

# 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



© 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.

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 systemskega 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 poglobljanja 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 kurikulumu 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 kurikulumuma 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 skrb 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, upravljaljske 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 konkretnjša 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 algoritmi 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 vpogleds v razumnem časovnem obdobju. To vključuje sposobnost (G)UI, da predvidi in se prilagodi uporabniškimi 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, kibernetiko 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 svoje 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 ravnam 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 kariernne 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 Enkelejd 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 krepí 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 vpogled 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 sta 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 kibernetске 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 (General Data Protection Regulation – 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 ome-

juje 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 s podatki, 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 poglobljanje 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 neprekinjeni povezavi z oblako 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 energetske 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 odvrča od uporabe orodij GUI (Lee idr., 2021). Za oceno oblikovanja uporabniškega vmesnika je mogoče izvesti teste uporabnosti z učitelji in učečimi se, 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* (iz angl. *System Usability Scale*) ali *TAM* (iz 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 dodat-

no 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.

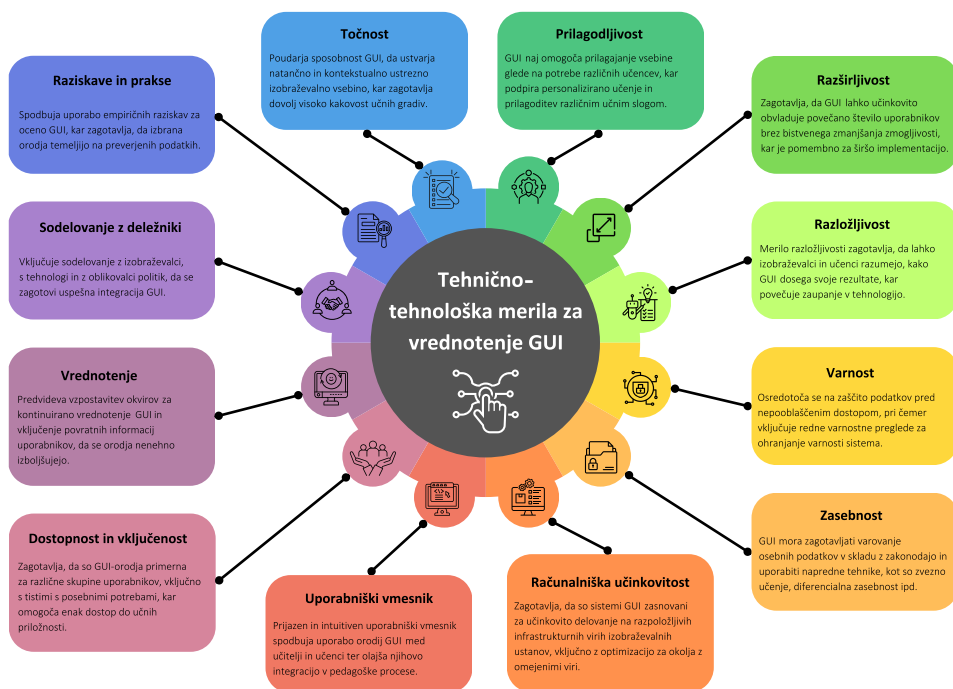
*Sodelovanje z vsemi deležniki,* vključno z izobraževalci, s tehnološkimi strokovnjaki in z oblikovalci politik, je bistveno za uspešno integracijo GUI v izobraževanje. Vključevanje v dialog s temi skupinami lahko olajša izmenjavo dobrih praks, mnenj in izkušenj, kar lahko vodi k bolj informiranemu odločanju 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



**Slika 2.** Infografika tehnično-tehnoloških meril za uporabo GUI v izobraževanju

raziskovalnega dela preučujemo tako priložnosti kot izzive, povezane z GUI, 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 pristransko-stjo 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 bolj poglobljenemu

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 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 neprivi-

legirane 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 jih morajo univerze in snovalci politik 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-Rodríguez, W., Sandivar-Rosas, J., Carreño-Cisneros, E., Susanibar-Ramírez, 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>
- Bahrour, 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 Education Conference, 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 A. Tatnall (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/ijserm29626>
- 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.
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, 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.
- 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.
- 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>
- 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>

- 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/>
- Wolf, 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., 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, 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

### **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