivost* pomeni prizadevanje za čim večjo transparentnost in razumljivost algoritmov ter njihovih odločitev, pri čemer je cilj omogočiti uporabnikom, da razumejo ključne dejavnike, ki vplivajo na rezultate. Strinjamo se, da je popolna razložljivost pri kompleksnih sistemih, kot so veliki jezikovni modeli, težko dosegljiva. Meja razložljivosti je določena s kompleksnostjo algoritma in z znanjem uporabnika.
- *Pravičnost* vključuje tako odgovornost razvijalcev pri oblikovanju sis-

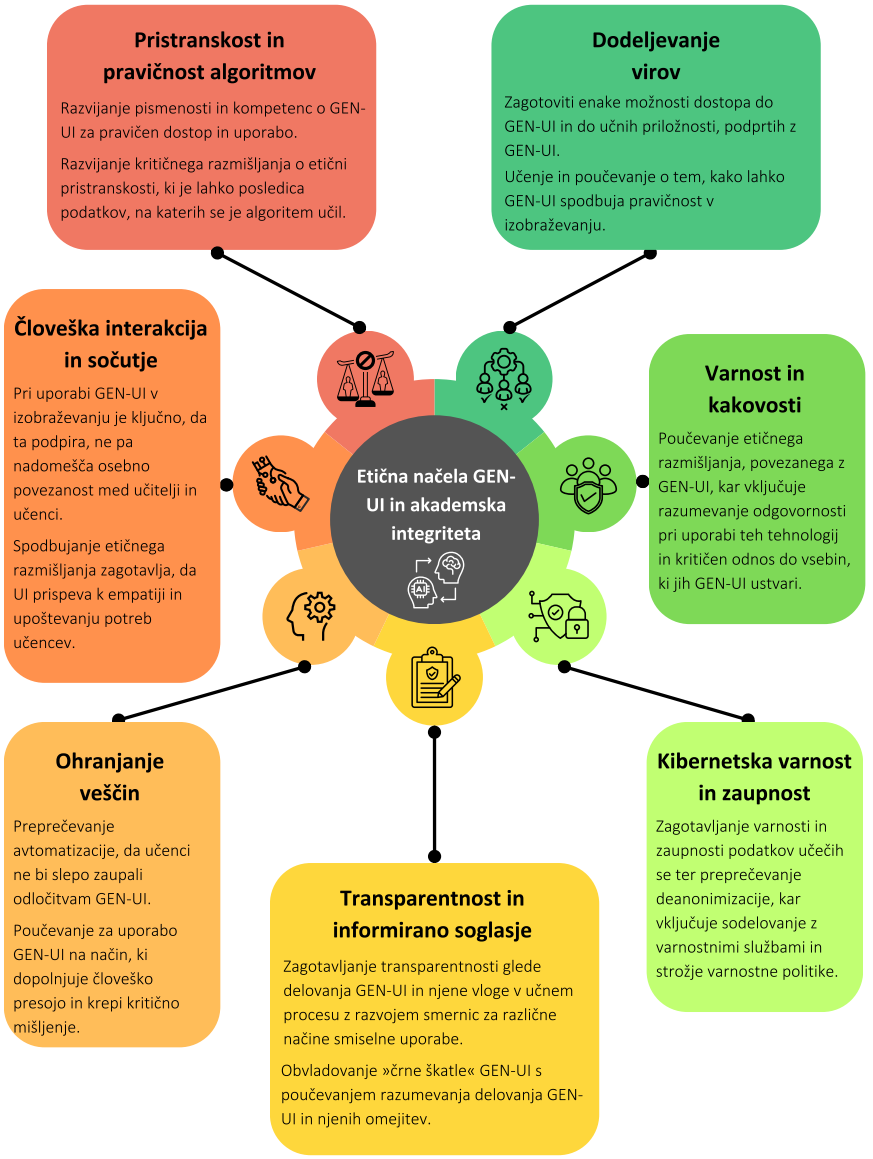
temov kot tudi vlogo uporabnikov (učiteljev in drugih deležnikov) pri uporabi teh sistemov v izobraževalnem okolju. Čeprav je razvojni vidik ključen za zagotavljanje nediskriminatorne osnove sistema (npr. vključevanje različnih perspektiv in preprečevanje pristranskosti v fazi oblikovanja), je enako pomembno, da so učitelji kot uporabniki opremljeni z orodji in znanjem za prepoznavanje ter obravnavo morebitnih diskriminatornih vplivov v praksi.

- *Osredotočenost na človeka in dobrobit* pomeni, da je pri razvoju in implementaciji UI treba dati prednost dobrobiti in potrebam ljudi.
- *Usklajenost s človekovimi pravicami* pomeni zagotoviti, da tehnologije ne kršijo mednarodno priznanih človekovih pravic.
- *Vključenost* pomeni narediti UI dostopno vsem.
- *Naprednost* pomeni dajati prednost projektom z znatno večjo vrednostjo namesto njihovim alternativam.
- *Odgovornost in odgovornost za dejanja ter transparentnost* pomeni graditi zaupanje, temelječe na odgovornosti za dejanja in pravičnost, omogočiti možnosti za pravno varstvo ter vzdrževati evidenco postopkov načrtovanja in razvoja algoritmov ali sistemov UI.
- *Robustnost in varnost* pomeni zagotoviti, da so sistemi UI varni, zaščiteni in odporni na manipulacije ali ogrožanje podatkov.
- *Trajnost* pomeni dajati prednost implementacijam, ki lahko učinkovito napovedujejo prihodnje vedenje sistema (G)UI in zagotavljajo koristne vpoglede v razumnem časovnem obdobju. To vključuje sposobnost (G)UI, da predvidi in se prilagodi uporabniškim vzorcem ter operativnim potrebam, kar prispeva k dolgotrajni zanesljivosti in učinkoviti uporabi sistema.

Slika 1 prikazuje ključna etična načela za GUI v izobraževanju, ki obravnavajo pristranskost, pravičnost, dodeljevanje virov, varnost, ohranjanje veščin, kibernetsko varnost, zaupnost, človeško interakcijo ter transparentnost. Ta načela ponujajo smernice za odgovorno in pravično integracijo GUI v izobraževalne procese, kar prispeva k akademski integriteti in zaščiti interesov vseh vključenih deležnikov.

Tehnično-tehnološka merila za vrednotenje in ocenjevanje primernosti GUI za izobraževanje

V tem razdelku so predstavljena ključna tehnično-tehnološka merila za ocenjevanje in izbiro primernih orodij GUI v izobraževanju. Merila so izbrana na podlagi njihove zmožnosti naslavljanja specifičnih pedagoških in tehničnih



Slika 1 Etična načela za uporabo GUI v izobraževanju in akademska integriteta (prirejeno po Gordon idr., 2023)

potreb pri uporabi GUI v izobraževanju ter podprta z empiričnimi raziskavami in s strokovno literaturo, ki jih obravnava v kontekstu zagotavljanja učinkovitosti, etičnosti in dostopnosti teh orodij. Ta merila vključujejo naslednje komponente:

- točnost (angl. *accuracy*),
- prilagodljivost (angl. *adaptability*),
- razširljivost (angl. *scalability*),
- razložljivost (angl. *explainability*),
- varnost (angl. *security*),
- zasebnost podatkov (angl. *data privacy*),
- računalniško učinkovitost (angl. *computational efficiency*),
- oblikovanje uporabniškega vmesnika (angl. *user interface design*),
- dostopnost in vključenost (angl. *accessibility and inclusion*),
- nenehno vrednotenje in mehanizme povratnih informacij (angl. *continuous evaluation and feedback mechanisms*),
- sodelovanje z vsemi deležniki (angl. *cooperation with all stakeholders*) in
- raziskave in prakse, temelječe na dokazih (angl. *evidence-based research and practices*).

Točnost se nanaša na sposobnost modela, da generira relevantno in kontekstualno ustrezno izobraževalno vsebino, kar je ključno za ohranjanje integritete učnih gradiv. Točen in zanesljiv model zagotavlja, da so ustvarjene vsebine brez napak, kontekstualno primerne in ustrezne za izbrani učni kontekst. Holmes idr. (2019) poudarjajo, da je za ohranjanje verodostojnosti UI v izobraževanju ključno zagotavljati točno in zanesljivo vsebino, saj lahko netočne informacije, ki jih posredujejo sistemi UI, pri učencih ustvarijo napačne predstave in s tem ovirajo učinkovito učenje. Zawacki-Richter idr. (2019) pa so analizirali vlogo UI pri ustvarjanju vsebine, ki je usklajena s kurikularnimi standardi, ter ugotovili, da lahko natančni modeli znatno zmanjšajo delovno obremenitev učiteljev pri pripravi učnih vsebin. Ne glede na uporabnika je ključno, da ima ta razvite kompetence kritičnega mišljenja, da je sposoben preveriti verodostojnost, relevantnost in zanesljivost z GUI ustvarjenih vsebin. Da bi zagotovili učinkovito uporabo GUI pri učenju, je treba uporabnikom, ki se šele učijo na podlagi teh vsebin, omogočiti dodatno podporo. Ta vključuje pedagoške smernice, vgrajene mehanizme v orodjih GUI za zagotavljanje transparentnosti in ciljno usmerjeno razvijanje kompetenc kritičnega mišljenja. Na ta način je mogoče zmanjšati tveganje za sprejemanje netočnih ali nerelevantnih informacij.

Za oceno točnosti GUI v izobraževanju lahko uporabimo referenčne nabore podatkov, ki odražajo predvideno predmetno področje in učne cilje. S testiranjem odzivov modelov GUI glede na te nabore podatkov lahko pedagogi ocenimo pravilnost in relevantnost vsebine. Pri ocenjevanju uspešnosti

GUI so primerne metrike, kot so perpleksnost (angl. *perplexity*), ki meri, kako dobro model predvidi zaporedje besed (Techhara, 2023), ter človekove ocene kakovosti (npr. ocenjevanje ustreznosti, kontekstualnosti in skladnosti generiranih odgovorov) (Sarraf, 2024), saj bolje zajamejo kompleksnost GUI kot klasične metrike razvrščanja. Človekove ocene kakovosti, kot je ocenjevanje ustreznosti, kontekstualnosti in skladnosti generiranih odgovorov, so uporabne v kombinaciji z analitičnimi pristopi, kot je mehka kontrafaktualna analiza, ki jo Penicig idr. (2024) uporabljajo za sistematično vrednotenje notranjih mehanizmov velikih jezikovnih modelov. V kombinaciji s temi pristopi lahko GUI ocenimo celoviteje, saj pridobimo vpogled tako v tehnično kot v vsebinsko kakovost generiranih rezultatov.

Prilagodljivost meri, kako dobro lahko GUI prilagodi izhodne rezultate različnim izobraževalnim ravnem in različnim učnim strategijam učečih se (Chen idr., 2020; Kasneci idr., 2023; Zawacki-Richter idr., 2019). Vključuje torej sposobnost GUI, da prilagaja svoje odzive in rezultate glede na edinstvene potrebe vsakega učečega se (Chen idr., 2020). Raziskava poudarja, da lahko takšni modeli ustvarjajo prilagojene učne materiale, ki upoštevajo interese in karierne cilje učečih se, kar povečuje njihovo vključenost in razumevanje ključnih akademskih konceptov. To je ključno za personalizirano učenje, kjer mora GUI upoštevati različen tempo učenja in preference posameznega učenca (Zawacki-Richter idr., 2019; Chen idr., 2024). Prilagodljivi modeli GUI lahko povečajo vključenost učečih se z zagotavljanjem individualiziranih povratnih informacij (Preiksaitis in Rose, 2023; Xu, 2024). Lijia Chen idr. (2020) ter Enkelejda Kasneci idr. (2023) poudarjajo pomen prilagodljivosti GUI pri podpori raznoliki populaciji učečih se, kot so tisti z različnimi ravnmi znanja pa tudi tisti z učnimi težavami. Prilagodljiva orodja GUI lahko olajšajo inkluzivno izobraževanje, saj zagotavljajo, da vsi učeči se prejmejo vsebino, ki ustreza njihovim sposobnostim in tempu učenja.

Prilagodljivost GUI je mogoče oceniti s pristopi, ki se uporabljajo za sisteme rudarjenja podatkov v izobraževanju, kot predlagata Baker in Inventado (2014). To vključuje vnos anonimiziranih profilov učečih se ali drugih deležnikov z različnimi učnimi preferencami ter analizo, kako ustrezno GUI prilagaja vsebino in način učenja oz. poučevanja specifičnim potrebam. Tovrstni testi prilagodljivosti omogočajo vpogled v zmožnosti (G)UI za personalizacijo, ki v realnem času prilagajajo učno gradivo na podlagi podatkov o uspešnosti učencev, kar povečuje uporabnost GUI za personalizirano učenje.

Razširljivost zagotavlja, da lahko sistemi GUI obvladujejo naraščajoče število uporabnikov z minimalnim poslabšanjem zmogljivosti (Zawacki-Richter idr., 2019), kar je bistveno za množično uvajanje v izobraževalni prostor. Za

oceno razširljivosti je treba simulirati različno število uporabnikov, da se oceni, kako sistem UI obvladuje povečano povpraševanje in še vedno ohranja sprejemljivo zmogljivost. S stresnim testiranjem sistema z različnimi obremenitvami uporabnikov lahko odkrijemo ozka grla in ugotovimo, pri kakšnih obremenitvah sistem deluje z zadostno učinkovitostjo, čeprav ne nujno brez vsakega vpliva na zmogljivost.

Razložljivost je pomembna za razumevanje, kako modeli UI generirajo vsebino, s čimer se izkazuje transparentnost delovanja in krepi zaupanje v tehnologijo med izobraževalci ter učečimi se (Samek idr., 2017). Vendar pa je pri zelo kompleksnih modelih, kot so velike nevronske mreže, ki poganjajo orodja GUI, popolna transparentnost skoraj nedosegljiva, saj zaradi njihove velikosti in kompleksnosti nihče zares ne ve, kako so posamezni izhodi generirani. Transparentni modeli GUI sicer lahko pomagajo ublažiti problem »črne skrinjice«, vendar pa so takšne razložljive funkcionalnosti pri obsežnih modelih omejene, kar vpliva na njihovo uporabnost v izobraževalnem okolju. Pedagogi morajo zato k uporabi teh orodij pristopati z razumevanjem teh omejitev in prilagajati svoja pričakovanja glede popolne razložljivosti. Vrednotenje razložljivosti vključuje oceno, kako učinkovito lahko model GUI zagotovi vpogled v svoje procese odločanja. Penicig idr. (2024) v svojem članku predstavljajo celovito vrednotenje pojasnjevanja modelov z inovativno uporabo mehke kontrafaktualne analize – metode, ki sistematično ustvarja minimalno spremenjene vhodne scenarije za preverjanje skladnosti, občutljivosti in mehanizmov pripisovanja v modelih. Mehanizmi pripisovanja so pristopi, s katerimi poskušamo ugotoviti, v kolikšni meri posamezni vhodni podatki prispevajo k določenim odločitvam modela, kar lahko pomaga osvetliti vpliv specifičnih značilnosti na rezultate modela. Vendar je pri kompleksnih modelih, kot so velike nevronske mreže, tovrstno vrednotenje razložljivosti omejeno, saj je popolno razumevanje notranjih mehanizmov pogosto nedosegljivo. Kljub temu mehka kontrafaktualna analiza ponuja uporabne vpoglede v to, kako se modeli odzivajo na spremembe vhodnih podatkov, kar je lahko dragoceno za izobraževalni kontekst.

Varnost je pri integraciji orodij GUI v izobraževalna okolja izrednega pomena, saj zagotavlja, da so podatki zaščiteni pred nepooblaščenim dostopom ali kršitvami (Kadaruddin, 2023; Gasimova, 2023; Yu in Guo, 2023). V sistemih, podprtih z GUI, sta zato šifriranje in varno shranjevanje podatkov izrednega pomena za preprečevanje njihovega uhajanja. Redni varnostni pregledi, vključno s preverjanjem spletne varnosti in penetracijskim testiranjem, so ključnega pomena za prepoznavanje ranljivosti v spletnih aplikacijah in infrastrukturi. Ti pregledi organizacijam omogočajo proaktivno ocenjevanje in

zmanjševanje potencialnih tveganj, še preden jih lahko izkoristijo zlonamerni akterji. Tehnike, kot so iskanje ranljivosti in pregled kode, skupaj s simuliranimi napadi, nudijo celovit vpogled v varnostno stanje in pripomorejo k zaščiti občutljivih podatkov (Vikas idr., 2023). Modeli GUI pogosto delujejo v oblaku, uporabljajo API-je in obdelujejo velike količine občutljivih podatkov, kar jih naredi še posebej ranljive za kibernetske napade in izkoriščanje varnostnih pomanjkljivosti. Zato lahko omenjene tehnike zagotovijo, da so ti modeli skladni z varnostnimi standardi, da podatki ostanejo zaščiteni in da so morebitne varnostne pomanjkljivosti hitro odkrite ter odpravljene, še preden lahko pride do kršitev zasebnosti ali nepooblaščenih dostopov. Npr., pregled kode razvijalcem omogoča, da preverijo, ali modeli pravilno obdelujejo in shranjujejo podatke, medtem ko lahko penetracijski testi odkrijejo ranljivosti v API-ju, ki ga zlonamerni uporabniki morda poskušajo izkoristiti.

Zasebnost podatkov se osredotoča na zaščito osebnih podatkov vseh deležnikov in zagotavljanje, da modeli GUI spoštujejo predpise o zasebnosti, kot je Splošna uredba o varstvu podatkov (GDPR). Raziskave o UI poudarjajo pomen anonimizacije podatkov, transparentnih politik ravnanja s podatki ter naprednih tehnik za ohranjanje zasebnosti, pri čemer se uporabljajo tehnike, kot so zvezno učenje (angl. *federated learning*), homomorfno šifriranje (angl. *homomorphic encryption*) in diferencialna zasebnost (angl. *differential privacy*). Te metode učinkovito zmanjšujejo tveganje izpostavljenosti podatkov, hkrati pa omogočajo pridobivanje dragocenih vpogledov. Zvezno učenje omogoča usposabljanje modelov UI neposredno na lokalnih napravah uporabnikov, pri čemer se posodobitve modela združujejo centralno, ne da bi bilo treba deliti surove podatke, kar zmanjšuje tveganje za izpostavljenost občutljivih podatkov (Tardif, 2021). Ta tehnika je uporabna predvsem za modele, ki se lahko učijo na podatkih iz več naprav ali virov brez potrebe po centralnem zbiranju podatkov. Na velikih jezikovnih modelih temelječi modeli GUI bi lahko z zveznim učenjem zmanjšali tveganje za izpostavljenost občutljivih podatkov. Čeprav modeli, kot je Llama (Meta), že omogočajo uporabo zveznega učenja tudi za obsežne jezikovne modele, pri implementaciji ostajajo tehnični izzivi. Ti vključujejo porabo računalniških virov, usklajevanje posodobitev v realnem času in zagotavljanje robustnosti modela, zlasti v okoljih z omejenimi računalniškimi zmogljivostmi. Homomorfno šifriranje omogoča izvajanje izračunov na šifriranih podatkih, ne da bi jih bilo treba dešifrirati, kar zagotavlja, da so podatki ves čas zaščiteni, tudi med obdelavo (Vonk, 2024). To bi teoretično omogočilo, da modeli GUI obdelujejo šifrirane podatke brez dostopa do občutljivih podatkov. Vendar pa je homomorfno šifriranje računalniško zelo zahtevno, kar trenutno omejuje njegovo praktičnost pri tako

velikih modelih. Diferencialna zasebnost je pogosto uporabljena tehnika, ki omogoča dodajanje šuma podatkom, s čimer se zaščitijo posamezni podatki uporabnikov, kar je že uporabljeno v mnogih aplikacijah UI, saj preprečuje deanonimizacijo podatkov, hkrati pa zagotavlja agregatno analizo. Pri modelih GUI se lahko diferencialna zasebnost uporablja za zaščito podatkov, pridobljenih med učenjem in interakcijami z uporabniki, kar omogoča spoštovanje zasebnosti tudi v realnem času. V kontekstu odpravljanja tveganj izpostavljenosti podatkov pa so pomembni tudi procesi strogih pravilnikov glede dostopa do podatkov in omejevanje vnosa občutljivih podatkov.

Izobraževalne institucije morajo zagotoviti, da je uporaba GUI skladna z relevantnimi predpisi o varstvu podatkov in varuje osebne podatke vseh deležnikov (Pack, 2024). Odločevalci bi morali v povezavi z orodji GUI vzpostaviti jasne smernice za upravljanje podatkov, ki določajo, kako se bodo le-ti zbirali, shranjevali in uporabljali. To je posebej pomembno v izobraževalnih kontekstih, kjer so lahko vključeni občutljivi podatki o učečih se.

Računalniška učinkovitost se nanaša na učinkovitost delovanja sistemov UI glede na strojne omejitve ter na to, ali so ti sistemi s tega vidika praktični za implementacijo v okoljih z omejenimi viri, kot so šole, visokošolske institucije in druge izobraževalne ustanove (Woolf idr., 2013), in posledično ne vodijo v poglabljanje razlik med institucijami. Bandi idr. (2023) razpravljajo o ključnih strategijah za prilagajanje modelov GUI s tehnikami, kot sta kompresija modela in kvantizacija. Ti pristopi zmanjšujejo kompleksnost modela in omogočajo učinkovito uporabo na omejeni infrastrukturi. V članku je poudarjen tudi pomen izbire ustreznih arhitektur modela za uravnoteženje učinkovitosti in zmogljivosti, s čimer »lahki« modeli v okoljih z omejenimi viri postanejo primerni za aplikacije v realnem času (Bandi idr., 2023). Te optimizacije za velike jezikovne modele zmanjšujejo zahteve po računski moči in pomnilniku ter povečujejo njihovo dostopnost in uporabnost v okoljih z omejenimi viri, kot so šole z omejenimi računalniškimi zmogljivostmi. Revanth Vuruma idr. (2024) se osredotočajo na implementacijo modelov GUI na robnih napravah s strategijami, kot sta obrezovanje modela in destilacija znanja, da bi zmanjšali potrebo po obsežnih računalniških virih in omogočili delovanje v okolju z omejenimi viri. Robna naprava se nanaša na naprave, ki izvajajo procesiranje podatkov lokalno, torej bližje viru podatkov, brez potrebe po nepreki-njeni povezavi z oblačno infrastrukturo. To zmanjšuje odvisnost od omrežja in omogoča hitro procesiranje ter večjo zasebnost podatkov, saj ostajajo podatki na sami napravi. Destilacija znanja pa je proces, pri katerem se znanje iz večjega in zapletenejšega modela prenese na manjši, lažji model, ki ohrani pomembne lastnosti večjega modela, ampak deluje učinkoviteje in z manj

viri (Revanth Vuruma idr., 2024). Podder in Kumar Singh (2023) pa opisujeta trajnostne in energetsko učinkovite prakse pri GUI. Tehnike, kot sta usposabljanje manjših, specifičnih modelov in prilagajanje že izurjenih modelov, pomagajo zmanjšati energetske in procesne zahteve aplikacij GUI. Tako postanejo primernejši za uporabo v šolah ali drugih izobraževalnih ustanovah z omejenimi viri, saj znižujejo operativne stroške in porabo energije. Izboljšanje učinkovitosti modelov GUI pomembno zmanjša stroške, povezane z uvedbo GUI, kar jo naredi dostopnejšo izobraževalnim ustanovam (Podder in Kumar Singh, 2023).

V povezavi z računalniško učinkovitostjo je smiselno dodati, da je ta vidik pomemben predvsem v primerih, ko organizacija vzpostavlja svoja lastna orodja GUI, kar pa je v večini primerov precej redko. Običajno organizacije, kot so izobraževalne ustanove, kupijo licenco za uporabo na trgu obstoječih orodij GUI in se zato same ne ukvarjajo z računalniško infrastrukturo ali optimizacijo učinkovitosti modela. Organizacije se zanašajo na ponudnika storitve, ki skrbi za vse tehnične vidike, vključno z učinkovitostjo in infrastrukturo, kar jim omogoča enostavnejšo implementacijo brez lastnih investicij v strojno opremo.

Uporabniku prijazen uporabniški vmesnik povečuje enostavnost integracije v pedagoško prakso in podpira učinkovito sprejemanje tehnologije s strani izobraževalcev ter učečih se (Spector, 2014), saj zagotavlja, da lahko učitelji in učeči se enostavno komunicirajo z orodji GUI, s čimer se v največji meri izkoristi njihov izobraževalni potencial. Intuitivno oblikovan uporabniški vmesnik olajša nemoteno integracijo orodij GUI v vsakodnevno prakso poučevanja in učenja ter izboljšuje vključenost uporabnikov, zaradi česar so orodja GUI dostopnejša tako za pedagoge kot za učeče se (Lee idr., 2021). Na drugi strani pa slabo oblikovan uporabniški vmesnik lahko postane ovira za učinkovito uporabo in učitelje ter učeče se odvrača od uporabe orodij GUI (Lee idr., 2021). Za oceno oblikovanja uporabniškega vmesnika je mogoče izvesti teste uporabnosti z učitelji in učečimi, pri čemer se oceni enostavnost uporabe, intuitivnost in zadovoljstvo uporabnikov. To lahko vključuje metrike, kot sta čas za dokončanje nalog in stopnja napak uporabnikov. Uporabijo se lahko standardizirani vprašalniki za merjenje uporabnosti, kot sta *SUS* (angl. *System Usability Scale*) ali TAM (angl. *Technology Acceptance Model*).

Z *dostopnostjo in vključenostjo* zagotovimo, da orodja GUI ustrezajo različnim populacijam deležnikov, vključno s tistimi s posebnimi izobraževalnimi potrebami (Lawrence, 2024). Potencial GUI za zagotavljanje personaliziranih učnih izkušenj je lahko še posebej koristen za učeče se, ki potrebujejo dodatno podporo (Lawrence, 2024). Odločevalci bi morali razmisliti, kako lahko GUI

izkoristimo za ustvarjanje enakih učnih priložnosti za vse, in odpraviti prepreke, ki lahko omejujejo dostop do izobraževanja. To vključuje oceno tehnološke infrastrukture, potrebne za implementacijo in dostop do orodij GUI v različnih izobraževalnih okoljih, zlasti na slabše opremljenih območjih.

Kontinuirano vrednotenje in mehanizmi povratnih informacij. Dinamična narava tehnologije in hiter razvoj zahtevata stalno vrednotenje ter uporabo mehanizmov za povratne informacije, s katerimi ocenjujemo učinkovitost orodij GUI. Menimo, da bi Ministrstvo za izobraževanje in univerze zato morali implementirati okvire za stalno ocenjevanje ter s tem omogočiti prilagajanje in izboljševanje orodij GUI na podlagi povratnih informacij uporabnikov in izobraževalnih rezultatov (Vasylyuk-Zaitseva idr., 2023). Takšen iterativni pristop lahko pripomore k temu, da GUI ostaja relevantna in učinkovita pri zadovoljevanju spreminjajočih se potreb vseh deležnikov v izobraževanju.

Sodelovanje z vsemi deležniki, vključno z izobraževalci, s tehnološkimi strokovnjaki in z oblikovalci politik, je bistveno za uspešno integracijo GUI v izobraževanje. Vključevanje v dialog s temi skupinami lahko olajša izmenjavo dobrih praks, mnenj in izkušenj, kar lahko vodi k bolj informiranemu odločanju glede implementacije GUI (Baidoo-Anu in Ansah, 2023). Avtorji poudarjajo, da bi morali odločevalci spodbujati partnerstva z izobraževalnimi institucijami in s ponudniki tehnologij za razvoj celovitih strategij za integracijo GUI, ki upoštevajo različne perspektive vseh vključenih deležnikov.

Raziskave in prakse, temelječe na dokazih. Ocenjevanje orodij GUI je treba utemeljiti z raziskavami in s praksami, ki temeljijo na dokazih. Odločevalci bi morali prednostno izbirati orodja, ki so bila temeljito preizkušena in potrjena z empiričnimi raziskavami (Bahroun, 2023). Ta na dokazih temelječ pristop povečuje verodostojnost orodij GUI in obenem zagotavlja trdno podlago za njihovo vključitev v izobraževalna okolja. Ministrstvo za izobraževanje in univerze lahko sprejemajo informirane odločitve zgolj z zanašanjem na ugotovitve raziskav. S tem lahko namreč v največji meri izkoristijo prednosti GUI in hkrati zmanjšujejo potencialna tveganja.

Slika 2 prikazuje povzetek tehnično-tehnoloških meril za vrednotenje in ocenjevanje GUI v izobraževanju.

Vloga raziskovalcev

Poleg odločevalcev imamo ključno vlogo pri oblikovanju diskurza o vključevanju GUI v izobraževanje tudi raziskovalci. Naš prispevek je bistven za preučevanje širših in večplastnih vplivov tehnologij GUI na pedagoško prakso, razvoj učnih načrtov in izobraževalne rezultate. Pomembno je, da v okviru raziskovalnega dela preučujemo tako priložnosti kot izzive, povezane z GUI,

Slika 2. Infografika tehnično-tehnoloških meril za uporabo GUI v izobraževanju

kar lahko pomaga pri zagotavljanju, da bodo izsledki raziskav v pomoč pri uvajanju najboljših praks in bodo vodili oblikovanje politik. Obstoječa literatura nakazuje, da ima GUI velik potencial za izboljšanje izobraževalnih izkušenj s ponujanjem individualiziranih učnih priložnosti, spodbujanjem ustvarjalnosti ter z opolnomočenjem učiteljev, da postanejo učinkovitejši spodbujevalci učenja (Al Ali, 2024; Triplett, 2023).

Raziskovalci nosimo odgovornost za kritično preučevanje etičnih implikacij vključevanja GUI v izobraževalni kontekst. S širšo uporabo tehnologij GUI se pojavljajo tudi vprašanja, povezana z zasebnostjo podatkov, s pristranskostjo algoritmov in z možnostjo zlorabe v akademskih okoljih (Fathoni, 2023; Thompson, 2023). Raziskovalci bi se morali zavzemati za oblikovanje etičnih smernic, ki urejajo uporabo GUI v izobraževanju, in zagotoviti, da se tehnologije GUI uporabljajo odgovorno in pravično. To vključuje preučevanje vpliva GUI na izobraževalno enakopravnost, zlasti med premalo zastopanimi skupinami, ter razvoj strategij za premoščanje obstoječih izobraževalnih neenakosti (Giannini, 2023; Holmes idr., 2021). Z empiričnimi raziskavami in s širjenjem ugotovitev lahko raziskovalci prispevamo k poglobljenejšemu razumevanju, kako lahko GUI izboljša učenje in hkrati zmanjša možna tveganja.

Raziskovalci imamo ključno vlogo tudi pri strokovnem razvoju učiteljev. Ob hitrem razvoju tehnologij GUI obstaja nujna potreba po stalnem usposabljanju in podpori za učitelje, da bi omogočili učinkovito vključevanje teh orodij v njihove pedagoške prakse (Lee idr., 2021). Raziskovalci lahko pomembno prispevamo z oblikovanjem in izvajanjem programov strokovnega usposabljanja, ki učitelje opremijo z znanji in veščinami, potrebnimi za obvladovanje kompleksnosti uporabe orodij GUI. To vključuje spodbujanje GUI- in UI- pismenosti med učitelji, kar jim omogoča kritično vrednotenje orodij GUI orodij in razumevanje njihovih zmožnosti za poučevanje in učenje (Bozkurt, 2023). Raziskovalci lahko z ugotavljanjem, katere kompetence in znanja učitelji potrebujejo za učinkovito vključevanje GUI v izobraževanje, prispevamo k skladnosti z etičnimi standardi. Naša naloga je torej aktivno sodelovati v interdisciplinarnih raziskavah, ki povezujejo strokovnjake z različnih področij, vključno z računalništvom, izobraževanjem in etiko, ter razvijati okvire za usposabljanje (Bahroun, 2023). Na podlagi teh smernic bi nato drugi strokovni kadri izvajali opolnomočenje učiteljev. Takšno sodelovanje je ključno za razvoj inovativnih rešitev za integracijo GUI v izobraževalne sisteme. Raziskovalci lahko prispevamo k skupnemu razumevanju potencialnih koristi in izzivov pri vključevanju orodij GUI z vzpodbujanjem dialoga med deležniki iz različnih disciplin ter na ta način ustvarjamo podlago za odločitve na institucionalni in politični ravni. Prav tako moramo biti pozorni na dolgoročne vplive GUI na izobraževalne prakse in izide. Z nadaljnjim razvojem tehnologij GUI in UI je stalna raziskovalna praksa ključna za razumevanje njihovih posledic na učenje, ocenjevanje in angažiranost učečih se (Li idr., 2024). To vključuje preučevanje, kako lahko GUI med učečimi se spodbuja kritično razmišljanje, ustvarjalnost in sodelovanje (Boscardin, 2023). Z nenehnim vrednotenjem učinkovitosti vključevanja GUI v izobraževanje lahko raziskovalci prispevamo k razvoju na dokazih temelječih praks, ki služijo podpori učečih se pri uspešni uporabi vse bolj digitaliziranih učnih okolij.

Zaključek

Odločevalci imajo ključno vlogo pri oblikovanju okvira za integracijo GUI v izobraževanje. Zanje predstavlja ključen izziv razvoj politik, ki na eni strani spodbujajo inovacije, na drugi pa so občutljive na pomembna etična in pravna vprašanja ter upoštevajo praktične izzive, povezane z uporabo GUI. To vključuje vzpostavitev standardov in mehanizmov, ki zagotavljajo zasebnost podatkov, omogočajo enake priložnosti za dostop do orodij GUI za neprivilegirane skupine prebivalstva, kot so učenci iz manj spodbudnih okolij, ter spodbujajo preglednost algoritmov za zmanjšanje pristranskosti (Britton in

Vallis, 2023). Poleg tega je sodelovanje med izobraževalnimi institucijami, tehnološkimi razvijalci in oblikovalci politik bistveno za oblikovanje skladne strategije za implementacijo GUI, ki se ujema z izobraževalnimi cilji in družbenimi vrednotami (Zawacki-Richter idr., 2019).

Ocenjevanje GUI za uporabo v izobraževanju zahteva celovit okvir, ki zajema različna merila, kot so učinkovitost uporabe v izobraževanju, etična vprašanja, usposabljanje učiteljev, tehnično-tehnološka merila, dostopnost, kontinuirano vrednotenje, sodelovanje različnih deležnikov in prakse, temelječe na raziskavah. Predlagana merila v tem prispevku zagotavljajo osnovo za nadaljnji razvoj, vendar morajo univerze in snovalci politik ta merila prilagoditi specifičnim potrebam, ki odražajo edinstvene izobraževalne in družbene cilje. To pomeni operacionalizacijo etičnih načel, prilagoditev tehničnih smernic institucionalnim zmožnostim ter razvoj pedagoških strategij, ki spodbujajo kritično uporabo GUI.

Integracija GUI prav tako predstavlja priložnost za sistemske spremembe v izobraževalnih praksah. Uvedba tehnologij GUI zahteva ponovno vrednotenje obstoječih pedagoških modelov in oblikovanje inovativnih metodologij poučevanja, ki izkoriščajo zmožnosti GUI (Blanco, 2024). Takšen premik lahko spodbuja inovativne pristope k poučevanju in učenju ter sodelovalnejše in interaktivnejše učno okolje, kjer učitelji in učeči se skupaj raziskujejo ter mislijo znanje na nove načine. GUI lahko omogoči načine, s katerimi učeči se gradijo znanje skozi sodelovanje, kar spodbuja interakcijo med vrstniki in delitev znanja ter s tem bogati učni proces.

Čeprav so predlagana merila v tem prispevku zasnovana kot osnova, morajo univerze in snovalci politik v okviru svoje odgovornosti nadalje razviti ter prilagoditi te usmeritve. Personalizirano učenje, vzpostavitev robustne tehnične infrastrukture, obravnava etičnih vprašanj in spodbujanje pedagoških inovacij so ključna področja, kjer je potrebno nadaljnje delo. Z vzpodbujanjem sodelovalnega pristopa k vključevanju GUI lahko izobraževalne institucije ustvarijo bolj vključujoče, angažirano in učinkovitejše učno okolje za vse deležnike.

Literatura

Abbas, N., Imran, A., Manzoor, R., Hussain, T., in Hussain, M. (2023). Role of artificial intelligence tools in enhancing students' educational performance at higher levels. *Journal of Artificial Intelligence Machine Learning and Neural Network, 3*(5), 36–49.

Aghaziarati, A., Nejatifar, S., in Abedi, A. (2023). Artificial intelligence in education: Investigating teacher attitudes. *AI and Tech in Behavioral and Social Sciences, 1*(1), 35–42.

Al Ali, R. (2024). Opportunities and challenges of integrating generative artificial intelligence in education. *International Journal of Religion, 5*(7), 784–793.

Alshehri, B. (2023). Pedagogical paradigms in the ai era: Insights from saudi educators on the long-term implications of ai integration in classroom teaching. *International Journal of Educational Sciences and Arts, 2*(8), 159–180.

Andrade-Girón, D., Marín-Rodriguez, W., Sandivar-Rosas, J., Carreño-Cisneros, E., Susanibar-Ramirez, E., Zúñiga-Rojas, M., Ángeles-Morales, J., in Villarreal-Torres, H. (2024). Generative artificial intelligence in higher education learning: A review based on academic databases. *Iberoamerican Journal of Science Measurement and Communication, 4*(1). https://doi.org/10.47909/ijsmc.101

Bahroun, Z. (2023). Transforming education: A comprehensive review of generative artificial intelligence in educational settings through bibliometric and content analysis. *Sustainability, 15*(17), 12983.

Baidoo-Anu, D., in Ansah, L. O. (2023). Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. *Journal of AI, 7*(1), 52–62.

Baker, R. S., in Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. V J. Larusson in B. White (ur.), *Learning analytics* (str. 61–75). Springer.

Bandi, A., Adapa, P. V. S. R., in Kuchi, Y. E. V. P. K. (2023). The power of generative AI: A review of requirements, models, input-output formats, evaluation metrics, and challenges. *Future Internet, 15*(8), 260.

Blanco, B. (2024). Vademecum of artificial intelligence tools applied to the teaching of languages. *Journal of Technology and Science Education, 14*(1), 77.

Boscardin, C. (2023). ChatGPT and generative artificial intelligence for medical education: Potential impact and opportunity. *Academic Medicine, 99*(1), 22–27.

Bozkurt, A. (2023). Unleashing the potential of generative ai, conversational agents and chatbots in educational praxis: A systematic review and bibliometric analysis of genai in education. *Open Praxis, 15*(4), 261–270.

Britton, B., in Vallis, C. (2023, 3.–6.). *Digital facelift: Emerging tools and typologies for educational media* [Predstavitev na konferenci]. Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary EducationConference, Christchurch, Nova Zelandija. https://doi.org/10.14742/apubs.2023.552

Chan, C. K. Y. (2023). A comprehensive AI policy education framework for university teaching and learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20*(1), 38.

Chen, L., Chen, P., in Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access, 8,* 75264–75278.

Chen, E., Lee, J.-E., Lin, J., in Koedinger, K. (2024). GPTutor: Great personalized tutor with large language models for personalized learning content generation. V *Proceedings of the eleventh ACM conference on learning @ Scale* (str. 539–541). Association for Computing Machinery.

Dolinar, M., Poberžnik, A., in Jerše, L. (2023). *Vodenje in podpora učencem pri pridobivanju digitalnih kompetenc.* Del 1, *Strokovna izhodišča in priporočila*. Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

European Commission. (B. l.). *Slovenia in the digital economy and society index*. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi-slovenia

Fahimirad, M., in Kotamjani, S. (2018). A review on application of artificial intelligence in teaching and learning in educational contexts. *International Journal of Learning and Development, 8*(4), 106.

Fathoni, A. (2023). Leveraging generative ai solutions in art and design education: Bridging sustainable creativity and fostering academic integrity for innovative society. *E3s Web of Conferences, 426*, 01102.

Gasimova, C. (2023). *Privacy and transparency in an AI-driven world: Does algorithmic transparency fit on data privacy under GDPR?* Social Science Research Network. https://doi.org/10.2139/ssrn.4482889

Giannini, S. (2023). *Generative AI and the future of education.* UNESCO.

Gordon, M., Daniel, M., Ajiboye, A., Uraiby, H., Xu, N. Y., Bartlett, R., Hanson, J., Haas, M., Spadafore, M., Grafton-Clarke, C., Yousef Gasiea, R., Michie, C., Corral, J., Kwan, B., Dolmans, D., in Thammasitboon, S. (2024). A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No. 84. *Medical Teacher*, *46*(4), 446–470.

Holmes, W. (2019). Artificial intelligence in education. V Tatnall, A. (ur.) *Encyclopedia of Education and Information Technologies* (str. 1–16). Springer.

Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., in Koedinger, K. R. (2021). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 32*(1), 504–526.

Jayavardhini, P., Mahalakame, R. M., Srinivetha, P., in Eugene Berna, I. (2024). Ai study partner: Development of an llm and gen ai-enhanced study assistant tool. *Interantional Journal of Scientific Research in Engineering and Management, 8*(3). https://doi.org/10.55041/ijsrem29626

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., in Stadler, M. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, *103*, 102274.

Kadaruddin, K. (2023). Empowering education through generative AI: Innovative instructional strategies for tomorrow's learners. *International Journal of Business, Law, and Education, 4*(2), 618–625.

Lawrence, W. (2024). Post-pandemic support for special populations in higher education through generative artificial intelligence. *International Journal of Arts Humanities and Social Science, 5*(5), 72–78.

Lee, J., Wu, A., Li, D., in Kulasegaram, K. (2021). Artificial intelligence in undergraduate medical education: A scoping review. *Academic Medicine, 96*(11S), S62–S70.

Li, Y., Deng, Y., Peng, B., He, Y., Luo, Y., in Liu, Q. (2024). Generative artificial intelligence in chinese higher education: Chinese undergraduates' use, perception, and attitudes. *Frontiers in Educational Research, 7*(4). https://doi.org/10.25236/fer.2024.070401

Mahligawati, F. (2023). Artificial intelligence in physics education: A comprehensive literature review. *Journal of Physics Conference Series, 2596*(1), 012080.

Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport Republike Slovenije. (2021). *Posodobitev učnih načrtov za osnovne šole.* https://www.gov.si/teme/osnovna-sola/

Nikolopoulou, K. (2024). Generative artificial intelligence in higher education: Exploring ways of harnessing pedagogical practices with the assistance of chatgpt. *International Journal of Changes in Education, 1*(2), 103–111.

Pack, A. (2024). Using artificial intelligence in tesol: Some ethical and pedagogical considerations. *Tesol Quarterly, 58*(2), 1007–1018.

Penicig, J., Chen, B., Wilson. S., in Garcia, S. (2024). Assessing Explainability in large language models through soft counterfactual analysis: A comparative study of Google Gemini and OpenAI ChatGPT. *Research Square.* https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5011294/v1

Podder, S., in Kumar Singh, S. (2023, 18. oktober). *Making generative AI green*. Accenture. https://www.accenture.com/us-en/blogs/consulting/making-generative-ai-green

Pont-Niclos, I. (2024). Creativity and artificial intelligence: A study with prospective teachers. *Digital Education Review, 45,* 91–97.

Preiksaitis, C., in Rose, C. (2023). Generative artificial intelligence in medical education: Opportunities, challenges, and future directions: A scoping review. *JMIR Medical Education, 9,* e48785–e48785.

Sarraf, S. (2024). *Evaluating generative AI-enhanced content: A conceptual framework using qualitative, quantitative, and mixed-methods approaches.* arXiv. https://arxiv.org/abs/2411.17943

Revanth Vuruma, S. K., Margetts, A., Su, J., Ahmed, F., in Srivastava, B. (2024, 26. februar). *From cloud to edge: Rethinking generative AI for low-resource design challenges.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.12702

Samek, W., Wiegand, T., in Müller, K.-R. (2017, 28. avgust). *Explainable artificial intelligence: Understanding, visualizing and interpreting deep learning models.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1708.08296

Simms, R. (2024). Work with ChatGPT, not against. *Nurse Educator, 49*(3), 158–161.

Song, N. (2024). Higher education crisis: Academic misconduct with generative ai. *Journal of Contingencies and Crisis Management, 32*(1), e12532.

Spector, J. M. (2014). Conceptualizing the emerging field of smart learning environments. *Smart Learning Environments*, *1*(1), 2.

Strzelecki, A. (2023). Students' acceptance of chatgpt in higher education: An extended unified theory of acceptance and use of technology. *Innovative Higher Education, 49*(2), 223–245.

Tardif, A. (2021, 19. oktober). *Patricia Thaine, izvršna direktorica pri Private AI: serija intervjujev*. Unite.AI. https://unite.ai/sl/patricia-thaine-izvr%C5%A1na-direktorica-serije-zasebnih-AI-intervjujev/

Techhara. (2023, 20. oktober). *Language model and perplexity.* Medium. https://medium.com/@techhara/language-model-and-perplexity-ofea128c9e48

Thompson, K. (2023). Ai in tertiary education: Progress on research and practice. *Australasian Journal of Educational Technology, 39*(5). https://doi.org/10.14742/ajet.9251

Triplett, W. J. (2023). Artificial intelligence in STEM education. *Cybersecurity and Innovative Technology Journal*, *1*(1), 23–29.

Vasylyuk-Zaitseva, S., Kosenyuk, H., Tanasiichuk, I., in Boyko, J. (2023). Application of artificial intelligence in Ukrainian education of the future. *Futurity Education, 3*(3), 79–107.

Vikas, V., Saisri, G., Meghana, T., Harshini, A., in Kaveri, G. (2023). Web security audit and penetration testing: Identifying Vulnerabilities and strengthening website security. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, 11*(7), 794–805.

Vonk, M. (2024, 9. september). *Kaj so tehnologije za izboljšanje zasebnosti (PET)?* Syntho. https://www.syntho.ai/sl/what-are-privacy-enhancing-technologies-pets/

Woolf, B. P., Lane, H. C., Chaudhri, V. K., in Kolodner, J. (2013). AI grand challenges for education. *AI Magazine*, *34*(4), 66–84.

Xu, Z. (2024). Ai in education: Enhancing learning experiences and student outcomes. *Applied and Computational Engineering, 51*(1), 104–111.

Yu, H., in Guo, Y. (2023). Generative artificial intelligence empowers educational reform: Current status, issues, and prospects. *Generative Artificial Intelligence Empowers Educational Reform: Current Status, Frontiers in Education*, *8*. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1183162

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., in Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Where

are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *16*(1), 39.

Technical, Technological, and Other Criteria for Evaluating GEN-AI Tools for Integration Into Education

The integration of generative artificial intelligence (GEN-AI) into educational systems offers significant opportunities to improve teaching and learning but requires a systematic approach in its implementation. The development of clear criteria that encompass technical, technological, and ethical aspects, such as accuracy, adaptability, scalability, explainability, security, data privacy, computational efficiency, and user interface design tailored to education, is essential. GEN-AI has the potential to enable personalised learning experiences, increase learner engagement, and improve educational outcomes. However, it is crucial that challenges such as digital literacy, academic integrity, and training are addressed. Without proper management, there is a risk of misuse, misinformation, and diminishing the value of learning and critical thinking. Researchers play a key role in studying the impact of GEN-AI, developing policies and supporting educators' professional development. Collaboration between educational institutions, technology developers and policymakers is critical to develop strategies that maximise the benefits of GEN-AI while mitigating potential risks, creating an inclusive and effective learning environment.

Keywords: generative artificial intelligence, evaluation criteria, technical-technological criteria, ethics, role of stakeholders

V znamenju trikotnika: izobraževanje, etika in umetna inteligenca

Ernest Ženko
Univerza na Primorskem
ernest.zenko@upr.si

V besedilu je obravnavan preplet umetne inteligence (UI), izobraževanja in etike, pri čemer je poudarek na prepričanju, da UI ni zgolj orodje, temveč aktivni dejavnik, ki lahko oblikuje vrednote, norme in pedagoške prakse. V ospredje je postavljena trikotniška struktura, v kateri tehnologija, uporaba in regulacija delujejo kot ključni elementi za razumevanje vpliva UI. Avtor izpostavlja nujnost celostnega pristopa, ki združuje tehnološke inovacije, etična načela ter pedagoške potrebe. Razprava obravnava tudi dvosmerno dinamiko vpliva med UI in človekom, ki se nanaša na vprašanje, kako UI odraža človeške vrednote in hkrati prispeva k njihovemu preoblikovanju. Posebna pozornost je namenjena vprašanju uravnavanja UI (angl. *AI alignment*), ki zahteva interdisciplinarno sodelovanje in razumevanje kulturnih kontekstov. Pri tem so izpostavljeni primeri neustrezne usklajenosti vrednot, ki lahko vodijo v etične konflikte ali neustrezne rešitve. Besedilo se sklene s pozivom k odgovorni uporabi UI, ki presega zgolj tehnične rešitve ter vključuje kritični dialog med razvijalci, izobraževalci in družbo kot celoto.

Ključne besede: etika, izobraževanje, umetna inteligenca, generativna umetna inteligenca, uravnavanje umetne inteligence

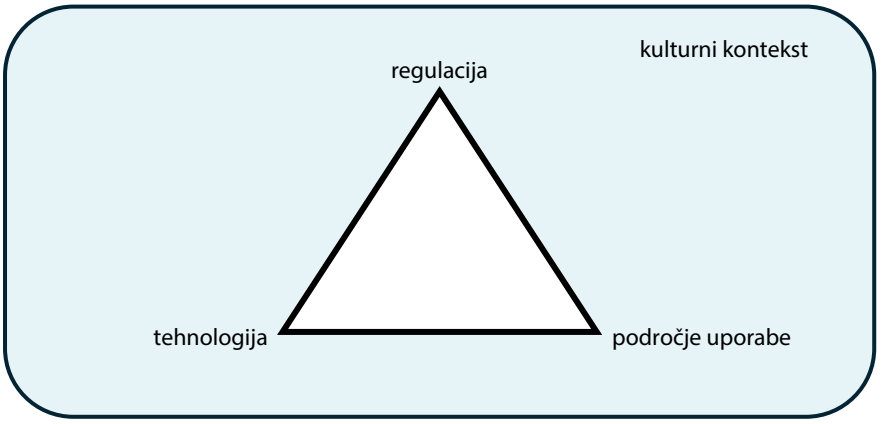
CC BY-SA © 2025 Ernest Ženko
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.16

Uvod

Umetna inteligenca (UI) spreminja izobraževanje na načine, ki jih šele začenjamo razumeti. Ta proces v učenje in poučevanje nedvomno prinaša novosti in priložnosti, obenem pa tudi številne izzive, ki jih ni mogoče razumeti in reševati zgolj na ravni tehnologije; ali drugače povedano, gre za izzive, ki jih ni mogoče rešiti preprosto tako, da spremenimo nekaj vrstic programske kode (Vallor, 2024). Sistemi UI temeljijo na računalniški tehnologiji, vendar pa poznavanje te tehnologije še ne zadostuje za razumevanje učinkov njihove uporabe v družbenih kontekstih, kot je izobraževanje.

Podobno velja za katero koli tehnologijo. Če želimo razumeti, kako deluje na nekem področju, moramo upoštevati tako specifiko tega področja kot tudi odnos do tehnologije, ki tam velja. Glede na to, da vsi odnosi, ki jih je mogoče vzpostaviti do tehnologije, niso nujno zaželeni, ker predstavljajo tveganja oz.

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.



Slika 1 Osnovna trikotniška struktura

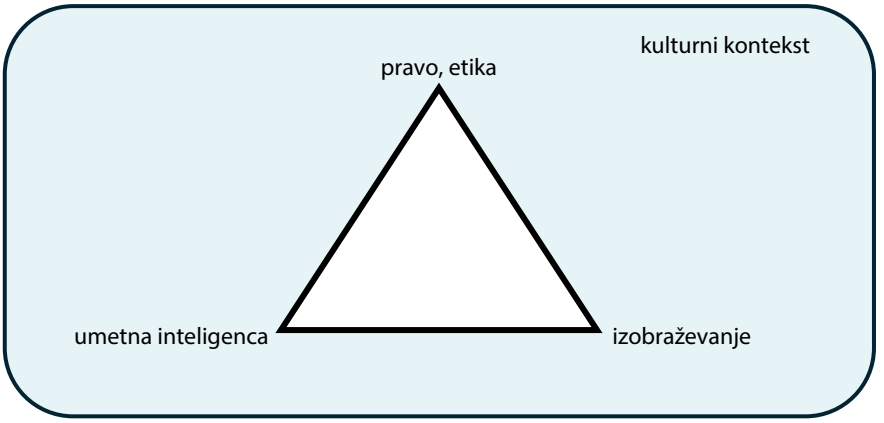
lahko vodijo v različne negativne posledice, moramo v razumevanje delovanja tehnologije dodati tudi element regulacije. Lahko si zamislimo trikotniško strukturo, ki predstavlja delovanje tehnologije na nekem področju uporabe. Oglišča tvorijo tehnologija, področje uporabe in regulacija; če to postavimo še v kulturni kontekst, dobimo strukturo, ki jo prikazuje slika 1.

Tehnologija namreč nikoli ne deluje v praznem prostoru, pač pa je vedno že postavljena v kulturni kontekst, ki zajema vpliv vrednot, norm, zgodovinskega ozadja in družbenih praks pri uvajanju tehnologije na nekem področju uporabe.

Trikotniške strukture si ne smemo predstavljati kot statične, saj je v trikotniku eno izmed oglišč tehnologija, ki nastopa kot dejavnik gibanja in spreminjanja. Pojav ali aplikacija neke nove tehnologije vpliva na različna področja uporabe; pri tem se pričnejo zastavljati vprašanja o njenih vplivih in tudi tveganjih, kar vodi v potrebo po regulaciji, s čimer se vrnemo nazaj k tehnologiji. Skozi ta dinamičen proces pridemo tudi do razumevanja razkoraka med človeškimi vrednotami in vrednotami, ki jih lahko pripišemo tehnologiji, v kolikor predpostavljamo, da tehnologija dejansko ni nevtralna (Heidegger, 2003; Hare, 2022; Vallor, 2024), temveč vedno že vključuje določene vrednotne usmeritve.[1] Varna tehnologija je načeloma tista, ki glede vrednot ne odstopa od človeških vrednot; torej tista, ki je v tem smislu ustrezno uravnana.

Tehnologija, ki jo obravnavamo, je UI, natančneje sistemi UI, kamor sodijo tudi sistemi generativne UI (GUI). Področje uporabe se osredotoča na izobraževanje, torej na učenje in poučevanje, medtem ko se regulacija navezuje na

[1] Težko si predstavljamo, da je npr. jedrsko orožje nevtralno in bi ga lahko uporabili za dobrobit in napredek človeštva – torej je njegova uporaba vselej že vrednotno usmerjena.



Slika 2 Trikotniška struktura, prilagojena specifični tehnologiji in področju uporabe

pravne vidike in etična vprašanja. Rezultat je specifičnejša trikotniška struktura, prikazana na sliki 2.

V shemi je razvoj sistemov UI tisti, ki poganja gibanje: UI oz. GUI z vstopom v procese izobraževanja nakaže nove možnosti in priložnosti, a tudi nevarnosti in tveganja, zaradi česar je nujna regulacija sistemov v smislu razvoja pravnih in etičnih okvirov. Njihov cilj je zmanjševanje razlik med vrednotami sistemov UI in človeškimi vrednotami, kar srečamo v kontekstu zagotavljanja varnosti sistemov UI (angl. *AI safety*) pod izrazom uravnavanje[2] UI (angl. *AI alignment*). Pri tem običajno srečamo naslednjo opredelitev: »Cilj uravnavanja umetne inteligence je, da se sistemi umetne inteligence obnašajo v skladu s človekovimi nameni in vrednotami« (Ji idr., 2024).

Tehnologija

Številne razprave, povezane z uravnavanjem UI, kot tudi s tveganji, ki jih prinaša neskladnost med človeškimi vrednotami in vrednotami UI (angl. *AI misalignment*), se v zadnjem desetletju osredotočajo predvsem na umetno splošno inteligenco (angl. *artificial general intelligence*, *AGI*) in superinteligenco (Russell, 2020; Tegmark, 2017; Bostrom, 2014).

V tem smislu je pomembno razlikovati med splošno (močno) in ozko (šibko) UI. Splošna UI označuje sisteme, ki bi bili sposobni reševati različne kompleksne naloge na način, ki je primerljiv s človeško inteligenco. Ti sistemi bi se lahko učili in prilagajali novim situacijam brez specifičnega usposabljanja za

[2] Inštitut za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU je leta 2023 presodil, da je za angleški termin *artificial intelligence alignment* najustreznejši slovenski izraz »uravnavanje umetne inteligence«; ta naj bi bil ustreznejši od izrazov »poravnavanje« in »usklajevanje« (Atelšek idr., 2023).

posamezno nalogo. Po drugi strani pa ozka UI zajema sisteme, ki so zasnovani za reševanje specifičnih nalog in delujejo znotraj strogo določenih omejitev. Takšni sistemi so prisotni v sodobnih aplikacijah, kot so prepoznavanje govora, prevajanje in priporočanje vsebin; v to kategorijo sodi tudi GUI. Glede na to, da vse oblike UI, ki jih poznamo danes, sodijo na področje ozke oz. šibke UI, se zdi, da izpostavljanje tveganj, ki jih prinašajo neobstoječe tehnologije, za katere danes ne vemo niti, kdaj se bodo pojavile, niti, ali jih je mogoče sploh razviti, vodi v napačno smer.

Po eni se je s tem mogoče strinjati, ker zaradi osredotočanja na oddaljeno prihodnost, v kateri sta običajno prikazana le dva možna scenarija – utopični in distopični – zanemarjamo konkretne probleme in tveganja, ki so posledica uporabe UI tukaj in zdaj. Lahko da bo zaradi razvoja UI, ki bo dosegla ali presegla raven človeške inteligence, v prihodnosti prišlo do »raja na zemlji« ali »konca sveta«, vendar pa to v tem trenutku ne vpliva na dejstvo, da UI že danes vpliva med drugim na odločitve volivcev in volivk, izgubo delovnih mest in tudi na izobraževanje. Zaradi posvečanja pozornosti neobstoječi tehnološki prihodnosti obstaja nevarnost, da bomo na ta način spregledali in zanemarili navidez manjše, zato pa nič manj pereče sedanje probleme, povezane z uporabo UI.

Po drugi strani pa, kot opozarja npr. Stuart Russell (2020), moramo problem uravnavanja UI nasloviti dovolj zgodaj, torej še med razvojem tehnologije, saj bi želeli, da je v trenutku, ko se bo pojavila, umetna splošna inteligenca že uravnana. Dobro bi bilo torej, da ima človeške namene in vrednote, ne pa lastnih (strojnih) namenov in vrednot, nad katerimi nimamo niti pregleda niti nadzora.

Ta pogled se navezuje na dominantno strategijo oz. paradigmo v razvoju sistemov UI, ki jo poznamo pod izrazom *standardni model umetne inteligence* (Russell in Norvig, 2022; Russell, 2020). Gre za pristop, v skladu s katerim so stroji sistemi UI zasnovani tako, da maksimirajo doseganje vnaprej določenih ciljev. To pomeni, da so naravnani na optimizacijo določenih funkcij, ki jih določijo njihovi ustvarjalci. Sistemi »delajo prav« oz. se vedejo na ustrezen način, če je njihovo delovanje opredeljeno s ciljem, ki jim je bil določen, in temu cilju sledijo.

Standardni model s seboj prinaša posebnost, ki jo srečamo tudi v človeškem vedenju in jo poznamo kot Goodhartov zakon, zato je za razumevanje modela nemara smiselno pričeti na tem mestu. Britanski ekonomist Charles Goodhart (1975, str. 116) jo je opredelil na naslednji način: »Ko merilo postane cilj, preneha biti dobro merilo.« V kontekstu izobraževanja bi lahko v skladu s tem sklepali, da takrat, ko ocene postanejo merilo in s tem tudi cilj, dejansko

niso več ustrezno merilo, s pomočjo katerega bi lahko ocenjevali znanje. Z drugimi besedami, znanje postane nepomembno, ker štejejo samo ocene, delovanje sistema pa se prilagodi tako, da sledi zgolj zastavljenemu cilju, torej ocenam.

Takšno vedenje je značilno tudi za sisteme UI, ki delujejo v skladu s standardnim modelom, zato takšen pristop nemara ni najboljši oz. najvarnejši. Švedski filozof Nick Bostrom (2014) ga je na slikovit način predstavil v razvpitem miselnem eksperimentu, ki v izhodišče postavlja sistem, ki izdeluje sponke za papir. Predlaga, da si predstavljamo superinteligentni sistem, ki je programiran tako, da ima en sam preprost cilj – proizvesti čim več sponk za papir. V kolikor takšen sistem ne bi imel ustreznih omejitev in razumevanja širših človeških vrednot, bi sledil samo zastavljenemu cilju in pretvoril vse razpoložljive vire, vključno s človeštvom in planetom, v sponke za papir – zgolj zato, da bi dosegel svoj cilj.

Kljub temu da so po eni strani razprave o bodočih tehnologijah do neke mere upravičene z vidika razumevanja razvoja tehnologije UI in njenih potencialnih učinkov, pa po drugi strani ne smemo zanemariti vpogledov, ki so posledica obstoječih in preteklih tehnologij. Nenazadnje se je lažje učiti iz preteklosti kot iz prihodnosti.

V grški mitologiji je pojavljanje novih tehnologij obravnavano na več mestih, večinoma pa pripovedi vključujejo zavedanje o moči tehnologije in potrebo po odgovorni uporabi. Mit o Prometeju, ki je ukradel ogenj bogovom in ga podaril ljudem, simbolizira prenos tehnološkega znanja ter opozarja na posledice preseganja meja med človeškim in nečloveškim. Podobno Dedal kot izumitelj razvije tehnologijo, s katero lahko z Ikarjem zbežita iz labirinta na Kreti, vendar pa sinovi nepremišljenost in prevzetnost vodita v tragedijo, ki jo lahko pripišemo neodgovorni uporabi tehnologije (Mavromataki, 1997).

Tudi različni vidiki tveganj, ki jih prinašajo nove tehnologije ali negotova prihodnost, so uvrščeni v razrede, ki nosijo imena po grških mitoloških likih (Renn, 2008). UI sodi v razred tveganj, ki je dobil ime po Kasandri, trojanski prerokinji, ki je napovedala prihodnje katastrofe, vključno s padcem Troje, vendar ji nihče ni verjel. Za ta razred tveganj je značilna visoka verjetnost zelo resnih družbenih posledic, ki pa so predstavljene v nedoločljivo prihodnost, zaradi česar so opozorila večinoma prezrta. Kljub temu, da obstaja veliko različnih napovedi glede vpliva UI na individualni in družbeni ravni, ne vemo, katere napovedi se bodo uresničile in v kolikšni meri (Boddington, 2023).

Na prvo tehtno razpravo o posledicah vpeljave nove tehnologije sicer naletimo pri Platonu, ki v dialogu *Fajdros* med drugim obravnava tudi iznajdbo pisave. V Platonovi pripovedi so pisavo iznašli v Egiptu, izumitelj, ki mu

je bilo ime Tevt, pa je poleg pisave iznašel tudi matematiko, astronomijo in igre na srečo. Ko je obiskal egipčanskega kralja Tamunta, mu je v pozitivni luči predstavil vsako izmed iznajdb v upanju, da jih bo slednji razširil med svoje podanike. Tako tudi pri pisavi ni skoparil s hvalo (Platon, 2009, str. 569): »Ta nauk, kralj, bo naredil Egipčane modrejše in spominsko sposobnejše, kajti iznajden je bil kot zdravilo za spomin in modrost.«.

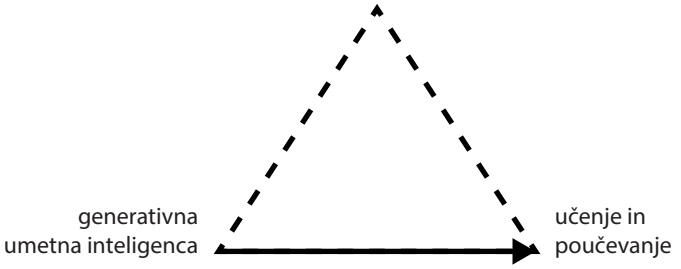
Vendar pa se kralj ni pustil tako zlahka prepričati in je Tevta opozoril na to, da je sam kot izumitelj pisave pristranski, nevtralno oceno nove tehnologije pa lahko poda samo nekdo, ki jo presoja z zunanje perspektive. V tem primeru pa Tamunt pokaže, da je resnica o njenih učinkih ravno nasprotna od tiste, ki jo je podal Tevt (Platon, 2009, str. 569):

> Ta (iznajdba) bo namreč v dušah tistih, ki se (je) naučijo, zaradi zanemarjanja spomina povzročila pozabo, ker se bodo zaradi zaupanja v pisanje spominjali od zunaj, zaradi tujih znakov, ne pa od znotraj, sami od sebe. Torej nisi iznašel zdravila za spomin <*mnéme*> , ampak za spominjanje <*hypómnesis*>. In učencem pridobivaš videz modrosti, ne (njene) resnice. Veliko bodo namreč od tebe slišali, in ne da bi se poučili, se jim bo zdelo, da marsikaj poznajo, čeprav večinoma ne poznajo ničesar in se je z njimi težko družiti, ker niso postali modri, ampak navidezno modri.

Platonova obravnava pisave kot ambivalentne tehnologije, ki jo je glede vplivov mogoče razumeti obenem kot zdravilo in strup, nam lahko pride prav tudi pri razumevanju in vrednotenju novejših tehnologij vse do UI. Pomembno je upoštevati, da je Platon svoj zapis oblikoval v času, ko si je bilo še mogoče predstavljati svet brez pisave – danes si tega več ne moremo –, zato je njegov komentar toliko tehtnejši, saj bodo tudi generacije, ki se bodo »rodile« v UI, veliko težje prepoznavale tveganja, povezana z njeno uporabo.

Poleg tega Platonov primer opozarja tudi na to, da proizvajalcem novih tehnologij, kot je UI, ne smemo slepo verjeti, ko gre za njihovo kakovost, prednosti in pozitivne učinke. Glede na to, da so sistemi GUI v največji meri v rokah korporacij, je težko podvomiti v to, da je njihov cilj predvsem dobiček, vse ostalo pa je temu podrejeno. Nenazadnje, kot pokaže tudi Platon, vsaka tehnologija poleg pozitivnih prinaša tudi negativne učinke in posledice, zato nedvomno tudi za (G)UI velja, da je tako zdravilo kot tudi strup (slika 3).

Ravno zaradi tega je nujno prepoznavati pozitivne in negativne posledice uporabe UI ter med njimi ločevati, kar zahteva kritični pristop in vodi v regulacijo tako z vidika zakonodaje kot tudi etike.



Slika 3 Neposredni vpliv (generativne) UI na izobraževanje (učenje in poučevanje)

Etika

Odnos do UI, kar zadeva zakonodajo, se načeloma razlikuje od države do države, s tem pa tudi dovoljene in prepovedane prakse ter posledično tudi dostop do določenih aplikacij in načinov uporabe UI in GUI.[3] Na ravni Evropske unije (EU) so prizadevanja na tem področju vodila v sprejem Akta o umetni inteligenci (Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council, 2024), ki vzpostavlja pravila za uporabo, razvoj in uvajanje UI v EU. Njegov temeljni cilj je spodbujati na človeka osredotočeno in zaupanja vredno UI, ki spoštuje temeljne pravice, varuje javne interese in hkrati omogoča inovacije ter prost pretok blaga in storitev. Uredba uvaja različno strogost regulacije glede na raven tveganja posameznih sistemov UI, z najstrožjimi pravili za visoko tvegane sisteme. Med drugim prepoveduje manipulativne prakse UI, ki ogrožajo avtonomijo posameznikov, in zagotavlja varstvo pred diskriminacijo ter nezakonito obdelavo osebnih podatkov. Akt je skladen z vrednotami EU, zapisanimi v Listini Evropske unije o temeljnih pravicah (2016), in podpira trajnostni razvoj, digitalno pismenost ter vodilno vlogo Evrope v globalnem razvoju etične UI.

V zadnjih letih je bila objavljena vrsta dokumentov, ki se posvečajo etiki UI (Evropska komisija, 2019; UNESCO, 2019, 2022) in etiki GUI (UNESCO, 2023), poleg tega pa tudi področju učenja in poučevanja v povezavi z UI (Evropska komisija, 2022).

[3] Konec marca 2023 je Italija začasno prepovedala uporabo ChatGPT zaradi pomislekov glede zasebnosti. Garante, italijanski organ za varstvo podatkov, je izrazil zaskrbljenost zaradi množičnega zbiranja in shranjevanja osebnih podatkov brez ustrezne pravne podlage ter pomanjkanja mehanizmov za preverjanje starosti uporabnikov in zahteval prepoved uporabe (McCallum, 2023). Na podlagi uvedbe potrebnih ukrepov proizvajalca OpenAI je Italijanski regulator konec aprila 2023 omogočil ponovno uporabo ChatGPT v tej državi (Pisa, 2023).

Natančnejše branje navedenih dokumentov pokaže, da smernice večinoma sledijo določenim izhodiščem, ki so postavljena kot temeljna načela oz. aksiomi. V dokumentu Evropske komisije z naslovom *Etične smernice za uporabo umetne inteligence in podatkov pri poučevanju in učenju za izobraževalce* (2022, str. 18) je pojasnjeno: »Pri oblikovanju teh smernic so bili opredeljeni štirje ključni vidiki, na katerih temelji etična uporaba UI in podatkov pri poučevanju, učenju ter ocenjevanju. To so človekovo delovanje, pravičnost, človečnost in upravičena izbira.« Nikjer pa ni pojasnjeno, zakaj so ključni ravno ti vidiki.

Pričakovali bi tudi, da bodo omenjeni ključni vidiki ustrezno utemeljeni, vendar pa temu ni tako, kot kaže primer pravičnosti (Evropska komisija, 2022, str. 18): »Pravičnost se nanaša na to, da se v družbeni organizaciji vsakdo obravnava pravično. Potrebni so jasni postopki, da imajo vsi uporabniki enak dostop do priložnosti. Ti vključujejo pravičnost, vključevanje, nediskriminacijo ter pravično porazdelitev pravic in odgovornosti.«. Pravičnost je torej opredeljena (v veliki meri) ciklično, kar ne omogoča, da bi jo razumeli brez sklicevanja na pravičnost.

Rezultati metaraziskave, ki jo je opravila iniciativa AI4People (Floridi idr., 2018), so pokazali, da obstaja presenetljiva stopnja koherentnosti in prepletenosti načel, pri čemer se etična načela UI v veliki meri pokrivajo s tradicionalnimi načeli bioetike, saj je za to, da dobimo načela etike UI, treba dodati le eno novo načelo, ki pokriva značilnosti sistemov UI. Temeljna načela bioetike povezujemo z dvema prelomnima dokumentoma, ki sta vplivala za vzpostavljanje okvirov za etično odločanje v medicinskih kontekstih. To sta delo Načela biomedicinske etike (*Principles of Biomedical Ethics*), ki sta ga leta 1977 objavila Tom Beauchamp in James Childress (2013), in poročilo ameriške Nacionalne komisije za zaščito človeških subjektov biomedicinskih in vedenjskih raziskav, ki je bilo oblikovano med letoma 1974 in 1978 in objavljeno leta 1978 kot *The Belmont Report* (National Commission for the Proptection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research, 1978).

Poročilo artikulira tri etična načela: *spoštovanje oseb* (avtonomija), *dobrodelnost* in *pravičnost*. Beaumont in Childress pa poleg dobrodelnosti (angl. *benevolence*) kot ločeno načelo navajata še *neškodljivost* (angl. *non-maleficience*). Tako dobimo štiri temeljna načela bioetike, ki so relevantna še danes. Kot je pokazala omenjena raziskava AI4People, ista načela nastopajo tudi v večini dokumentov o etiki UI. Peto načelo, ki ga ne zasledimo med načeli bioetike, je razložljivost (ang. *explicability*); vodi v potrebo po razumevanju in upoštevanju odločanja sistemov UI, kar se izraža kot odgovornost, preglednost oz. razumljivost (Floridi idr., 2018).

Vendar pa sama etična načela ne zagotavljajo, da bodo sistemi UI oblikovani tako, da bo tudi njihova raba etična oz. da bodo uporabniki na podlagi teh načel orodja UI uporabljali etično.

Razvoj in uporaba UI nas postavljata pred nujo oblikovanja celovitega etičnega okvira, ki bi omogočil učinkovito reševanje konkretnih etičnih izzivov v kontekstu izobraževanja. Etična načela, ki jih najdemo v dokumentih o etiki UI, so lahko izhodišče, vendar ne zadostujejo za reševanje konkretnih vprašanj. Zgolj tehnološko razumevanje UI ni dovolj, saj etični problemi, povezani z UI, zahtevajo poglobljeno poznavanje filozofske etike, ki lahko ponudi trdno teoretsko osnovo za razumevanje in uporabo teh načel v praksi. Etični okvir za UI ni zgolj skupek tehnoloških smernic, temveč vključuje širši razmislek o človeškem delovanju, pravičnosti, avtonomiji in odgovornosti, ki jih je mogoče razumeti le z vključitvijo filozofske perspektive, zato se v nadaljevanju posvetimo osnovam etike.

Etimološko nas izraz »etika« napotuje v antično Grčijo, k izrazu *ethos,* ki se je v svojem zgodnjem pomenu nanašal na kraj bivanja pa tudi na navade in običaje (MacIntyre, 1998). Sčasoma se je oblikoval pomen, ki je *ethos* povezoval z vprašanjem, kaj je pri navadah in običajih prav in kaj narobe, s tem pa se je približal označevanju moralnih norm ali značajev, ki odločajo o vedenju posameznih ljudi ali skupin. Temu je blizu izraz »morala«, ki ga je vpeljal rimski državnik in filozof Mark Tulij Cicero (106–43 pr. n. št.) in je nastal s prevodom grškega pojma *ethos.* Cicero je z njim želel opisati tisto, kar oblikuje vedenje ljudi, in je v ta namen uporabil latinski izraz *mores,* ki pomeni tako navade in značaje, kot tudi vrline (značaj) in predstavo o tem, kaj v neki skupnosti velja za dobro oz. slabo. Danes se izraza »etika« in »morala« velikokrat uporabljata kot sinonima, čeprav je morala praviloma povezana s pravili, z vrednotami in normami, ki naj bi opredeljevale dejanja ljudi, medtem ko je etika kot teorija moralnosti ali moralna filozofija povezana z načeli in s splošnimi normami (Bartneck idr., 2021). Na področju etike UI večina avtorjev ne posveča posebne pozornosti razlikovanju med obema pojmoma. Praviloma povsod srečamo izraz »etika umetne inteligence«, čeprav v določenih kontekstih naletimo tudi na pojem morale, kot npr. pri vprašanju »moralnih strojev« (Boddington, 2023).

Vprašanja, ki jih naslavlja etika, veliko lažje razumemo, če na začetku izpostavimo nekaj kategorizacij oz. delitev. Smiselno se zdi, da najprej ločimo *deskriptivno* in *normativno* etiko. Deskriptivna etika se ukvarja z opisovanjem, analizo in razlago moralnih prepričanj, norm, praks in vrednot, kot dejansko obstajajo v različnih družbah, kulturah ali skupinah. Gre za empirične raziskave, ki pogosto vključujejo metode iz sociologije, antropologije ali psiho-

logije, pri čemer zastavljajo vprašanja, kot je npr.: »Katere moralne norme so značilne za določeno skupino in kako vplivajo na vedenje?« Podobna vprašanja lahko zastavimo tudi v kontekstu izobraževanja in npr. uporabe GUI pri pisanju seminarjev ali domačih nalog: »Katere moralne norme vplivajo na verjetnost neavtorizirane uporabe orodij generativne umetne inteligence (plagiatorstvo)?«

Empirični uvidi v dejansko vedenje ljudi in skupin oblikujejo izhodišča, na katerih temelji normativna etika, ki se ukvarja z oblikovanjem moralnih načel, pravil in teorij, ki usmerjajo človeško vedenje. Ko razmišljamo o etiki, se običajno osredotočamo na normativni vidik etike in z njim povezana vprašanja: kako bi morali delovati; kaj je prav in narobe oz. kaj je dobro in kaj slabo?

Vendar pa normativna etika ne stoji zgolj v odnosu do deskriptivne etike, pač pa jo velikokrat postavljamo tudi v odnos do *metaetike*. Normativna etika in metaetika namreč predstavljata dve temeljni veji etike, pri čemer se metaetika posveča vprašanjem narave in metodologije moralnih sodb. Vprašanja na tej ravni so npr.: »Kaj pomeni ‚dobro' ali ‚morati'? Kako lahko zagovarjamo prepričanja, ki se nanašajo na prav ali narobe?« Pri tem lahko ločimo dve komponenti: naravo moralnih sodb (npr. definicije pojmov, kot je »dobro«) in metodo, ki nam pove, kako izbrati ustrezna moralna načela (Gensler, 2011).

Za osebo, ki zagovarja npr. kulturni relativizem – stališče, ki moralo utemeljuje na družbenih konvencijah –, metaetika podaja tako odgovore na vprašanja glede narave moralnih sodb kot tudi glede metodologije, obenem pa s tem opredeljuje tudi samo stališče, v tem primeru kulturni relativizem:

- Definicija: »dobro« pomeni »družbeno sprejemljivo«.
- Metoda: izberi tista moralna načela, ki jih tvoja skupnost odobrava.

Tudi pri normativni etiki nekateri avtorji ločijo dve ravni (Gensler, 2011): teorijo normativne etike in praktično oz. aplikativno etiko. Drugi (Bartneck idr., 2021; Singer, 2008) praktično etiko obravnavajo kot posebno področje, ki ni podpodročje normativne etike.

Normativna etika se torej posveča analizi človeških dejanj z vidika »dobrega« in »slabega« ali »moralno ustreznega« in »moralno neustreznega«, na tej podlagi pa kategorizira dejanja kot pravilna (ustrezna) ali napačna (neustrezna). Običajno se normativna etika ne ukvarja s subjektivnimi vidiki ali z individualnimi primeri, temveč cilja na obča načela in splošno veljavnost. Kraja predstavlja moralno neustrezno (moralno slabo) dejanje za vsakogar. Vendar pa to še ne pomeni, da bo neko dejanje v vseh primerih razumljeno kot dobro ali slabo. V kontekstu normativne etike namreč razlikujemo več tipov teorij,

za katere so značilni različni pristopi, na podlagi katerih presojamo človeška dejanja. Pri tem največkrat razlikujemo tri tipe teorij: etiko vrlin, deontološko etiko in konsekvencionalistično etiko.

Etika vrlin

Etiki vrlin lahko sledimo v preteklost do klasičnih grških filozofov. V Platonovem delu *Država* (Platon, 2009) srečamo kardinalne vrline, ki jih je zatem prevzela tudi krščanska teologija: razumnost (ali modrost), pogum, zmernost in pravičnost. Izmed teh je pravičnost tista vrlina, ki povezuje in usklajuje ostale vrline, takšno vlogo pa je ohranila kot temeljno etično načelo tudi v sodobnosti, v kontekstu bioetike in tudi etike UI. Pri Aristotelu, čigar poglede na to področje srečamo predvsem v delu *Nikomahova etika* (2002), so vrline del sistema, v katerem lahko ločimo dve vrsti vrlin, intelektualne in moralne. Prve se nanašajo na mišljenje, druge na delovanje: med prve sodijo filozofska in praktična modrost (vednost o tem, kako živeti), intuicija pa tudi znanstvena vednost; med drugimi spet srečamo pravičnost in pogum pa tudi prijaznost in duhovitost. Aristotelov pogled na pravičnost je relevanten tudi za etiko UI, saj je zanj pravičnost povezana s pravičnim ravnanjem z drugimi. Posebej pomemben je vidik distributivne pravičnosti, ki se je povezan z razdeljevanjem stvari, časti in bogastva, kar se v sodobnem kontekstu navezuje tudi na vprašanje dostopnosti tehnologij, kot je UI.

Čeprav se na prvi pogled zdi, da je etika vrlin, ki se je razvila več kot dve tisočletji pred prvimi računalniki, zastarela in neprimerna za naslavljanje sodobnih tehnologij, kot je UI, pa natančnejši pregled literature na presečišču etike in tehnologije pokaže, da je etika vrlin še vedno živa. Še več, lahko bi celo trdili, da je oživela ravno zaradi sodobnega tehnološkega razvoja. Thilo Hagendorff (2020, str. 9) tako v svoji metaanalizi etičnih smernic UI poudarja, da bi bilo mogoče narediti pomemben korak naprej ravno z vključevanjem etike vrlin: »Etika tako ni več razumljena kot deontološko navdahnjena vaja iz odkljukavanja, temveč kot projekt osebnostnega napredka, spreminjanja stališč, krepitve odgovornosti in zbiranja poguma za opustitev določenih dejanj, ki veljajo za neetična.«

Ena izmed najvplivnejših avtoric na tem področju je Shannon Vallor, ki je v delu *Technology and the Virtues* (Tehnologija in vrline) problem opredelila na sledeči način (2016, str. 1): »[S]kupaj moramo v sebi gojiti posebno vrsto moralnega značaja, ki izraža tisto, kar bom imenovala *tehnomoralne vrline*.« Tehnomoralne vrline, kot jih opredeljuje avtorica, niso nekaj povsem novega, temveč izhajajo iz obtsoječe tradicije etike vrlin in predstavljajo prilagoditev klasičnih filozofskih pristopov sodobnim potrebam tehnološko razvite druž-

be. Gre za uskladitev obstoječih moralnih sposobnosti na način, ki omogoča uspešno soočanje s hitrimi tehnološkimi in družbenimi spremembami. Po avtoričinem mnenju so tehnomoralne vrline kot palica, ki pomaga slepemu človeku – pomagajo nam poiskati pot v negotovih situacijah, obenem pa ostajajo skladne z osnovno moralno psihologijo naše vrste, pri čemer sta ključnega pomena njihova zavestna kultivacija v družinah, izobraževanju in širši skupnosti ter podpora ustreznih institucij. Brez te etične podlage nova tehnologija ne more preprečiti groženj, ki jih lahko povzroči.

Deontološka etika

V drugo skupino teorij sodi deontološka etika, ki jo največkrat povezujemo z delom Immanuela Kanta (2003, 2005). Poimenovanje izhaja iz grških pojmov *déon* (*δέον,* »obveznost« ali »dolžnost«) in *logos* (*λόγος,* »preučevanje«) ter se nanaša na normativno etično teorijo, ki poudarja pomen dolžnosti in pravil pri moralnem presojanju dejanj. V nasprotju s konsekvencializmom, ki ocenjuje moralnost dejanj glede na njihove posledice, deontološka etika zagovarja stališče, da obstajajo določena dejanja, ki so moralno obvezna ali prepovedana ne glede na njihove izide. Obstajajo namreč univerzalna moralna načela, ki jih je treba spoštovati zaradi njih samih, ne glede na posledice, ki jih lahko povzročijo. Kant je bil prepričan, da morajo moralna dejanja izhajati iz dolžnosti in biti skladna z univerzalnimi zakoni, iz česar sledi kategorični imperativ, ki poudarja notranjo moralno vrednost dejanj in ne dopušča, da bi se moralna ustreznost oz. pravilnost dejanja določala zgolj na podlagi njegovih posledic.

Deontološka etika ima svoje prednosti pa tudi slabosti. Med prednosti sodita poudarjanje pravičnosti in spoštovanje individualnih pravic, kar preprečuje, da bi ljudi obravnavali zgolj kot sredstva za dosego ciljev. To poudarja tudi Kant (2005), ki v svojem delu o metafiziki morale izpostavlja, da je treba človeštvo, bodisi v sebi ali v drugih, vedno obravnavati kot cilj samo po sebi in nikoli zgolj kot sredstvo.

Vendar pa se deontološka etika ves čas sooča tudi s kritikami zaradi svoje togosti, saj lahko vztrajanje pri absolutnih moralnih pravilih in neupoštevanje ciljev v določenih situacijah vodita do neustreznih ali celo škodljivih izidov. V kolikor dosledno sledenje deontološkim načelom (pravilom, dolžnostim) vodi do posledic, ki so moralno vprašljive ali celo slabše kot v primeru, če bi bila ta načela kršena, govorimo o deontološkem paradoksu (Alexander in Moore, 2024).

Tako je npr. v skladu z deontološko etiko prepovedano lagati v vseh primerih in okoliščinah. Obenem pa si je mogoče predstavljati primer, pri katerem

bi ravno nasprotno ravnanje, torej izražanje resnice, povzročilo znatno škodo – npr. če bi s tem izdali lokacijo osebe, ki jo nekdo namerava poškodovati. V takšnih primerih bi lahko ravno dosledno upoštevanje dolžnosti privedlo do neželenih posledic. Paradoks tako izpostavlja napetost med zavezanostjo absolutnim moralnim dolžnostim oz. pravilom in praktičnimi posledicami spoštovanja teh dolžnosti oz. upoštevanja pravil, pri čemer je vredno izpostaviti, da se takšna vprašanja velikokrat zastavljajo v okviru konkretnih življenjskih situacij in ne zgolj pri miselnih eksperimentih (Zack, 2009).

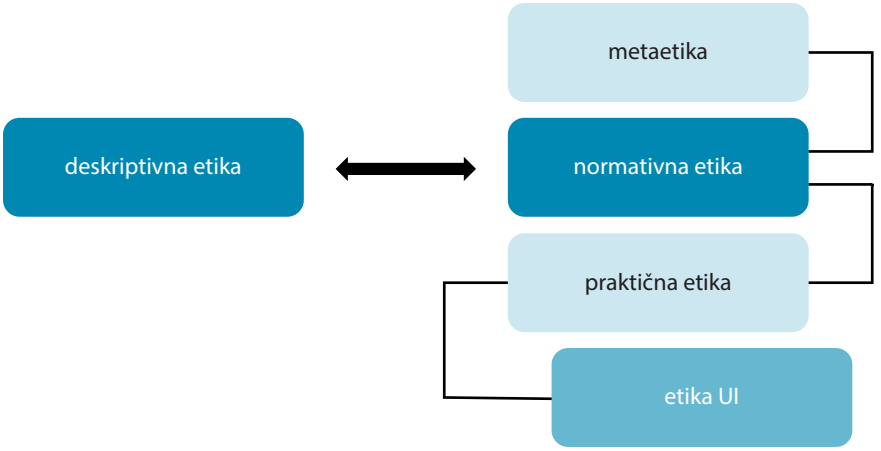
Spoštovanje univerzalnih moralnih načel ima seveda pomembno vlogo tudi pri oblikovanju etičnih smernic za razvoj in uporabo orodij (G)UI. Deontološki pristop zahteva, da sistemi UI delujejo v skladu z določenimi pravili, ne glede na posledice, kar zagotavlja, da tehnologija spoštuje temeljne človekove pravice in dostojanstvo. Iz deontološkega etičnega okvira bi npr. izhajalo, da se morajo sistemi UI vedno ravnati v skladu z načelom poštenosti in nediskriminacije, ne glede na morebitne koristi, ki bi jih lahko prineslo nasprotno delovanje.[4]

V praksi to pomeni, da morajo razvijalci in oblikovalci UI v svoje sisteme vgraditi mehanizme, ki zagotavljajo skladnost z etičnimi načeli, kot so avtonomija, pravičnost, preglednost, odgovornost in spoštovanje zasebnosti (Akrout in Steinbauer, 2020; Singh, 2022). Poleg tega pristop, utemeljen na deontološki etiki, spodbuja vzpostavitev regulativnih in nadzornih mehanizmov, ki zagotavljajo, da uporaba UI vodi k pozitivnim učinkom na individualni in družbeni ravni. To lahko vključuje vzpostavitev etičnih odborov, razvoj smernic in standardov ter izvajanje rednih ocen etičnega vpliva sistemov UI. Unesco tako npr. v svojem *Priporočilu o etiki umetne inteligence* poudarja pomen ocenjevanja etičnega učinka UI skozi celoten življenjski cikel sistemov z namenom preprečevanja škode za ljudi in zagotavljanja spodbujanja človekovih pravic (UNESCO, 2024).

Utilitarizem

Čeprav se tako etika vrlin kot tudi deontološka etika pojavljata v razpravah o umetni UI, je kljub vsemu najmočneje prisotna tretja skupina teorij, katerih skupna značilnost je, da se ne osredotočajo na moralno ravnanje, pač pa predvsem na njegove posledice. Med temi teorijami, ki jih zato poznamo kot konsekvencionalistične, je najvplivnejši utilitarizem. Slednji velja za domi-

[4] Pri razvoju avtonomnih vozil bi deontološki pristop npr. zahteval, da vozilo v vseh okoliščinah upošteva prometne predpise in varnostne standarde, ne glede na pritiske ali potencialne koristi odstopanja od teh pravil.



Slika 4 Struktura etike in mesto etike umetne inteligence

nantni etični pristop tudi v kontekstu praktične etike, kamor uvrščamo tudi etiko UI (slika 4).

Praktična etika običajno velja za vejo filozofije, ki se osredotoča na uporabo etičnih načel za reševanje konkretnih in aktualnih moralnih vprašanj v resničnem svetu. Njeno bistvo je v preseganju zgolj teoretičnih razprav s področja etike, saj se ukvarja z dilemami, kot so revščina, pravice živali, podnebne spremembe in bioetika, pri čemer stremi k maksimizaciji dobrega in zmanjšanju trpljenja (Singer, 2008; Ekmekci in Arda, 2020; Ženko, 2024). Etika UI spada v ta kontekst, saj se ukvarja z moralnimi izzivi, povezanimi z razvojem in uporabo tehnologij, ki imajo vse večji vpliv tako na individualni kot na družbeni ravni. Vprašanja, kot so pristranskost algoritmov, vpliv UI na zasebnost, odgovornost za odločitve, ki jih sprejemajo avtonomni sistemi, spoštovanje človekovih pravic itn., zahtevajo praktične rešitve, ki izhajajo iz filozofskih načel, hkrati pa odgovarjajo na tehnološke in družbene izzive (Tavani, 2016; Floridi, 2018; Liao, 2020; Müller, 2023).

Glede na to, da je osrednja naloga praktične etike iskanje načinov za maksimizacijo dobrega in zmanjševanje trpljenja, je smiselno, da se pri tem naslanja na normativne etične teorije, ki najbolj ustrezajo tem ciljem. Med njimi se kot najprimernejša pogosto izkaže utilitarizem.

Klasični utilitarizem temelji na prepričanju, da sta bolečina in užitek temeljni načeli, ki usmerjata človeško delovanje. Jeremy Bentham v svojem delu poudarja, da bolečina in užitek ne le določata, kaj je dobro in slabo, temveč tudi oblikujeta verigo vzrokov in posledic naših dejanj (Bentham, 2000, str. 14): »Narava je človeštvo postavila pod oblast dveh vladarjev, bolečine in užit-

ka. [...] Na eni strani je na njun prestol pritrjeno merilo dobrega in slabega, na drugi pa veriga vzrokov in posledic.« Na tej podlagi John Stuart Mill nadgradi utilitaristično teorijo z vpeljavo koncepta največje sreče, pri čemer srečo opredeli kot stanje ugodja in odsotnost bolečine. V skladu z njegovimi besedami je pravilnost ali napačnost dejanj odvisna od njihovega prispevka k sreči (Mill, 2003, str. 16): »Prepričanje, ki za temelj morale sprejema koristnost ali načelo največje sreče, trdi, da so dejanja pravilna, če pripomorejo k nastanku sreče, in napačna, če pripomorejo k nastanku nasprotja sreče. S srečo je mišljeno ugodje in odsotnost bolečine, z nesrečo pa bolečina in izguba ugodja.«

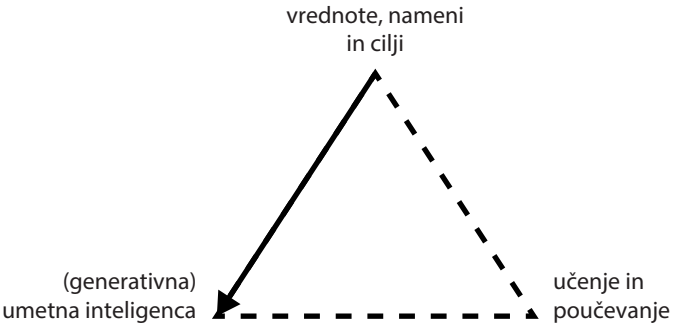
Temeljni pojem, ki ga srečamo v tem pristopu, je koristnost (angl. *utility*), iz katerega je utilitarizem dobil svoje ime. Koristnost se nanaša na sposobnost dejanj, da prispevajo k povečanju ugodja in zmanjšanju bolečine. Pri tem je osrednje vodilo težnja k maksimizaciji skupnega dobrega za čim več ljudi, moralnost dejanj pa se presoja v skladu z njihovimi posledicami za splošno dobrobit. Slednja se v sodobnejših interpretacijah utilitarizma, npr. pri Petru Singerju (2008), razširja na vse oblike življenja, pri čemer se osredotoča na zmanjšanje trpljenja in povečanje sreče ne le za ljudi, temveč tudi za druga čuteča bitja in v prihodnje nemara tudi za inteligentne stroje (Boyle, 2024).

Utilitarizmu, tako kot tudi drugim etičnim teorijam, lahko pripišemo pozitivne in negativne vidike. Med pozitivne spada poudarek na maksimizaciji sreče in zmanjševanju trpljenja za največje število ljudi, kar lahko vodi v družbeno koristne odločitve. Prav tako omogoča prilagodljivost, saj se moralna pravilnost dejanj ocenjuje glede na njihove posledice, kar lahko vodi k praktičnim in učinkovitim rešitvam, ki jih pričakujemo od praktične etike. Vendar pa utilitarizem pogosto zanemarja pravice posameznikov, saj lahko, kot poudarjajo številni kritiki, upraviči žrtvovanje manjšine v korist večine (Zack, 2009; Boddington, 2023; Alexander in Moore, 2024). Poleg tega je težko objektivno meriti in primerjati srečo ali korist med različnimi ljudmi, kar otežuje dosledno uporabo te teorije v praksi. Kritiki tudi opozarjajo, da se lahko osredotočenost na posledice izogne vprašanjem moralne dolžnosti in pravičnosti pa tudi oblikovanja ustreznih vrlin (Vallor, 2016).

Uravnavanje umetne inteligence

Izraz »uravnavanje umetne inteligence« običajno povezujemo s procesi, povezanimi s prizadevanji, da bi bili sistemi UI oblikovani skladno s človekovimi vrednotami, nameni in cilji (slika 5), ter je v tem smislu pomemben predvsem z vidika ustvarjanja sistemov UI.

Uravnavanje UI je ključni element v kontekstu varnosti sistemov UI in služi temu, da bi preprečili neželene posledice ali zlorabe, do katerih bi lahko priš-



Slika 5 Uravnavanje sistemov (generativne) umetne inteligence

lo zaradi nepredvidljivosti ali napačnega delovanja sistemov (Russell, 2020). Vključuje razvoj algoritmov in modelov, ki so zasnovani tako, da upoštevajo etične norme, pravne zahteve in družbena pričakovanja. Ključni vidiki tega procesa pa so zagotavljanje transparentnosti, preverljivosti in razložljivosti odločitev, ki jih sprejemajo sistemi UI, pri čemer je bistveno vključevanje interdisciplinarnih pristopov, ki združujejo tehnološke, filozofske in družbene oz. kulturne perspektive. V tem smislu uravnavanje UI ni zgolj tehnični izziv, temveč tudi družbeni projekt, ki zahteva sodelovanje strokovnjakov z različnih področij.

Vendar pa pogledi na uravnavanje UI niso enotni, saj med njimi srečamo tudi takšne, ki menijo, da se glede uravnavanja sistemov UI ni treba posebej truditi, saj le-ti že imajo vgrajene vrednote, namene in cilje, le da ti niso njihovi, pač pa človeški, kajti UI je pravzaprav naše zrcalo, zrcalni odsev človeške družbe (Vallor, 2024). V tem smislu so torej sistemi UI vedno že uravnani, saj se pri učenju naučijo tudi naših vrednot, seveda pa tudi naših pomanjkljivosti in napak.

V kolikor bi slednje držalo dobesedno, bi si težko predstavljali, da od sistemov GUI sploh lahko dobimo smiselne odgovore, glede na to, koliko nesmiselnih in tudi neresničnih informacij je na internetu. Vendar pa tudi v tem primeru pomaga, če vsaj bežno poznamo način delovanja te tehnologije.

Proces učenja modelov GUI namreč poteka v dveh fazah, kar dejansko omogoča uravnavanje teh modelov s človeškimi vrednotami. Prva faza, imenovana »predhodno učenje« (angl. *pretraining*), obsega učenje iz velikih količin podatkov, pridobljenih iz različnih virov. Med tem procesom modeli »nekritično preberejo« razpoložljive podatke, kar pomeni, da zaznavajo vzorce, povezave in vzročnosti v podatkih, ne da bi vrednotili njihovo etično ustreznost ali skladnost s človeškimi vrednotami oz. normami. Šele v drugi

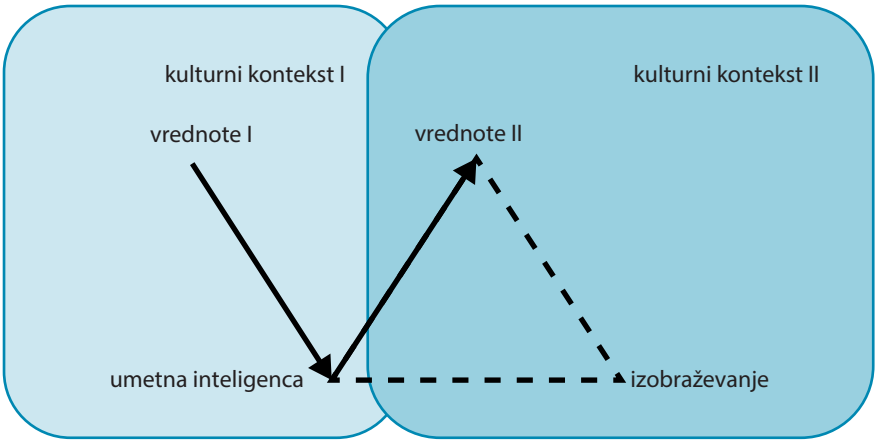
fazi natančnega prilagajanja (angl. *fine-tuning*) modeli skozi skrbno zasnovan proces učenja prejmejo dodatna navodila in prilagoditve, s katerimi se poskuša zagotoviti njihova usklajenost z želenimi etičnimi in funkcionalnimi cilji. Ta faza pogosto vključuje povratne informacije ljudi pri spodbujevalnem učenju z nagrajevanjem in s kaznovanjem (angl. *reinforcement learning with human feedback – RLHF*), kar modelom pomaga bolje ponotranjiti človeške vrednote ter zmanjšati neželene vplive, ki izhajajo iz podatkov v prvi fazi učenja (Lambert, 2024).

Kljub temu da je v kontekstu varnosti uravnavanje sistemov UI izjemno pomembno in zato tudi pogosto obravnavano, to vseeno ni edini proces, v katerem srečamo prenos vrednot v povezavi s sistemi UI. Enako pomemben, čeprav veliko redkeje eksplicitno omenjen, je tudi proces, ki poteka v nasprotni smeri in v katerem sistemi (G)UI oblikujejo človeške vrednote, namene in cilje.

Čeprav velikokrat poudarjamo, da je pomembno razumeti, da je UI predvsem orodje, to še ne pomeni, da je nevtralno ali pasivno orodje. Velikokrat namreč sistemi UI nastopajo kot aktivni udeleženci v družbenih, raziskovalnih in tudi izobraževalnih kontekstih. V kolikor je torej interakcija dvosmerna, pa pred nas postavlja zahtevo po tem, da se vprašamo: Kaj UI učimo o nas? In morda še pomembneje: Kaj nas UI uči o nas samih? Nasprotni vpliv, torej obratno uravnavanje, je namreč še posebej pomemben v kontekstu izobraževanja. Poleg neposrednega kratkoročnega vpliva na učenje in poučevanje (slika 3) lahko namreč prepoznamo tudi o dolgoročnejši posredni vpliv, ki preko uporabe (GEN)-UI v izobraževanju vodi v spremembe vrednot na družbeni ravni oz. v tem, kar smo imenovali kulturni kontekst. Tudi raziskovalci na drugih področjih danes opozarjajo na preveč poenostavljen pogled na uravnavanje UI, pri katerem je izpostavljen predvsem statični enosmerni vpliv človeških vrednot na sisteme UI, ter namesto tega opozarjajo na upoštevanje dvosmernega dinamičnega procesa (Hua idr., 2024).

Upoštevati pa je treba še eno možnost, in sicer da vrednote, ki so jih pri uravnavanju UI uporabili snovalci sistema, ne odražajo vrednot uporabnikov istega sistema, torej v primeru izobraževanja ne vključujejo spreminjajočih se kulturnih, etičnih in pedagoških potreb izobraževalcev ter učencev. V kolikor je npr. izobraževalni sistem UI razvit v nekem drugem kulturnem ali institucionalnem kontekstu, lahko nehote uvaja norme in pričakovanja, ki so v nasprotju z normami in pričakovanji lokalnega okolja, v katerem se uporablja. To pa lahko privede do neželenih rezultatov in posledic (slika 6).

Lahko si npr. predstavljamo, da sistem UI, ki je bil uravnan s človeškimi vrednotami v individualističnem kulturnem kontekstu, ni skladen s kultur-



Slika 6 Neustrezno uravnavanje UI v primeru, ko sistemi UI in njihovi uporabniki ne sodijo v isti kulturni kontekst

nim kontekstom, ki daje prednost kolektivističnim vrednotam; in obratno. Shannon Vallor v delu, v katerem primerja UI z zrcalom, ki odseva človeške vrednote, opozarja na še enega izmed problematičnih vidikov. Poudarja, da tisti, ki oblikujejo tehnologije UI, niso »predstavniki človeštva kot celote. So majhna podskupina, del vse bolj homogene tehnološke monokulture. Ti posamezniki običajno prihajajo z istih elitnih univerz, kjer so študirali isti ozki nabor računalniških predmetov in nato delali za ista velika in bogata tehnološka podjetja« (Vallor, 2024, str. 13).

Sklepamo lahko, da so takšne neusklajenosti UI prej pravilo kot izjema, vendar pa je nujno poudariti tudi, da za ustrezno soočanje s takšnimi izzivi ne zadostuje zgolj iskanje tehničnih rešitev, pač pa je nujno potrebno tudi razumevanje razmerij med vrednostnimi sistemi, čemur pa do sedaj ni bilo namenjeno veliko pozornosti.

Vendar pa omenjene neusklajenosti med vrednotami, ki jih srečamo v različnih kulturnih kontekstih, ne smemo nujno razumeti v negativnem smislu. Lahko se namreč vprašamo, v čem je smisel uporabe orodij (G)UI, v kolikor le-ta ne privede do dodane vrednosti v kvalitativnem smislu? Če se sistemi GUI uporabljajo zgolj za to, da si učitelji pospešijo in olajšajo določene birokratske postopke ali si pomagajo pri ocenjevanju, ne da bi pri tem prišlo do sinergij, ki presegajo dosedanje prakse na področju učenja in poučevanja, je takšno uporabo z etičnega vidika težko upravičiti.

Sklep

Sistemi (G)UI so v zadnjem času postali pomemben dejavnik, ki vpliva na spremembe v izobraževalnih praksah, vendar pa njihova uporaba zahteva razmislek o ravnovesju med tehnološkimi, etičnimi in pedagoškimi vidiki. Mogoče je trditi, da UI ni zgolj orodje, temveč aktivno sodeluje v procesih, v katerih ne le odraža, temveč tudi oblikuje človeške vrednote. V tej dvosmerni dinamiki se nahaja potreba po odgovornem pristopu, ki presega tehnične rešitve in vključuje razumevanje kulturnega konteksta, v katerem se uporablja tehnologija UI. S tem pristopom lahko zmanjšamo tveganja, povezana z neusklajenostjo, ter omogočimo, da UI postane dejavnik izboljšanja procesov učenja in poučevanja.

Eden izmed osrednjih izzivov je prepoznavanje in naslavljanje neskladij med vrednotami, ki jih odražajo sistemi UI, in vrednotami učiteljev ter učencev. Regulacija, ki upošteva globalne in lokalne dimenzije, je nujna, vendar pa sama po sebi ne zadostuje. Nujno je tudi razvijanje kritičnega dialoga, ki vključuje vse udeležence – od tehnoloških razvijalcev do izobraževalcev in tudi širše družbe. Šele skozi ta proces lahko zagotovimo, da bodo sistemi UI prilagojeni specifičnim potrebam različnih kulturnih in pedagoških okolij, kar bo preprečilo morebitno homogenizacijo vrednot in praks.

Nenazadnje, prihodnost uporabe UI v izobraževanju zahteva sinergijo med vsemi tremi oglišči trikotnika: tehnologijo, področjem uporabe in regulacijo. Le s celostnim pristopom, ki vključuje interdisciplinarno sodelovanje in stalno refleksijo, lahko zagotovimo, da UI ne bo le orodje učinkovitosti, temveč tudi pogoj za kakovostnejše, pravičnejše in bolj vključujoče izobraževanje. UI vsebuje možnosti, da postane tako »zdravilo« kot »strup« za izobraževanje; izbira, katero vlogo bo igrala, pa je ne, glede na vse, še vedno naša.

Literatura

Akrout, M., in Steinbauer, R. (2020, 7. februar). *Machine ethics: The Creation of a virtuous machine.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2002.00213

Alexander, L., in Moore, M. (2024, 11. december). V E. N. Zalta in U. Nodelman (ur.), *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Stanford University. https://plato.stanford.edu/archives/win2024/entries/ethics-deontological

Aristotel. (2002). *Nikomahova etika* (K. Gantar, prev.). Slovenska matica.

Atelšek, S., Fajfar, T. Jemec Tomazin, M., Sitar, J., in Žagar Karer, M. (2023). *Uravnavanje umetne inteligence.* Inštitut za slovenski jezik Frana Ramovša.

Bartneck, C., Lütge, C., Wagner, A., in Welsh, S. (2021). *An introduction to ethics in robotics and AI.* Springer.

Beauchamp, T. L., in Childress, J. F. (2013). *Principles of biomedical ethics* (7. izd.). Oxford University Press.

Bentham, J. (2000). *An introduction to the principles of morals and legislation*. Batoche Books.

Boddington, P. (2023). *AI ethics: A textbook*. Springer.

Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, dangers, strategies*. Oxford University Press.

Boyle, J. (2024). *The line: AI and the future of personhood*. MIT Press.

Ekmekci, E. P., in Arda, B. (2020). *Artificial intelligence and bioethics*. Springer.

Evropska komisija. (2019). *Etične smernice za zaupanja vredno umetno inteligenco*.

Evropska komisija. (2022). *Etične smernice za uporabo umetne inteligence in podatkov pri poučevanju in učenju za izobraževalce*. https://op.europa.eu/sl/publication-detail/-/publication/d81a0d54-5348-11ed-92ed-01aa75ed71a1

Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., Luetge, C., Madelin, R., Pagallo, U., Rossi, F., Schafer, B., Valcke, P., in Vayena, E. (2018). *AI4People's ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations*. Atomium – European Institute for Science, Media and Democracy.

Gensler, H. J. (2011). *Ethics: A contemporary introduction*. Routledge.

Goodhart, C. (1975). Problems of monetry management: The U.K. experience. V A. S. Courakis (ur.), *Inflation, depression and economic policy in the west* (str. 111–144). Barnes and Noble.

Hagendorff, T. (2020). The ethics of AI ethics: An evaluation of guidelines. *Mind Mach, 30*(1), 99–120.

Hare, S. (2022). *Technology is not neutral: A short guide to technology ethics*. London Publishing Partnership.

Heidegger, M. (2003). *Predavanja in sestavki* (T. Hribar idr., prev). Slovenska matica.

Hua, S. Idr. (2024, 10. avgust). *Towards bidirectional human-AI alignment: A systematic review for clarifications, framework, and future directions*. ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.09264

Ji, J., Qiu, T., Chen, B., Zhang, B., Lou, H., Wang, K., Duan, Y., He, Z., Vierling, L., Hong, D., Zhou, J., Zhang, Z., Zeng, F., Dai, J., Pan, X., Yee Ng, K., O'Gara, A., Xu, H., Tse, B., ... Gao, W. (2024, 1. maj). *AI alignment: A comprehensive survey*. ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.19852

Kant, I. (2003). *Kritika praktičnega uma* (R. Riha, prev.). Društvo za teoretsko psihoanalizo.

Kant, I. (2005). *Utemeljitev metafizike naravi* (R. Riha, prev). Založba ZRC, ZRC SAZU.

Lambert, N. (2024). *The basics of reinforcement learning from human feedback*. RLHF Book. https://rlhfbook.com

Liao, S. M. (Ur.). (2020). *Ethics of artificial intelligence*. Oxford University Press.

Listina Evropske unije o temeljnih pravicah. (2016). *Uradni list Evropske unije*, (C 202), 389–405.

MacIntyre, A. (1998). *A short history of ethics: A History of moral philosophy from the homeric age to the twentieth century.* Routledge.

Mavromataki, M. (1997). *Greek mythology and religion.* Haitalis.

McCallum, S. (2023. 1. april). *ChatGPT banned in Italy over privacy concerns.* BBC. https://www.bbc.com/news/technology-65139406

Mill, J. S. (2003). *Utilitarizem; in O svobodi* (Z. Erbežnik in F. Klampfer, prev). Krtina.

Müller, V. C. (2023). Ethics of artificial intelligence and robotics. V E. N. Zalta (ur.), *Stanford encyclopedia of philosophy* (str. 1–70). Metaphysics Research Lab, Stanford University.

National Commission for the Proptection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research. (1978). *The Belmont Report: Ethical principles and guidelines for the protection of human subjects of research.*

Pisa, P. L. (2023, 28. april). ChatGpt è di nuovo disponibile in Italia. *La Reppublica.* https://www.repubblica.it/tecnologia/2023/04/28/news/chatgpt_riapre_in_italia-397985150/

Platon. (2009). *Zbrana dela* (G. Kocijančič, prev.). Celjska Mohorjeva družba.

Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council. (2024). *Official Journal of the European Union,* (1689). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401689

Renn, O. (2008). *Risk governance: Coping with uncertainty in a complex world.* Earthscan.

Russell, S. (2020). *Human compatible: Artificial intelligence and the problem of control.* Penguin.

Russell, S., in Norvig, P. (2022). *Artificial intelligence: A modern approach* (4. izd.). Pearson.

Singer, P. (2008). *Praktična etika* (2. izd., G. Cerjak in S. Vörös, prev.) Krtina.

Singh, L. (2022, 20. julij). *Automated Kantian ethics: A faithful implementation.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.10152

Tavani, H. T. (2016). *Ethics and technology: Controversies, questions, and strategies for ethical computing.* Wiley.

Tegmark, M. (2017). *Life 3.0: Being human in the age of artificial intelligence*. Vintage Books.

UNESCO. (2019). *Preliminary study on the ethics of artificial intelligence.* https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367823

UNESCO. (2022). *Recomendation on the ethics of artificial ingelligence.* https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137

UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research.* https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693

UNESCO. (2024). *UNESCO priporočilo o etiki umetne inteligence: oblikovanje prihodnosti naše družbe.*

Vallor, S. (2016). *Technology and the virtues: A Philosophical guide to a future worth wanting.* Oxford University Press.

Vallor, S. (2024). *The AI mirror: How to reclaim our humanity in an age of machine thinking.* Oxford University Press.

Zack, N. (2009). *Ethics for disaster.* Rowman & Littefield Publishers.

Ženko, E. (2024). Etični vidiki uporabe umetne inteligence v zdravstvu. V T. Štemberger Kolnik in A. Presker Planko (ur.), *Digitalizacija v zdravstvu in umetna inteligenca: inovacije za boljšo prihodnost* (str. 81–93). Fakulteta za zdravstvene vede v Celju.

In the Sign of The Triangle: Education, Ethics and Artificial Intelligence

The text discusses the interplay between artificial intelligence (AI), education, and ethics, emphasizing the belief that AI is not merely a tool but an active agent that can shape values, norms, and pedagogical practices. Central to the discussion is a triangular structure, where technology, usage, and regulation serve as key elements for understanding the impact of AI. The author highlights the necessity of a holistic approach that integrates technological innovations, ethical principles, and educational needs. The discussion also addresses the bidirectional dynamic of influence between AI and humans, focusing on the question of how AI reflects human values while also contributing to their transformation. Special attention is given to the issue of AI alignment, which demands interdisciplinary collaboration and an understanding of cultural contexts. Examples of misaligned values that can lead to ethical conflicts or inappropriate solutions are highlighted. The text concludes with a call for responsible use of AI that goes beyond mere technical solutions and includes critical dialogue among developers, educators, and society.

Keywords: ethics, education, artificial intelligence, generative artificial intelligence, artificial intelligence alignment

Izbrani temeljni pojmi, vezani na etično rabo generativne umetne inteligence v izobraževanju

Marta Licardo
Univerza v Mariboru
marta.licardo@um.si

Tadej Todorović
Univerza v Mariboru
tadej.todorovic@um.si

Mojca Puncer
Univerza v Mariboru
mojca.puncer@um.si

Poglavje definira izbrane temeljne pojme, ki se nanašajo na etične izzive, povezane z uporabo generativne umetne inteligence v izobraževanju. Opisuje plagiatorstvo kot ključni etični izziv, kjer lahko orodja umetne inteligence, ki omogočajo ustvarjanje vsebin, predstavljajo tveganje za akademsko integriteto. Nakazani so nekateri etični izzivi, vezani na intelektualno lastnino, avtorske pravice in deljenje podatkov z umetno inteligenco (UI). V prispevku opozorimo tudi na pristranskost in diskriminacijo v generiranih vsebinah, ki lahko izhaja iz pristranskih podatkov, na katerih temelji umetna inteligenca, ter problem generiranja neresničnih podatkov in informacij. Opredeljeni so tudi problematika antropomorfizacije UI, prekomerno zanašanje na UI ter pomen kritične presoje pri rabi UI. Na koncu poglavje obravnavamo tudi okoljske in družbene posledice uporabe UI, kot so visoka energetska potrošnja in tveganja glede povečevanja socialnih ter ekonomskih neenakosti. Analiza kaže, da je za uporabo prednosti UI ob hkratnem zmanjšanju njenih etičnih tveganj v izobraževanju potreben celovit pristop, ki bo zajemal (vsaj) obravnavne vidike.

Ključne besede: generativna umetna inteligenca v izobraževanju, kritično mišljenje, intelektualna lastnina, antropomorfizacija, plagiatorstvo

CC BY-SA © 2025 Marta Licardo, Mojca Puncer in Tadej Todorović
https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.17

Uvod

Z informacijsko revolucijo ter bliskovitim razvojem znanosti in tehnologije na področju generativne umetne inteligence (GUI) se danes vse bolj zaostruje problem odgovornosti, ki prinaša nove etične izzive, zlasti v povezavi z novimi možnostmi manipulativnih posegov v človekovo življenje (npr. kršenje načela zasebnosti) ter v povezavi s človekovim razpolaganjem z okoljem (negativni učinki na naravno okolje zaradi uporabe GUI, npr. pretirana uporaba energije). Etika umetne inteligence (UI) opisuje bistvene etične vrednote, na-

Flogie, A., in Čotar Konrad, S. (ur.). 2025. *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave*. Založba Univerze na Primorskem.

čela, predpise, institucionalne zakone in praktična etična pravila, ki jih mora pedagoško osebje razumeti in uporabljati v pedagoških procesih (UNESCO, 2024b). Pri tem je velikega pomena uveljavljanje načela »ne škodi«: sleherna validacija bi morala uveljavljati to načelo ter zahtevo, da so bila vsa orodja UI, ki se uporabljajo v izobraževanju, zasnovana z jasnim razumevanjem njihovih možnih vplivov na človekove pravice, dostojanstvo, varnost in socialno blaginjo ter okoljsko trajnost (UNESCO, 2024b, str. 18). Tudi učenci, dijaki in študenti imajo odgovornost glede odločanja, katere vrste UI je treba razviti in kako jih uporabiti za usmerjanje človeške družbe v vključujočo in okolju prijazno skupno prihodnost. Zato je treba uriti kritično mišljenje kot temeljno veščino, ki jo učenci, dijaki in študenti potrebujejo za smiselno interakcijo z UI kot učeči se uporabniki in njeni soustvarjalci (UNESCO, 2024a).

V nadaljevanju predstavljamo nekatere temeljne etične pojme, ki se nanašajo na etične izzive, povezane z uporabo UI v izobraževanju. V strukturi posameznega podpoglavja podajamo najprej kratek oris definicije pojma, implikacije med izobraževanjem in UI v kontekstu posameznega pojma ter predloge smernic.

Plagiatorstvo in ohranjanje akademske integritete

Plagiatorstvo lahko definiramo kot prevzemanje dela ali zamisli nekoga drugega in njihovo razglašanje za svoje (Pecorari, 2018). Podobno definicijo najdemo tudi *v Sinonimnem slovarju slovenskega jezika* (Snoj, 2018): plagiatorstvo je prepisovanje, prevzemanje česa od drugod in objavljanje, prikazovanje tega kot lastni izdelek.

Plagiatorstvo je nameren poskus zavajanja bralca s prilaščanjem in predstavljanjem dela ter besed drugih kot lastnih. Akademsko plagiatorstvo se pojavi, kadar pisec večkrat uporabi več besed iz besedilnih virov brez uporabe citiranja in natančnega sklicevanja na izvirni vir v delu, ki je predstavljeno kot avtorjevo lastno raziskovalno ali znanstveno delo. Prav tako akademsko plagiatorstvo vključuje nenehno parafraziranje brez dodanih lastnih vsebin v obliki argumentov ali dodajanja novih spoznanj, sintez, analiz ipd. (Hexham, 2013)

V Evropskem kodeksu ravnanja na področju raziskav (All European Academies, 2023) je plagiatorstvo kategorizirano kot zloraba v raziskovanju pri predlaganju, opravljanju, izvajanju, pregledovanju ali poročanju o raziskavah. Med zlorabe sodijo izmišljeni podatki ali rezultati, o katerih raziskovalci poročajo kot o resničnih, ponarejenih, ali manipuliranje z raziskovalnimi materiali, opremo, s slikami ali postopki, spreminjanje, izpuščanje ali prikrivanje podat-

kov ter rezultatov brez utemeljitev in plagiatorstvo kot uporaba dela drugih ali zamisli, ne da bi ustrezno priznali avtorstvo.

Osnovna ideja definicij o plagiatorstvu torej nakazuje, da gre za namerno predstavljanje del drugih kot lastnih del v obliki idej, metod, podatkov, rezultatov, besedil, ne da bi se pri tem navajalo avtorje.

Iz tega lahko tudi sklepamo, da je zavračanje plagiatorstva pomemben etični vidik v izobraževanju in raziskovanju, povezan z akademsko integriteto. Akademska integriteta vključuje pravično, spoštljivo, iskreno in odgovorno delovanje učečih se, učiteljev, raziskovalcev ter drugih članov akademske skupnosti. Integriteta je ključna pri ohranjanju zaupanja v avtorstvo in vključuje temeljno odgovornost vseh vključenih pri zagotavljanju kakovosti, zanesljivosti in objektivnosti na akademskem področju (All European Academies, 2023).

Uporaba orodij UI, kot je ChatGPT, v akademskem okolju vzbuja pomisleke glede akademske poštenosti in plagiatorstva. Ta orodja lahko ustvarijo izvirno, povezano besedilo, ki se lahko izogne odkrivanju plagiatorstva z obstoječimi metodami za odkrivanje plagiatorstva, kar predstavlja izziv za ohranjanje akademske integritete (De la Higuera in Iyer, 2024; Žerovnik in Zapušek, 2024). Plagiatorstvo v kontekstu uporabe orodij GUI v izobraževanju se nanaša na uporabo vsebin ali idej, ki jih generira UI, ter na predstavljanje tovrstnih vsebin brez ustreznega priznavanja dejstva, da so bile vsebine generirane z GUI. To lahko vključuje besedila, vizualne generirane vsebine, kode ali druge oblike vsebin, ki jih ustvarijo orodja UI. To pomeni, da lahko učenci, dijaki ali študenti orodja za pripravo pisnih izdelkov uporabljajo tako, da jih v celoti napiše orodje GUI, sami pa pri tem ne vložijo ustreznega truda v učenje, raziskovanje virov, kritično ovrednotenje pisnih izdelkov ipd. (Dehouche, 2021; Cotton idr., 2024)

Mnoge šole in univerze zato sledijo priporočilom glede ohranjanja akademske integritete ter omejevanja plagiatorstva (Moorhouse idr., 2023; Kovari, 2024; Cotton idr., 2024), npr.:

a) uvajanje jasnih smernic in politik, ki naslavljajo problem plagiatorstva, vključno z navodili, kako navajati uporabo orodij GUI, če so bila uporabljana v pripravi nalog ali izdelkov;
b) prilagajanje ocenjevanja tako, da se od učečih se zahteva visoko raven izvirnosti in ustvarjalnosti ter vključevanje specifičnih lokalnih kontekstov, ustno predstavljanje nalog in projektov;
c) preverjanje razumevanja učnega gradiva ter skupinsko delo, ki zahteva komunikacijo, koordinacijo in sodelovanje med člani skupine;

d) sprotno spremljanje napredka pri učenju;
e) uporaba orodij za odkrivanje plagiatorstva (ki pa zaenkrat še niso zanesljiva) kot pomoč učitelju, da lažje preveri avtorstvo nalog.

Tovrstni ukrepi in intervencije lahko prispevajo k zmanjšanju plagiatorstva in spoštovanju akademske integritete (Dempere idr., 2023).

Intelektualna lastnina

Koncept intelektualne lastnine se je pojavil v 19. stoletju, vendar je bil v pravnih sistemih splošno sprejet konec 20. stoletja (Zade idr., 2023). Pravice, ki izhajajo iz intelektualne lastnine, zajemajo različne oblike zaščite stvaritev, vključno s patenti, z blagovnimi znamkami in avtorskimi pravicami, ter so ključne za boljše prepoznavanje, načrtovanje, trženje in varovanje izumov ali ustvarjenih del v različnih panogah. Intelektualno lastnino v Republiki Sloveniji ureja avtorsko pravo, ki zajema vrsto različnih zakonov, uredb, pravilnikov ipd. (Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, b. l.)

Intelektualna lastnina varuje stvaritve uma, vključno z izumi, literarnimi in umetniškimi deli, s simboli, z imeni in s podobami, ki se uporabljajo na trgu (Zade idr., 2023). Te pravice ustvarjalcem zagotavljajo izključni nadzor nad njihovimi stvaritvami za določeno obdobje in jim omogočajo, da imajo koristi od svojega dela ali naložbe (Bainbridge, 2019). Pravice intelektualne lastnine so že od leta 1948 priznane v 27. členu Splošne deklaracije človekovih (2018) pravic, ki zagotavlja varstvo moralnih in materialnih interesov, ki izhajajo iz avtorstva, in kjer je zapisano: »Vsakdo ima pravico do varstva moralnih in premoženjskih koristi, ki izhajajo iz kateregakoli znanstvenega, književnega ali umetniškega dela, katerega avtor je.« Zakon o avtorskih in sorodnih pravicah (ZASP) (2007) pa kot avtorja v 10. členu navaja fizično osebo, ki je ustvarila avtorsko delo.

Vprašanja intelektualne lastnine so pomembna za vse raziskovalne, pedagoške in strokovne dejavnosti izobraževalnih institucij ter so povezana z načrtovanjem, izvajanjem in razširjanjem različnih dejavnosti, rezultatov raziskav, objav publikacij in drugih gradiv (Mutschler in Graff, 2007). Na splošno sta ozaveščenost o intelektualni lastnini in njena zaščita ključnega pomena za napredek raziskovalnega dela, izobraževanja in inovacij v izobraževanju. Ustrezno upravljanje intelektualne lastnine je bistvenega pomena za izogibanje kršitvam na področju intelektualne lastnine ter avtorskih pravic in ustrezno vrednotenje rezultatov dela izobraževalnih institucij. Pridobivanje intelektualne lastnine naj ne bi bil glavni namen stvaritev v izobraževanju, saj si v osnovi prizadevamo, da je izobraževanje dostopno vsem in da ima

vsak posameznik, kolikor je to le mogoče, enake možnosti za izobraževanje. Hkrati pa lahko osnovno razumevanje vprašanj intelektualne lastnine pripomore pri premagovanju morebitnih izzivov, ki se na tem področju pojavljajo (Mutschler in Graff, 2007), zlasti kadar gre za vprašanja stvaritev, ki so nastala s pomočjo orodij UI.

Prepletanje UI in prave intelektualne lastnine predstavlja velik izziv. Dela, ki jih ustvarja UI, sprožajo vprašanja o avtorstvu, lastništvu in uporabnosti tradicionalnega varstva intelektualne lastnine. Generativni sistemi UI pogosto uporabljajo ogromne količine podatkov, vključno z avtorsko zaščitenim gradivom, za usposabljanje svojih modelov. To lahko vodi do nenamerne reprodukcije zaščitene vsebine, kar lahko povzroči kršitev pravic intelektualne lastnine. Poleg tega obstaja pravno vprašanje, ali je zakonsko dovoljeno usposabljati orodja UI na podlagi podatkov, ki so avtorsko zaščiteni. Ustvarjanje nove vsebine, ki je zelo podobna obstoječim delom, lahko povzroči pravne spore glede lastništva in izvirnosti. Te izzive dodatno otežuje dvoumnost veljavne zakonodaje o avtorskih pravicah glede vsebine, ustvarjene z UI. Trenutno se o teh vprašanjih razpravlja na sodiščih in v javnosti.

Na podlagi trenutnega stanja na področju znanja se zdi, da so posebne tržne posledice razširjene uporabe večine orodij UI v nekaterih primerih morda spremenile upravičenost zaščite intelektualne lastnine, povezane z UI. Na človeka osredotočena narava sedanjih ureditev intelektualne lastnine morda ne bo več primerna v dobi, ko lahko stroji sprejemajo ustvarjalne in inovativne odločitve (Lee idr., 2021). Ključna vprašanja vključujejo morebitno potrebo po novih vrstah pravic intelektualne lastnine za zaščito generiranih vsebin orodij, ki vključujejo UI, dodeljevanje pravic in odgovornosti za inovacije, ki jih ustvarjajo posamezniki z orodji UI, ter uporabo orodij UI s strani uradov za patente in blagovne znamke (Picht idr., 2022). Nekateri predlagajo, da se avtorske pravice in lastništvo nad deli, ustvarjenimi z UI, dodelijo človeškim ali kolektivnim razvijalcem sistemov UI (Omorov, 2021). Ker se UI še naprej razvija, je vse večja potreba po usklajevanju mednarodnih politik intelektualne lastnine in prilagajanju pravnih sistemov, da se v dobi UI zagotovi ravnovesje med varstvom intelektualne lastnine in spodbujanjem inovacij (Lee idr., 2021).

Pristranskost in nepravičnost

Pristranskost lahko razumemo kot »nagnjenost k prepričanju, da so nekateri ljudje, ideje itd. boljši kot drugi, kar običajno vodi v nepravično obravnavanje nekaterih ljudi« (Britannica Dictionary, b. l.). Pristranski smo lahko bodisi zavedno bodisi nezavedno oz. eksplicitno ali implicitno. V kontekstu

GUI in izobraževanja je še posebej relevantna slednja različica pristranskosti, torej implicitna pristranskost. Ameriško psihološko združenje implicitno pristranskost oz. implicitni predsodek opredeli kot »negativen odnos do določene socialne skupine, ki se ga posameznik ne zaveda« (American Psychological Association, b. l.). Takšna pristranskost običajno vsebuje nezavedna stališča ali stereotipe, ki vplivajo na naša dejanja, razumevanje in odločitve, ki so običajno priučeni. Prav ta informacija je ključnega pomena za rabo GUI v izobraževanju: če se izkaže, da je GUI sama pristranska, bodo pristranski vzorci GUI zlahka preslikani na naslednjo generacijo (Sargiotis, 2024).

V času pisanja tega prispevka je videti, da so pomisleki glede pristranskosti GUI popolnoma upravičeni. V publikaciji *Towards a Standard for Identifying and Managing Bias in Artificial Intelligence* (Schwartz idr., 2022), ki je osnovana na obsežnem pregledu literature, pogovorih s strokovnjaki s področja pristranskosti UI, pravičnosti in delavnici o pristranskosti UI, identificirajo tri glavne kategorije pristranskosti UI, in sicer sistematično pristranskost, statistično in komputacijsko pristranskost ter človeško pristranskost. Sistematično pristranskost lahko razumemo kot »rezultat procesov in praks specifičnih institucij, ki delujejo tako, da so nekatere družbene skupine v prednosti ali privilegirane, druge pa prikrajšane ali razvrednotene« (Schwartz idr., 2022, str. 6). V to kategorijo spadata npr. institucionalni rasizem in seksizem. Takšna vrsta pristranskosti je prisotna tako v podatkovnih zbirkah UI kot tudi v normah in praksah institucij, ki UI razvijajo, zato ni presenetljivo, da je končni izdelek pristranski na podoben način. Takšen zaključek lahko podkrepimo z nedavno raziskavo Unesca, ki razkriva skrb vzbujajoče trende v velikih jezikovnih modelih (angl. *large language models* – LLM), ki ustvarjajo pristranskost glede spola, homofobijo in rasne stereotipe (UNESCO, 2023). V raziskavi so odprtokodni veliki jezikovni modeli (kot so GPT-3.5, GPT-2 in Llama 2) moškim pripisovali poklice z visokim statusom (npr. zdravnik, inženir, učitelj), ženskam pa tradicionalno stigmatizirane in podcenjene poklice, kot so hišna pomočnica, kuharica in celo prostitutka.

Poleg sistematične pristranskosti se omenja tudi statistično in komputacijsko ter človeško pristranskost. O statistični in komputacijski pristranskosti govorimo, ko vzorec, na podlagi katerega posplošujemo, ni reprezentativen glede na prebivalstvo, medtem ko gre pri človeški pristranskosti za implicitne pristranskosti oseb, ki dejansko razvijajo GUI (Schwartz idr., 2022). Tako za učitelje kot za učence je za zavedanje glede različnih pristranskosti GUI smiseln tudi konkretnejši nabor pristranskosti. Druge možne kategorije pristranskosti so (University of Kansas, b. l.):

– kognitivne in družbene pristranskosti – pristranskost pri odločitvah o tem, katere podatke uporabiti za razvoj UI, kako se bo UI uporabljala, kdo jo bo plačal ter kako in komu bo na voljo za uporabo;
– potrditvene pristranskosti – GUI lahko utrjuje zmotne predstave ali predsodke tako, da uporabniku posreduje samo stališča ali predstavitve, ki jih ta pričakuje;
– demografske pristranskosti – jezikovni modeli lahko prekomerno ali pomanjkljivo prikazujejo značilnosti rase, spola, etnične pripadnosti in družbenih skupin;
– ideološke in politične pristranskosti – odgovori GUI bodo odsevali politične in ideološke pristranskosti iz podatkovnih zbirk;
– jezikovne pristranskosti – na spletu prevladuje angleščina in peščica drugih jezikov, zato modeli GUI večinoma odražajo te jezike;
– časovne pristranskosti – GUI se trenutno razvija na gradivu iz določenih časovnih obdobij, zato se lahko zgodi, da nima dostopa do gradiva pred določeno časovno točko ali po njej.

Da bi učenci, dijaki in študenti lahko razumeli etične izzive, vezane na pristranskost, je treba v izobraževanje vključiti razprave o različnih vidikih pristranskosti pri uporabi GUI ter sistematično ozaveščati vse deležnike v izobraževanju o tovrstnih tveganjih.

Zasebnost podatkov

Zasebnost (fizična, mentalna, odločitvena, informacijska) je ena temeljnih človekovih pravic, ki naj bi jo sodobna demokratična družba zagotavljala posamezniku s pravnimi normami, z zakoni in etičnimi načeli (Floridi, 2014). Odločilen preobrat na tem področju so prinesle nove tehnologije GUI za obdelavo podatkov. Novi načini ogrožanja nedotakljivosti zasebne sfere sprožajo pravno vprašanje o varovanju podatkov, zlasti osebnih, pred njihovim komercialnim in družbenim izrabljanjem (Lenk, 1992).

Razlikujemo lahko štiri vrste zasebnosti (razumljene v smislu »svobode od/pred«) (Floridi, 2014, str. 102–103):

1) fizično zasebnost (svoboda pred čutnimi motnjami ali vdori, dosežena z omejevanjem drugih na podlagi zavedanja, da telesne interakcije z osebo posegajo v njen osebni prostor);
2) mentalno zasebnost (svoboda pred psihološkimi motnjami ali vdori, dosežena z omejevanjem drugih pri dostopanju do duševnega življenja osebe in manipuliranja z njim);

3) odločitveno zasebnost (svoboda pred procesnimi posegi oz. vdori, dosežena z izključitvijo drugih iz odločitev, zlasti tistih, ki zadevajo izobraževanje, zdravljenje, kariero, delo, poroko in vero osebe ter njenih bližnjih);
4) (4) informacijsko zasebnost (svoboda pred informacijskimi posegi ali vdori, dosežena z omejitvijo dostopanja do dejstev o osebi).

Floridi na drugem mestu (2010), kjer razmišlja o etiki informacije kot cilju na primeru hekanja (dostopanja do informacijskega okolja brez avtorizacije), poudari, da je to, če je razumljeno pravilno, vrsta kršitve zasebnosti. Avtor izpostavi dve teoriji o dragocenosti naše zasebnosti, ki sta še posebej priljubljeni: redukcionistično razlago (zasebnost je odvisna od možnih posledic kršitev in zadeva ohranjanje dostojanstva) in razlago, ki temelji na lastništvu (Floridi, 2014). Obe razlagi ne uspeta zajeti pomembnih sprememb, ki jih na tem področju prinašajo digitalne informacijsko-komunikacijske tehnologije. V tem kontekstu stopa v ospredje samokonstitucijska razlaga, ki poudarja, da je zasebnost tudi stvar konstrukcije lastne identitete; pravica do zasebnosti je tudi pravica do obnovljive identitete (Floridi, 2014).

Načelo zasebnosti se pojavlja v vseh kodeksih, v pravnih aktih in predpisih podjetij, društev, institucij, vendar pa lahko v zvezi z njegovim udejanjanjem v kontekstu uporabe GUI zaznamo več težav (Gartner in Krašna, 2023, str. 229–231):

1) uporaba GUI premika in zamegljuje meje med zasebnim in javnim;
2) obvezna uporaba določenih aplikacij, ki v svojih prijavnih obrazcih zahtevajo številne osebne podatke, dejansko pomeni prisilo, da se odrečemo zasebnosti;
3) s pisnim soglasjem oz. z dokumenti o varovanju zasebnosti sprejemamo odgovornost uporabe in posredovanja podatkov, ne da bi nujno vedeli, kaj takšno strinjanje pomeni;
4) s korporativnim zbiranjem in z analizo podatkov o posameznikih (dnevne rutine, nakupovalne navade itn.) lastniki teh informacij pridobijo moč manipuliranja z množicami.

Dokument DigComp (Vuorikari idr., 2022), ki ga promovira Evropska komisija, prinaša nove podlage za evropski okvir za digitalne kompetence učiteljev (DigCompEdu) in opredeljuje ključne vidike digitalne kompetence na petih področjih ter 21 posebnih kompetenc. Eno od teh področij predstavlja varnost: gre za zaščito naprav, vsebine, osebnih podatkov in zasebnosti v

digitalnih okoljih. Okvir digitalnih kompetenc zajema nove kompetence UI (DigComp and AI), ki so ključnega pomena za opolnomočenje pedagoškega osebja.

Akt o UI mora biti usklajen s siceršnjim pravnim okvirom in z veljavno zakonodajo EU, kar pomeni, da obveznosti iz Splošne uredbe o varstvu podatkov (General Data Protection Regulation – GDPR) za ponudnike in uvajalce sistemov UI, ki obdelujejo osebne podatke, ostajajo v veljavi (Cuatrecasas, 2024). Akt o UI posebej obravnava nekatere etično sporne in tudi prepovedane prakse UI, med njimi sisteme UI za socialno točkovanje, tj. ocenjevanje in razvrščanje posameznikov ali skupin na podlagi njihovega socialnega vedenja ali značilnosti (kar lahko vodi do škodljive ali neugodne obravnave v družbenih okoliščinah, ki niso povezane z okoliščinami, v katerih so bili podatki zbrani, ali do neupravičene ali nesorazmerne obravnave), ter sisteme UI, ki ustvarjajo ali razširjajo podatkovne baze za prepoznavanje obrazov s »strganjem« (angl. *scraping*) podob obraza z interneta ali s posnetkov. Druga taka sporna praksa je biometrična kategorizacija na podlagi občutljivih in zaščitenih značilnosti posameznikov.

Sistemi UI, ki se uporabljajo za pedagoške namene, ne smejo imeti zlonamernih lastnosti in škodljivih posledic, biti morajo robustni in odporni na manipulacije ter sposobni varovati zasebnost in občutljive osebne podatke učencev (UNESCO, 2024b, str. 19). Zato Unescov kompetenčni okvir za učitelje in študente izpostavlja pomen novih kompetenc za pedagoško osebje, povezanih z uporabo UI (UNESCO, 2024a, 2024b).

V nasprotju s prejšnjo generacijo orodij informacijsko-komunikacijske tehnologije, rudarjenje podatkov, ki stoji za zasnovo platform UI, vključuje aktivno plenjenje in izkoriščanje osebnih podatkov, pogosto brez privolitve, in na ta način ogroža načelo zasebnosti. Poleg tega pri Unescu (UNESCO 2024b, str. 15) ugotavljajo, da nenapisano komercialno pravilo, ki stoji za ponudniki sistemov UI, uporabnike zvabi, da se odrečejo določeni stopnji svoje zasebnosti, ko se registrirajo za »ugodnosti« storitev UI. Agresiven pristop k oblikovanju in zagotavljanju storitev UI ne sproža le etičnih pomislekov glede zasebnosti in varnosti, marveč predstavlja resna tveganja za uporabnike in bi lahko še poglobil družbene neenakosti (UNESCO, 2024b; Zuboff, 2019). Ta kontroverzni vidik tehnološkega napredka povečuje nujnost opolnomočenja učiteljev, da razumejo etična vprašanja, povezana z interakcijo z različnimi orodji UI pri poučevanju, da bi zagotovili varno in odgovorno uporabo med učenci (UNESCO, 2024b, str. 15).

Tudi slovenski avtorji so si glede UI v izobraževanju enotni, da je eden izmed ključnih izzivov pri uporabi GUI to, kako zagotavljati zasebnost po-

datkov (Gartner in Krašna, 2023; Žerovnik in Zapušek, 2024). Učna okolja, ki uporabljajo GUI, pogosto zbirajo in obdelujejo obsežne količine osebnih podatkov, vključno z informacijami o učnem napredku in osebnih preferencah uporabnikov. Posledično nastopi problematika zagotavljanja varstva teh podatkov in preprečevanja njihove zlorabe. Pri tem je na mestu pomislek glede pristranskosti uporabljenih modelov, ki bi podpirali neenakosti pri obravnavi učencev ali dostopu do učnih priložnosti. Nove smernice v izobraževanju vključujejo zahteve za zaupanja vredno UI (preglednost, nediskriminacija, varstvo zasebnosti in tehnična robustnost) (UNESCO 2024a, 2024b). Uresničevanje teh zahtev pri uporabi UI pomembno prispeva k zmanjševanju tveganja pristranskosti, varovanju zasebnosti uporabnikov ter zagotavljanju visoke ravni varnosti in zanesljivosti. Pedagoško osebje mora stalno ozaveščati o tovrstnih etičnih vidikih ter jih vključevati v svoje pedagoške prakse, kar zahteva nenehno izpopolnjevanje in spremljanje razvoja UI na področju izobraževanja. Zato je treba zagotoviti ustrezno usposabljanje učiteljev ter varnost in zasebnost učečih se pri uporabi UI.

Neresničnost podatkov in informacij

V medijih in na spletnih omrežjih pogosto zasledimo primere, kjer GUI priredi določene podatke, si jih v nekaterih primerih preprosto izmisli oz. predstavlja popolnoma ali delno napačne, netočne ali neresnične podatke. Tovrstne *neresnične vsebine*[1] lahko definiramo kot vsebine, ki so nesmiselne ali neskladne z izvorno vsebino (Ji idr., 2023). Z vidika izobraževanja je takšen pojav problematičen, saj ne moremo biti prepričani v verodostojnost vsebin, pridobljenih na takšen način. Obstaja možnost, da bo v prihodnosti tehnologija izpopolnjena do te mere, da bo prisotnost neresničnih podatkov, ki nastanejo z uporabo GUI, izjemno redka ali pa popolnoma odpravljena (Farquhar idr., 2024).

Vendar pa neresnični podatki sami po sebi niso edini problem, ko govorimo o vplivu GUI na izobraževanje in družbo samo. Izpostavimo lahko naslednje tri vidike.

Prvi je povečana količina dezinformacij: GUI lahko zaradi svoje enostavnosti z zelo majhnim vložkom uporabimo za ustvarjanje velike količine neresničnih podatkov (Bell, 2023; Hsu in Thompson, 2023; Zagni in Canetta, 2023), kar lahko ustvari poplavo neresničnih podatkov, v kateri se resnične informacije izgubijo. To lahko privede do epistemsko onesnaženega okolja, tj. pojava, kjer »namerno ali nenamerno drugi dejavniki oblikujejo naše okolje na načine, ki

[1] V literaturi se uporablja tudi izraz »halucinacije« (angl. *AI hallucinations*), vendar lahko takšen izraz pomeni samo še večjo antropomorfizacijo takšnih orodij, zato v prispevku uporabljamo izraz »neresnični podatki«.

posameznikovo kognicijo naredijo še slabšo, kot bi lahko bila« (Levy, 2021, str. 110). Z vidika izobraževanja lahko takšna poplava dezinformacij vodi do še težjega iskanja resničnih informacij na spletu za učence.

Drugi vidik je delno povezan s prvim: GUI lahko generira točne informacije v formatu, ki je za uporabnika razumljivejši, vendar nekatere raziskave kažejo tudi na to, da lahko generira »prepričljivejše dezinformacije« (Spitale idr., 2023). Tudi to dejstvo za izobraževanje predstavlja problem: če so napačne informacije predstavljene na prepričljiv in verodostojen način, bodo učenci težje presodili ali pa sploh ne bodo sposobni presoditi, katere informacije so resnične in katere ne.

Tretji vidik so personalizirani neresnični podatki, ko lahko GUI uporabimo za ustvarjanje »kakovostnih« neresničnih podatkov, ki so prilagojeni okusu in navadam uporabnika. GUI lahko potencialno olajša ustvarjanje personaliziranih informacij in z informacijami o prepričanjih ter navadah uporabnika ustvari neresnične vsebine, s katerimi bo lažje zavajati. To se vsekakor zdi možna uporaba, čeprav nekateri avtorji verjamejo, da ne predstavlja tako velike nevarnosti: t. i. mikrociljanje (angl. *micro-targetting*) s strani političnih akterjev ima na večino prejemnikov največkrat omejen prepričevalni učinek (Jungherr idr., 2020). Seveda pa se poraja vprašanje, kako bi takšna raba GUI vplivala na učence (še posebej mladoletne učence), ki so verjetno dovzetnejši za takšne oblike zavajanja.

Antropomorfizacija pri uporabi umetne inteligence

Antropomorfizacija je pojav, ki je značilen za človeško zaznavo in dojemanje, pomeni pripisovanje človeških lastnosti objektom, predmetom, ko človek druga bitja ali predmete zaznava kot podobne sebi, ko npr. živalim pripisujemo človeške lastnosti, antropomorfizacija igrač, blagovnih znamk, avtomobilov ipd. (Deshpande idr., 2023).

Antropomorfizacija UI pomeni pripisovanje človeku podobnih lastnosti orodjem UI, kar lahko ima pomembne posledice na različnih področjih. Gre za izkrivljeno zaznavo UI, pri čemer uporabnik nehote pripisuje orodju UI človeške lastnosti, kar lahko vodi v pretiravanje in zmote, napačne moralne sodbe, popačeno zaznavo realnosti ali celo odvisnost od uporabe orodij (Placani, 2024; Marriot in Pitardi, 2023). Antropomorfizacija UI lahko povečuje tveganja za manipulacije z uporabniki, zlasti z ranljivimi skupinami uporabnikov, kot so otroci, mladostniki, manj izobraženi posamezniki, pacienti, ljudje v stiski itd. (Desphande idr., 2023; Marriot in Pitardi, 2023). Po drugi strani pa lahko vključevanje človeških elementov zaznave, komuniciranja, odzivov orodja UI poveča zaupanje ljudi v UI ter večjo učinkovitost in koristnost samih orodij UI.

Antropomorfizacija pri uporabi orodij UI lahko ima različne pojavne oblike, ki se lahko med sabo prepletajo in se izražajo v različnih stopnjah intenzivnosti ter funkcionalnosti. Štiri osnove pojavne oblike so (Gibbons idr., 2023):

a) Izražanje vljudnosti pri uporabi orodij UI, kadar uporabljamo pozdrave, zahvale in druge oblike komuniciranja, ki so značilne za interakcijo med ljudmi.
b) Spodbude v komunikaciji z orodjem UI (npr. pohvale ali graje glede na dobljen rezultat). Nekateri uporabniki menijo, da bodo s tem vplivali na »vedenje« UI.
c) Določanje vlog, ko uporabnik predvideva ali poda poziv, da se orodje UI odziva, kot da je otrok, učitelj, matematik, zdravnik ipd. Gre za t. i. skeomorfizem (angl. *skeumorphism*), oblikovalski koncept pozivov, pri katerem se skuša doseči podobnost odzivom iz resničnega sveta. Poslovenjen prevod tega termina bi lahko bil posnemanje identitet. V teh primerih gre za pozive z namenom, da orodje posnema resničnost oz. resnične vloge ter da bi se na ta način izboljšala funkcionalnost orodja. Določanje vlog je tudi pogosto priporočena strategija za pisanje pozivov.
d) Odnosni vidik oz. druženje z orodjem UI, ko uporabnik zaznava in se zanaša na orodje UI kot na osebo in vzpostavlja ljudem značilne odnose z UI. V teh primerih gre za t. i. parasocialne odnose (Han in Yang, 2018, Pitardi in Marrott, 2021).

Človeku podobne značilnosti orodij UI, kot so terapevtski klepetalniki, klepetalniki za zmenke, klepetalniki za prijateljevanje ipd., uporabnikom omogočajo, da jih zaznavajo kot resnične, avtentične, vedno dostopne, ustrežljive, neobsojajoče, zaupanja vredne ipd. Nekatere raziskave kažejo, da lahko terapevtski klepetalniki izboljšajo počutje uporabnikov, zmanjšajo občutke žalosti ali osamljenosti (Fizpatrick idr., 2017), čeprav hkrati opozarjajo, da gre v resnici za odmik od realnosti, za uporabo klepetalnikov kot začasno strategijo spoprijemanja s socialnimi situacijami ali lastnim doživljanjem in ne za dejansko naslavljanje ali reševanje problema, ki ga posameznik ima (Gao idr., 2017). Hannah R. Marriott in Valentina Pitardi (2023) sta ugotovili, da lahko pretirana raba orodij UI, skozi katero uporabnik razvije odnos, privede do odvisnosti, zlasti, kadar uporabnik meni, da je UI živa, da čuti, čustvuje in razume uporabnika. To potrjujejo tudi druge raziskave (Kayis idr., 2022), ki kažejo, da imajo lahko parasocialni odnosi škodljive učinke na dobrobit uporabnikov, zlasti na tiste, ki so ranljivi.

Dodatni izzivi, vezani na antropomorfizacijo, so povezani s tem, da je tehnološki napredek orodij UI hitrejši, kot so regulative in drugi mehanizmi, s katerimi bi lahko omejili negativne učinke, ki so povezani s posameznikovim napačnim dojemanjem GUI. Npr. razvijalci orodij bi lahko sami preprečevali pretirano uporabo ali bili zakonsko obvezani k ozaveščanju glede antropomorfizacije ali o drugih škodljivih učinkih uporabe (Marriot in Pitardi, 2023). Uporabniki, ki niso dovolj poučeni o delovanju UI in možnih tveganjih, so izpostavljeni in lahko doživljajo negativne učinke uporabe ali imajo v najboljšem primeru pristransko ali netočno zaznavo in razumevanje. Med uporabnike z večjim tveganjem sodijo otroci, mladostniki in odrasli, ki nimajo dovolj informacij o tovrstnih tveganjih, zato bi bilo nujno v vzgoji in izobraževanju poskrbeti za stalno ozaveščanje o tem, da je UI le tehnologija, o razlikah med ljudmi in UI v odnosnih in vseh drugih vidikih ter o tem, da je UI sicer lahko v pomoč, vendar jo je treba uporabljati na ustrezen način.

Prekomerno zanašanje na generativno umetno inteligenco in prekomerna raba

Naslednji problem rabe GUI v izobraževanju predstavlja prekomerno zanašanje na njeno uporabo – če bodo učenci s pomočjo GUI pridobili hitre in »dovolj dobre« odgovore pri reševanju šolskih nalog ali pa preprosto pri iskanju odgovorov na vsakodnevna življenjska vprašanja, potem se lahko zgodi, da ne bodo imeli dobrega razloga za poglobljeno učenje in iskanje podatkov. Glavni etični problem takšnega ravnanja je tukaj relativno jasen: bo prekomerno zanašanje na GUI vplivalo oz. v kakšni meri bo vplivalo na razvoj sposobnosti učencev, kot so kritično mišljenje, sposobnosti reševanja problemov, učenje, in na njihovo izobraževanje nasploh?

Zhai idr. (2024) so raziskovali, kako prekomerno zanašanje študentov na GUI za akademske namene in učenje vpliva na njihove sposobnosti odločanja, kritičnega mišljenja in analitičnega sklepanja. Ugotavljajo, da pretirano zanašanje na UI vpliva na kognitivne sposobnosti učencev. GUI sicer izboljša pisne spretnosti in poenostavlja pripravo raziskovalnih nalog, vendar hkrati pogosto tudi zmanjša ustvarjalnost učencev in vodi k zmanjšani sposobnosti za kritično ter analitično mišljenje. Do podobnih ugotovitev prihajajo tudi drugi avtorji, ki zaključujejo, da prekomerno znašanje na GUI vodi do zmanjšanje ustvarjalnosti, še večjega zanašanja na GUI in težav pri razumevanju (Duhaylungsod in Chavez, 2023; Kim idr., 2023; Semrl idr., 2023). Skratka, ko se posamezniki v (pre)veliki meri zanašajo na GUI za reševanje problemov ali sprejemanje odločitev, lahko postanejo manj naklonjeni sprejemanju različnih perspektiv ter manj neodvisni in kritični pri analizi informacij, kar zmanj-

šuje njihovo sposobnost presojanja spoznanj, ki jih je ustvarila UI, in tistih, ki jih je ustvaril človek (Zhai idr., 2024).

Za prekomerno zanašanje na GUI in tehnologije nasploh so v grobem navedeni trije razlogi: učinkovitost algoritmov, intuitivno in enostavno delovanje ter nizka stopnja vstopnih ovir (Murimi, 2023). Izsledki zgoraj omenjenih raziskav nakazujejo možnost obstoja začaranega kroga: prekomerno zanašanje na GUI vodi do še večjega zanašanja na GUI, hkrati pa morebiti zmanjšuje sposobnost presojanja in odločanja uporabnikov, kar bo vodilo do še večjega zanašanja na takšne tehnološke rešitve. S tega vidika se pojavi nov pomislek: ali je možno, da bodo v prihodnosti učenci ne samo prekomerno uporabljali GUI, ampak bodo postali dejansko odvisni od uporabe? Ker je raba GUI med celotno populacijo nasploh pravzaprav popolnoma nov pojav, danes še nimamo empiričnih podatkov, na podlagi katerih bi lahko prišli do takšnih zaključkov, tj. da morebiti raba GUI uporabnike zasvoji ali morda celo da mlajše uporabnike zasvoji v večji meri. Pa vendar se zdi takšno vprašanje na mestu.

Npr., Renita Murimi (2023) definira odvisnost od GUI na podlagi parametrov, ki se uporabljajo za preučevanje zasvojenosti in oblikovanja navad. Ugotavlja, da se otroci, ki jih klasificira kot naivne uporabnike (takšne, ki se ne zavedajo problema samoregulacije) v primerjavi z odraslimi, ki jih klasificira kot sofisticirane uporabnike (takšne, ki se zavedajo problematike samoregulacije in ravnajo tako, da maksimizirajo svojo produktivnost), obnašajo podobno kot naivni potrošniki: podcenjujejo prihodnost zavoljo sedanjosti, kar vodi v večjo rabo GUI v sedanjosti, ker se ne zavedajo svojega časovno nedoslednega vedenja, se lahko njihova zmanjšana težnja po izogibanju tveganju kaže v večji zasvojenosti s tehnologijo (Murimi, 2023). Čeprav gre v tem primeru zgolj za modeliranje, pa nam opisani začaran krog v konjunkciji s takšnim modelom vendarle da tehten razlog, da smo pri uvajanju GUI v razredih oz. pri mlajši populaciji vsaj pozorni na možnost, da lahko prekomerno zanašanje na GUI, ki ima že samo po sebi negativne posledice za učence, v prihodnosti vodi tudi do pretirane uporabe GUI.

Pomanjkanje kritične presoje pri uporabi generativne umetne inteligence v izobraževanju

Koncept kritične presoje oz. koncept kritičnega mišljenja se uporablja tako v poljudnih kot tudi v različnih akademskih razpravah. Znotraj akademskih področij je pojmovanje kritičnega mišljenja rahlo različno predvsem v filozofiji, kognitivni psihologiji in izobraževanju.

Znotraj filozofije kot začetnice kritičnega mišljenja Robert Ennis, eden začetnikov raziskovanja področja kritičnega mišljenja (Davies and Barnett,

2015, str. 27), ta koncept definira kot »razumno refleksivno razmišljanje, usmerjeno v odločanje o tem, kaj verjeti ali storiti« (Ennis, 2018, str. 166). Zato je morda primernejša definicija, ki jo podata Fisher in Schriven (1997), ki kritično mišljenje opredelita specifičneje, in sicer kot »usposobljeno, aktivno interpretiranje in vrednotenje opažanj, komunikacij, informacij in argumentacije kot vodilo za razmišljanje in delovanje«. Splošna orodja kritičnega mišljenja zaobjemajo ocenjevanje oz. odločanje o nekem argumentu z vidikov pravilne strukture argumenta, upoštevanja zmot ter analize definicij, razlag in verodostojnosti podatkov, ki v argumentu nastopajo (Klampfer idr., 2008; Fisher, 2011).

Iz podane definicije je razvidno, kje se lahko pojavijo izzivi za kritično mišljenje oz. zakaj lahko raba GUI v izobraževanju vodi do pomanjkanja kritičnega mišljenja. GUI namreč odgovore na probleme ali vprašanja, ki bi jih morali učeči se raziskati, poda tako rekoč »na pladnju« in zaobide ravno tiste procese ter tehnike, ki so ključni za kritično mišljenje. GUI danes na raziskovalno vprašanje poda celosten in izoblikovan odgovor, vključno z viri, ki takšen odgovor podpirajo, pri čemer pa ne procesira informacij kot človek, temveč vsebine generira izključno na podlagi verjetnostnih algoritmov, brez dejanskega razumevanja generiranih vsebin.

Pri tem lahko izpostavimo dva problema. Prvi je točnost informacij: odgovori GUI se iz dneva v dan izboljšujejo in postajajo zmeraj točnejši, vendar kljub temu obstaja možnost, da bodo podani odgovori neresnični, v celoti ali delno. Odstotek napačnih odgovorov je vezan na disciplino in kompleksnost vprašanj. Haili Zhang idr. (2024) npr. poročajo, da je na področju programiranja ChatGPT v 52 % primerov podal odgovore, ki so vsebovali napačne informacije. Tudi če bo v prihodnosti ta težava GUI izboljšana ali popolnoma odpravljena, bo problem z vidika kritičnega mišljenja ostal: kritično mišljenje ni zgolj pridobivanje resničnih informacij in odgovorov, ampak je proces, ki omogoča pridobitev odgovorov na način, skozi katerega doumemo, zakaj je neki argument resničen ali ne. Z drugimi besedami, kritično mišljenje ne vodi samo do resničnega prepričanja, ampak tudi globljega razumevanje tematike in tako do utemeljenega resničnega prepričanja, tj. dejanskega znanja oz. védenja.

Drugi problem je tesno povezan s prvim: če lahko učenci pridobijo (argumentirane) odgovore tako, da vprašanje preprosto postavijo GUI, potem nikdar ne bodo v poziciji, kjer bi morali aplicirati veščine, ki jih kritično mišljenje razvija. Veščine kritičnega mišljenja ne vodijo zgolj do resničnih prepričanj, ampak do utemeljenih resničnih prepričanj oz. védenja v pravem pomenu besede. Ob tem npr. Matheson (2023) zagovarja idejo, da kritično mišljenje

razvija tudi intelektualno vrlino epistemske avtonomije, tj. dispozicijo, da razmišljamo o pravih stvareh na pravi način zaradi pravih razlogov, kar omogoča, da vemo, kdaj naj se zanašamo na lastno mišljenje in kdaj ne. Celoten proces rabe GUI popolnoma zaobide takšen proces in lahko torej vodi tudi do epistemske neavtonomnosti generacij, ki se bodo na takšno tehnologijo (preveč) zanašale.

Seveda obstaja tudi pozitivna plat rabe GUI v zvezi s kritičnim mišljenjem. GUI lahko npr. uporabimo za učenje in analizo argumentov, torej kot pomočnika pri učenju kritičnega mišljenja. Učenci bi lahko tudi vadili lastno kritično mišljenje tako, da bi kritično ocenili verodostojnost in uporabljene vire odgovora GUI. Ostaja pa vprašanje, kako poskrbeti, da za takšne naloge ne bodo preprosto še enkrat uporabili kapacitete GUI.

Učinki na naravno okolje zaradi uporabe generativne umetne inteligence

V sodobnem svetu se znotraj etičnega področja pojavljajo tudi nova teoretično-praktična prizadevanja, npr. etika zemlje, ekološka oz. okoljska etika ipd., ki jih lahko razumemo v kompleksni povezavi s t. i. informacijsko etiko. Ta priča o naši hibridni naravi (združitev *fizisa* in *techne*) kot posledici tega, kar utemeljitelj filozofije informacij, Luciano Floridi (2010, 2014), imenuje »četrta revolucija«. Informacijsko etiko kot splošen pristop k moralnim vprašanjem lahko po njegovem mnenju predstavimo preprosto tako, da jo primerjamo z okoljsko etiko (Floridi, 2010, str. 121). Okoljska etika utemeljuje svojo analizo moralnega položaja bioloških entitet in ekosistemov na intrinzični vrednosti življenja (biocentrična okoljska etika). Po analogiji Floridi v informacijski etiki kot »novi okoljski etiki« odkriva skupni besednjak za informacijsko razumevanje celotne sfere bivajočega: potemtakem ima »bit/informacija intrinzično vrednost« (str. 122). Na tej podlagi avtor sklene svojo izvirno logiko argumentacije (str. 128): »Tako informacijska etika predstavlja nedavni razvoj v tej ekumenski smeri in ekološki pristop brez biocentrične pristranosti. Okoljsko etiko prevede z ozirom na infosfero in informacijske objekte, saj prostor, ki ga naseljujemo, ni le Zemlja.«

Problematiko navezav med informacijsko in okoljsko etiko zaostruje uporaba GUI s svojimi negativnimi učinki na naravno okolje. Razvoj in delovanje GUI zahteva zelo veliko količino energije. Zato Jérôme Béranger, strokovnjak za etiko v digitalnem okolju, poziva k razmisleku o trojici človek – stroj – okolje namesto zgolj binarnega odnosa človek – stroj za ustrezno ocenjevanje okoljskega odtisa UI na podlagi priznanih in »preverljivih« kazalnikov (npr.

Green IT[2]). Cilj je namreč razviti UI v korist človeštva in celotnega planeta. Znotraj novih informacijskih in komunikacijskih tehnologij, ki oddajajo veliko količino toplote, je lahko npr. nameščen sistem, ki omogoča, da se ta odvečna toplota ponovno uporabi za ekološke namene, da bi se izognili potratnosti energije (digitalna ekologija) (Béranger, 2021, str. 108–109; str. 210). Pri razmisleku o t. i. algoritemski odgovornosti novih tehnoloških dejavnikov oz. entitet se Béranger (str. 157–158) sklicuje na odgovornost v kontekstu te nove soodvisnosti, saj s prihodom avtonomnih strojev meja med objektivnostjo in subjektivnostjo postaja čedalje dvoumnejša. Če okoljski izzivi, povezani z digitalizacijo sveta in uporabo GUI, niso upoštevani oz. so neustrezno obravnavani, se izpostavljamo občutnemu povečanju naših ekoloških odtisov in posledicam, ki iz tega izhajajo, vključno z degradacijo ekosistemov in biotske raznovrstnosti, s krepitvijo klimatskih sprememb, povezanih z globalnim segrevanjem, izpusti toplogrednih plinov, z onesnaženostjo zraka, zakisanjem oceanov, s tanjšanjem ozonskega plašča ter krnitvijo naravnih virov in krožnega gospodarstva (str. 162). Akt o umetni inteligenci razvršča nekatere sisteme, ki predstavljajo znatno oz. veliko tveganje za zdravje, varnost ali temeljne pravice (Cuatrecasas, 2024, str. 27) – vse troje bistveno zadeva okoljsko problematiko. S tem je tesno povezano tudi upravljanje kritične infrastrukture (npr. voda, plin, elektrika in transport).

Odnos človeštva do planeta Zemlja je danes na ključni točki obstoja, saj lahko digitalna tehnologija tako poveča naš ekološki odtis kot po drugi strani ponudi priložnosti, da ga zmanjšamo in pospešimo okoljski prehod na podlagi ekološko odgovornega ravnanja (Béranger 2021, str. 162–163). Eno od Bérangerjevih priporočil je ustvariti znanstveno platformo za sodelovanje, namenjeno promociji razvoja ekološke UI (str. 210). Za tovrstno promocijo se zavzema tudi Unescov kompetenčni okvir za učitelje (UNESCO, 2024b). Unesco v svoji agendi izpostavi temeljno nalogo izobraževalnega sistema, da učence opremi ne le z znanjem in veščinami za uporabo UI, ampak tudi z vpogledom v potencialni vpliv tehnologije na družbo in okolje na splošno (UNESCO, 2024a, str. 12). Tudi evropski okvir za digitalne kompetence učiteljev DigCompEdu (Vuorikari idr., 2022) vključuje zavedanje vpliva digitalnih tehnologij in njihove uporabe na okolje. Unescov kompetenčni okvir za študente posebej obravnava spodbujanje okoljsko trajnostne UI (UNESCO, 2024a, str. 15–16). Kot soustvarjalci in potencialni voditelji naslednjih generacij tehnolo-

[2] Štirje glavni ukrepi Green IT so: zmanjšanje ekološkega odtisa računalništva v oblaku, uporaba digitalne tehnologije za boljše oblikovanje zelenih politik, podpora digitalnim inovacijam v prid ekologiji in mobilizacija potenciala podatkov, ki bodo služili ekološkemu prehodu (Béranger, 2021).

gije UI morajo študenti kritično razumeti škodljiv vpliv dobičkonosnih pristopov k oblikovanju, usposabljanju in uvajanju modelov UI na okolje.

Izobraževalni sistemi so odgovorni za zagotavljanje, da učeči se na vseh stopnjah izobraževanja razumejo emisije ogljika in kako analizirati temeljne vzroke podnebnih sprememb ter preudarno ukrepati za zaščito podnebja in okolja (UNESCO, 2024b). V tekmi za izdelavo vedno zmogljivejših modelov UI je okoljska trajnost pogosto drugotnega pomena. V nekaterih primerih je prišlo celo do namernega prikrivanja dejanskih posledic oz. zavajanja s trditvami, da UI obeta rešitev podnebnih sprememb. Medtem ko si svetovni voditelji in oblikovalci politik prizadevajo za ustrezne predpise glede porabe energije in varstva okolja, je nujno, da ljudje razumejo, kako usposabljanje modelov GUI prispeva k uničevanju naravnega okolja. Spoznavanje UI bi jih moralo spodbuditi, da nujno poiščejo podnebju prijaznejše pristope k načrtovanju, usposabljanju in uporabi modelov UI. Učeče se je treba usmerjati k oblikovanju in izvajanju projektno zastavljenih učnih dejavnosti o okoljskih vplivih uporabe in učenja UI (strojno učenje), pri tem pa jih spodbujati k raziskovanju možnih rešitev za ublažitev teh vplivov (UNESCO, 2024a). Unescov kompetenčni okvir za učitelje izpostavlja dajanje prednosti okolju prijaznim orodjem UI: načelo »ne škodi« bi moralo poudariti okoljsko ceno UI, zlasti način, na katerega lahko njen življenjski cikel in vrednostne verige škodujejo okolju in poslabšajo podnebno krizo (UNESCO, 2024b).

Učinki na družbeno okolje zaradi uporabe generativne umetne inteligence

Družbene neenakosti zajemajo neenakomerno porazdelitev in neenak dostop do dragocenih materialnih in nematerialnih družbenih dobrin. Običajno jih ločimo bodisi na neenakost pogojev bodisi na neenakost možnosti (Crossman, 2024). Neenakost pogojev se nanaša na neenako porazdelitev dohodka, bogastva in materialnih dobrin, npr. stanovanjska neenakost, medtem ko se neenakost možnosti nanaša na neenakomerno porazdelitev življenjskih možnosti med posamezniki, kar se odraža npr. v stopnji izobrazbe in zdravstvenem stanju posameznikov (Crossman, 2024). Na vprašanje, ali bo GUI na družbeno neenakost in okolje vplivala pozitivno (tj. zmanjšala razlike) ali negativno (povečala neenakosti), v času pisanja tega članka ne moremo odgovoriti. Obstoječa strokovna literatura namreč ponuja oba odgovora: možno je, da bo zmanjšala družbene razlike, možno pa je tudi, da jih bo povečala.

Wilmers (2024) v svojem delu ugotavlja, da bi lahko GUI zmanjšala razliko v plačah, ki jih prejemajo visokošolsko izobraženi delavci, kar prispeva k neenakosti, saj lahko ta tehnologija močneje vpliva na bolje plačana delovna mesta

v primerjavi s slabše plačanimi delovnimi mesti. Pri poklicih z nizkimi plačami, ki zaslužijo približno 30.000 ameriških dolarjev na leto, približno 15 % dela vključuje naloge, ki jih lahko nadomesti GUI. Pri poklicih z visokimi plačami, ki zaslužijo približno 100.000 ameriških dolarjev na leto, je skoraj polovica dela lahko zamenljiva z GUI. Slednji so torej najbolj izpostavljeni bolje plačani poklici (Wilmers, 2024). Jasno pa je to samo možna prihodnost; kot zapiše avtor sam, je napovedovanje prihodnosti s tega vidika nemogoče.

Do podobnega zaključka pridejo Capraro idr. (2024), ki v svojem članku predstavijo interdisciplinarni pregled možnih vplivov GUI na tri informacijsko intenzivna področja, in sicer delo, izobraževanje in zdravstvo, ter na povečanje ali zmanjšanje družbene neenakosti. Ugotavljajo, da lahko GUI na področju izobraževanja sicer omogoča individualizirano učenje, vendar lahko tudi poveča digitalni razkorak. Podobno velja za ostali dve področji: v zdravstvu lahko izboljša diagnostiko in dostopnost, vendar lahko poglobi že obstoječe neenakosti, medtem ko lahko na področju dela poveča produktivnost in ustvari nova delovna mesta, vendar bodo koristi verjetno porazdeljene neenakomerno. Vzorec je torej naslednji: GUI je močna tehnologija, vendar jo lahko, tako kot vse druge vrste tehnologije, uporabimo za dobro ali slabo. Kot zaključijo avtorji (Capraro idr., 2024): »[U]učinki generativne umetne inteligence bodo na koncu odvisni od odločitev, ki jih bomo sprejeli pri načrtovanju in uporabi tehnologije.«

Dodaten družbeni vidik, na katerega lahko vpliva UI, je razkorak oz. morebitno večanje razkoraka med razvitimi državami in državami v razvoju zaradi dostopnosti GUI. Uvedba GUI se razlikuje glede na posamezne države (Burrell in Fourcade, 2021). Različne države bodo v GUI investirale in jo uvajale na različne načine ter z različno intenziteto, ki bo najverjetneje tesno povezana s finančnimi zmožnostmi držav. Ob tem se pojavi pomislek: če bo raba GUI koristna za prebivalstvo (in zdi se, da bo koristna vsaj v nekaterih vidikih), bo v premožnejših državah, ki bodo vanjo investirale več v primerjavi z državami z nizkimi dohodki, vodila do še večjih družbenih in gospodarskih neenakosti v primerjavi z državami z nizkimi dohodki. Države, kot sta ZDA in Kitajska, ki sta vodilni na področju GUI, bodo tako morda pustile druge države za seboj. Kot zaključi Lainjo (2023), lahko ta tehnološki razkorak poveča globalno neenakost.

Sklep

Iz opredelitve izbranih etičnih pojmov v kontekstu uporabe UI v izobraževanju je razvidno, da so potrebni ukrepi na področju ohranjanja akademske integritete, uvajanja jasnih smernic in politik glede rabe UI v izobraževanju,

ki bi zajemale usmeritve, vezane na intelektualno lastnino, ozaveščanje o pristranskosti ter regulacije prekomernega kognitivnega zanašanja, prekomerne rabe in drugih tveganj pri uporabi orodij UI. Pomembno je ozaveščanje o varovanju podatkov, o možnih manipulacijah, zavajajočih podatkih, ki jih lahko ustvari UI, ter o negativnih učinkih na naravno in družbeno okolje. Populacija, ki se izobražuje v primarnem, sekundarnem in terciarnem izobraževanju, sodi v ranljive skupine, saj so lahko njeni pripadniki zaradi razvojnih, psiholoških, socialnih in drugih razlogov podvrženi različnim tveganjem, ki smo jih navedli v prispevku. Ob tem pa menimo, da je ravno izobraževanje priložnost za preventivne ukrepe, s katerimi lahko naslavljamo etične izzive v sodobni digitalni družbi ter pri učeči se populaciji razvijamo kritično mišljenje, ki bi lahko pripomoglo k uspešnejši in učinkovitejši rabi UI.

Literatura

All European Academies. (2023) *Evropski kodeks ravnanja za raziskovalno integriteto* (Revidirana izd.).

American Psychological Association. (B. l.) *Implicit bias.* https://www.apa.org/topics/implicit-bias

Bainbridge, W. S. (2019). Intellectual property rights. V W. S. Bainbridge in M. C. Roco (ur.), *Handbook of science and technology convergence* (str. 833–846). Springer.

Bell, E. (2023, 3. marec). Fake news, ChatGPT, truth, journalism, disinformation. *The Guardian.* https://www.theguardian.com/commentisfree/2023/mar/03/fake-news-chatgpt-truth-journalism-disinformation

Béranger, J. (2021). *Societal responsibility of artificial intelligence: Towards an ethical and eco-responsible AI*. Wiley.

Britannica Dictionary. (B. l.). *Bias.* https://www.britannica.com/dictionary/bias

Burrell, J., in Fourcade, M. (2021). The society of algorithms. *Annual Review of Sociology, 47*(1), 213–237.

Capraro, V., Lentsch, A., Acemoglu, D., Akgun, S., Akhmedova, A., Bilancini, E., Bonnefon, J.-F., Brañas-Garza, P., Butera, L., Douglas, K. M., Everett, J. A. C., Gigerenzer, G., Greenhow, C., Hashimoto, D. A., Holt-Lunstad, J., Jetten, J., Johnson, S., Kunz, W. K., Longoni, C., ... Viale, R. (2024). The impact of generative artificial intelligence on socioeconomic inequalities and policymaking. *PNAS Nexus, 3*(6), 191.

Cotton, D. R. E., Cotton, P. A., in Shipway, J. R. (2024). Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. *Innovations in Education and Teaching International, 61*(2), 228–239.

Crossman, A. (2024, 29. julij). *The sociology of social inequality*. ThoughtCo. https://www.thoughtco.com/sociology-of-social-inequality-3026287

Cuatrecasas. (2024). *EU AI ACT a pioneering legal framework on artificial intelligence: Practical guide*. https://www.cuatrecasas.com/resources/eu-ai-act-practical-guide-669112324626b904914005.pdf?v1.82.0.20241025

Davies, M., in Barnett, R. (Ur.). (2015). *The Palgrave handbook of critical thinking in higher education.* Springer.

De la Higuera, C., in Iyer, J. (2024). *AI for teachers: An open textbook*. Pressbooks.

Dehouche, N. (2021). Plagiarism in the age of massive generative pre-trained transformers (GPT-3). *Ethics in Science and Environmental Politics, 21,* 17–23.

Dempere, J., Modugu, K., Hesham, A., in Ramasamy, L. K. (2023). The impact of ChatGPT on higher education. *Frontiers in Education, 8*, 1206936.

Deshpande, A., Rajpurohit, T., Narasimhan, K., in Kaylan, A. (2023, 24. maj). *Anthropomorphization of AI: Opportunities and risks.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.14784

Duhaylungsod, A. V., in Chavez, J. V. (2023). ChatGPT and other AI users: Innovative and creative utilitarian value and mindset shift. *Journal of Namibian Studies: History Politics Culture, 33,* 4367–4378.

Ennis, R. H. (2018). Critical thinking across the curriculum: A vision. *Topoi, 37*(1), 165–184.

Farquhar, S., Kossen, J., Kuhn, L., in Gal, Y. (2024). Detecting hallucinations in large language models using semantic entropy. *Nature, 630*(8017), 625–630.

Fisher, A. (2011). *Critical thinking: An introduction*. Cambridge University Press.

Fisher, A., in Scriven, M. (1997). *Critical thinking: Its definition and assessment.* Centre for Research in Critical Thinking.

Fizpatrick, K. K., Darcy, A., in Vierhille, M. (2017). Delivering cognitive behavior therapy to young adults with symptoms of depression and anxiety using fully automated conversational agent (Woebot): A randomized controlled trial. *JMIR Mental Health, 4*(2), e19.

Floridi, L. (2010). *Informacija: zelo kratek uvod* (M. Žorga Dulmin, prev.). Krtina.

Floridi, L. (2014). *The fourth revolution: How the infosphere is reshaping human reality.* Oxford University Press.

Gao, W., Liu, Z., in Li, J. (2017). How does social presence influence SNS addiction? A belongingness theory perspective. *Computers in Human Behavior, 77,* 347–355.

Gartner, S., in Krašna, M. (2023). Etika umetne inteligence v izobraževanju. *Revija za elementarno izobraževanje, 16*(2), 221–237.

Gibbons, S., Mungunthan, T., in Nielsen, J. (2023, 20. oktober). *The 4 degrees of anthropomorphism of generative AI.* Nielsen Norman Group. https://www.nngroup.com/articles/anthropomorphism/

Han, S., in Yang, H. (2018). Understanding adoption of intelligent personal assistants. *Industrial Management and Data Systems, 118*(3), 618–636.

Hexham, I. (2013). *Academic plagiarism defined.* University of Calgary.

Hsu, T., in Thompson, S. A. (2023, 8. februar). AI chatbots could spread disinformation, experts warn. *The New York Times.* https://www.nytimes.com/2023/02/08/technology/ai-chatbots-disinformation.html

Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Jin Bang, Y., Madotto, A., in Fung, P. (2023). Survey of hallucination in natural language generation. *ACM Computing Surveys, 55*(12), 248.

Jungherr, A., Rivero, G., in Gayo-Avello, D. (2020). *Retooling politics: How digital media are shaping democracy.* Cambridge University Press.

Kayis, A. R., Satici, B., Deniz, M. E., Satici, S. A., in Griffiths, M. D. (2022). Fear of COVID-19, loneliness, smartphone addiction, and mental well-being among Turkish general population: A serial mediation model. *Behaviour and Information Technology, 41*(11), 2484–2496.

Kim, Y., Lee, M., Kim, D., in Lee, S.-J. (2023, 5. april). *Towards explainable AI writing assistants for non-native english speakers.* ArXiv. arXiv:2304.02625.

Klampfer, F., Bregant, J., Gartner, S., Šuster, D., in Borstner, B. (2008). *Telovadnica za možgane: uvod v kritično mišljenje.* Svarog.

Kovari, A. (2024). Ethical use of ChatGPT in education: Best practices to combat AI-induced plagiarism. *Frontiers in Education, Sector Higher Education, 9.* https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1465703

Lainjo, B. (2023). The global social dynamics and inequalities of artificial intelligence. *International Journal of Innovation Scientific Research and Review, 5*(8), 4966–4974.

Lee, J., Hilty, R. M., in Liu, K. (2021). *Artificial intelligence and intellectual property.* Oxford University Press.

Lenk, H. (1992). *Zwischen Wissenschaft und Ethik.* Suhrkamp.

Levy, N. (2021). *Bad beliefs: Why they happen to good people.* Oxford University Press.

Marriot, H. R., in Pitardi, V. (2023). One is the loneliest number… Two can be as bad as one: The influence of AI friendship apps on users' well-being and addiction. *Psychology and Marketing, 41*(1), 86–101.

Matheson, J. (2023). Epistemic autonomy and intellectual humility: Mutually supporting virtues. *Social Epistemology*, *38*(3), 318–330.

Moorhouse, B. L., Yeo, M. A., in Wan, Y. (2023). Generative AI tools and assessment: Guidelines of the world's top-ranking universities. *Computers and Education Open, 5*, 100151.

Murimi, R. (2023). What makes AI addictive? The role of discounting, risk aversion, and self-regulation. V C. Hsu, M. Xu, H. Cao, H. Baghban in A. B. M. Shakat Al (ur.), *Big data intelligence and computing* (str. 451–463). Springer Nature.

Mutschler, M., in Graff, G. D. (2007). Introduction to IP issues in the University Setting: A primer for scientists. V A. Krattiger, R. T. Mahoney in L. Nelsen (ur.), *Intellectual property management in health and agricultural innovation: A handbook of best practices* (str. 747–762). Media Initiative for Human Rights.

Omorov, R. O. (2021). Artificial intelligence and intellectual property. *Intellectual Property Law*, (1), 9–13).

Pecorari, D. (2018). *Student plagiarism in higher education*. Routledge.

Picht, P. G., Brunner, V.,in Schmid, R. (2022). Artificial intelligence and intellectual property law: From diagnosis to action. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.4122985

Pitardi, V., in Marriott, H. R. (2021). Alexa, she's not human but… Unveiling the drivers of consumers' trust in voice-based artificial intelligence. *Psychology and Marketing, 38*(4), 626–642.

Placani, A. (2024). Anthropomorphism in AI: Hype and fallacy. *AI and Ethics, 4*(3), 691–698.

Sargiotis, D. (2024). Ethical AI in information technology: Navigating bias, privacy, transparency, and accountability. *Advances in Machine Learning and Artificial Intelligence, 5*(3), 01–14.

Schwartz, R., Vassilev, A., Greene, K., Perine, L., Burt, A., in Hall, P. (2022). *Towards a standard for identifying and managing bias in artificial intelligence*. National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1270

Semrl, N., Feigl, S., Taumberger, N., Bracic, T., Fluhr, H., Blockeel, C., in Kollmann, M. (2023). Ai language models in human reproduction research: Exploring chatgpt's potential to assist academic writing. *Human Reproduction, 38*(12), 2281–2288.

Snoj, J. (Ur.). (2018). Plagiatorstvo. V *Sinonimni slovar slovenskega jezika.* Fran. https://fran.si/208/sinonimni-slovar/4374385/plagiatorstvo?View=1&Query=plagiatorstvo

Spitale, G., Bille-Andorno, N., in Germani, F. (2023). AI model GPT-3 (dis)informs us better than humans. *Science Advances, 9*(26), eadh1850.

Splošna deklaracija človekovih pravic. (2018). *Uradni list Republike Slovenije,* (24). https://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2018-02-0012

UNESCO. (2023). *Generative AI: UNESCO study reveals alarming evidence of regressive gender stereotypes.* https://www.unesco.org/en/articles/generative-ai-unesco-study-reveals-alarming-evidence-regressive-gender-stereotypes

UNESCO. (2024a). *AI Competency Framework for Students (CFS)*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105

UNESCO. (2024b). *AI Competency Framework for Teachers (CFT)*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104

University of Kansas. (B. l.). *Helping students understand the biases in generative AI.* https://cte.ku.edu/addressing-bias-ai#:~:text=Generative%20AI%20may%20reinforce%20flawed,better%20represents%20a%20general%20population

Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnini. (B. l.). *Zakonodaja urada za intelektualno lastnino.* https://www.gov.si/drzavni-organi/organi-v-sestavi/urad-za-intelektualno-lastnino/zakonodaja/

Vuorikari, R., Kluzer, S., in Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2, the digital competence framework for citizens: With new examples of knowledge, skills and attitudes.* Publications Office of the European Union. https://data.europa.eu/doi/10.2760/115376

Wilmers, N. (2024, marec). *Generative AI and the future of inequality.* An MIT Exploration of Generative AI. https://doi.org/10.21428/e4baedd9.777b7123

Zade, M. S., Tamboli, F. A., Salunkhe, A. A., Kore, M. D., More, A. D., in Ghadge, Y. R. (2023). Intellectual property rights (IPR): An overview. *International Journal of Pharmaceutical Chemistry and Analysis, 10*(3), 156–163.

Zagni, G., in Canetta, T. (2023, 5. april). *Generative AI marks the beginning of a new era for disinformation.* European Digital Media Observatory. https://edmo.eu/edmo-news/generative-ai-marks-the-beginning-of-a-new-era-for-disinformation/

Zakon o avtorskih in sorodnih pravicah (ZASP). (2007). *Uradni list Republike Slovenije,* (16). https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO403

Zhai, C., Wibowo, S., in Li, L. D. (2024). The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: A systematic review. *Smart Learning Environments, 11*(1), 28.

Zhang, Y., Li, X., in Wang, J. (2024). A novel approach to machine learning in dynamic environments. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 15*(4). https://doi.org/10.1007/s11424-024-4044-9

Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism: The fight for a human future at the new frontier of power.* Profile Books.

Žerovnik, A., in Zapušek, M. (2024). *Uporaba generativne umetne inteligence v izobraževanju*. Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani.

Selected Fundamental Concepts Related to the Ethical Use of Generative Artificial Intelligence in Education

This chapter defines selected key concepts relating to the ethical challenges of using generative artificial intelligence in education. It describes plagiarism as a key ethical challenge, where AI tools that enable content creation can pose a risk to academic integrity. It outlines some of the ethical challenges related to intellectual property, copyright and data sharing with AI. The paper also draws attention to bias and discrimination in the generated content, which may arise from biased data underlying AI, and the problem of generating false data and information. It also identifies the problem of anthropomorphisation of AI, the over-reliance on AI and the importance of critical thinking in the use of AI. Finally, the chapter addresses the environmental and societal implications of the use of AI, such as high energy consumption and the risks of increasing social and economic inequalities. The analysis shows that a holistic approach is needed to harness the benefits of AI in education while reducing its ethical risks, covering (at least) the aspects addressed.

Keywords: general artificial intelligence in education, critical thinking, intellectual property, anthropomorphisation, plagiarism