

Generativna umetna inteligenca v izobraževanju: priložnosti, izzivi in strategije odgovorne integracije

Matej Zapušek, Alenka Žerak

1 Uvod

Generativna umetna inteligenca (GUI) je revolucionarna tehnologija, ki človeku ponuja doslej nedosegljive priložnosti za inovacije v izobraževanju. S svojo zmožnostjo obdelave naravnega jezika, generiranja vsebin in personalizacije učenja predstavlja orodje, ki lahko preoblikuje tradicionalne izobraževalne prakse. V tem prispevku so obravnavane ključne priložnosti ter izzivi, ki jih prinaša integracija GUI v izobraževanje. Razumevanje teh priložnosti in izzivov je ključno za učinkovito in odgovorno implementacijo GUI, ki bo spodbujala kakovostno izobraževanje ter hkrati zmanjšala tveganja morebitnih negativnih posledic.

1.1 Kaj je umetna inteligenca?

Umetna inteligenca (UI) je s hitrim razvojem GUI, z njeno široko uporabo in s stalnim napredkom na tem področju v zadnjih letih postala zelo aktualna tema, o kateri slišimo na praktično vsakem koraku. Kljub temu da so različne tematike s področja UI prišle v javni diskurz, pa je resnično razumevanje tega področja in iz njega izhajajočih tehnologij pri laikih večkrat neustrezno. Zato je smiselno, da na začetku prispevka to področje definiramo. Pregled zgodovine UI razkrije, da težko najdemo eno definicijo, ki bi zajela vse poti razvoja tega področja. Izkaže se, da so se oblikovale štiri smeri, ki temeljijo na različnem razumevanju, kaj je inteligentno in kako bi bilo to treba obravnavati v okviru stroja. Te izhajajo iz dveh dimenzij

in predstavljajo možne kombinacije med njimi. Prva dimenzija je človeškost – racionalnost. Ta odslkuje različno dojetanje v smislu, ali je stroj inteligenten, če posnema človeške lastnosti oz. sposobnosti, ali pa gre pri pravi inteligenci za pojem racionalnosti, kar pomeni, da stroj v danih okoliščinah optimalno ravna. Druga dimenzija pa je mišljenje – ravnanje. Pri tej dimenziji gre za različne poglede o tem, ali mora biti stroj sposoben introspekcije, notranjih miselnih procesov, razmišljanja ali pa je pomembno, da zgolj inteligentno ravna (Russel in Norvig, 2021).

1.2 Kaj je generativna umetna inteligenca?

GUI je področje UI, ki za identificiranje vzorcev in struktur v podatkih uporablja poseben tip nevronske mreže – transformer, na njegovi osnovi pa ustvarja nove vsebine. Nevronska mreža je računalniški model, ki je sestavljen iz več plasti medsebojno povezanih enot – nevronov, v katere vstopajo vhodni signali, njihova vrednost pa se združi v izhodni signal. Izhodni signal iz nevrona na eni plasti predstavlja vhodni signal v nevrone na naslednji. Vhodni signali v nevron nimajo enakega pomena, saj je njihov vpliv odvisen od tega, kako pomemben je določen signal za delovanje nevronske mreže. Pomembnost posameznega signala določamo s parametri, ki uravnavajo, v kolikšni meri je signal upoštevan pri procesiranju informacij. Učenje nevronske mreže predstavlja proces nastavljanja parametrov, ki nato določajo, kako mreža obdeluje vhodne podatke in sprejema odločitve (Russel in Norvig, 2021). Za enega od najbolj poznanih modelov GUI – ChatGPT – se ocenjuje, da v svoji nevronske mreži uporablja okoli dva bilijona parametrov. Vanje je zajeta esenca jezika, vključenega v besedila, ki so jih uporabili pri učenju te nevronske mreže. Nevronska mreža na področju UI ni nov koncept, prelomen napredek na tem področju, ki je omogočil razvoj GUI, pa je posebna nevronska mreža – transformer. Ta je prilagojena nalogam, kjer vhodno zaporedje privede do izhodnega, hkrati pa omogoča selektivno osredinjanje na različne dele zaporedja. Na ta način učinkovito zajema kontekstualne odnose med besedami, tudi če so te v besedilu medsebojno oddaljene (Vaswani idr., 2017).

1.3 Metodološki okvir

Namen tega prispevka je sistematično predstaviti ključne priložnosti in izzive, povezane z integracijo GUI v izobraževalni kontekst. Prispevek temelji na usmerjenem teoretičnem pregledu literature. V analizo smo vključili

znanstvene objave, objavljene med letoma 2021 in 2024, ki smo jih pridobili iz podatkovnih baz Scopus, Web of Science in Google Scholar, z izjemo nekaterih temeljnih del. V izbor smo vključili pregledne članke, empirične raziskave, priporočila institucij ter prispevke s področij pedagogike, računalništva in etike, ki naslavljajo različne vidike uporabe GUI v izobraževanju. Vključili smo tudi relevantno evropsko regulativo in strateške dokumente. Prispevek ponuja strukturiran pregled obstoječih raziskav z namenom oblikovanja celovitega vpogleda v kompleksnost vprašanj, ki spremljajo rabo GUI v izobraževalnih okoljih.

2 Izzivi GUI v izobraževanju

Kljub velikim priložnostim prinaša uporaba GUI tudi izzive, kot so vprašanja zasebnosti, avtorstva in dostopnosti (Alasadi in Baiz, 2023). Zato je ključno, da se pri implementaciji v izobraževalne sisteme upoštevajo smernice zaupanja vredne UI, kot jih opredeljuje Evropska komisija (2022). Izobraževanje lahko s premišljeno uporabo GUI postane vzorčen primer, kako tehnologijo uporabiti za povečanje vključenosti in enakosti v izobraževanju. V nadaljevanju bomo podrobneje predstavili različne vidike etične uporabe in vpeljave GUI v izobraževanje.

2.1 *Akademsko integriteta*

Raziskave kažejo, da veliko učiteljev skrbi predvsem nevarnost zlorabe zmogljivosti GUI za namene plagiatorstva in goljufanja (Quadir, 2022), saj lahko to resno ogrozi akademsko integriteto. Akademsko integriteta temelji na zavezi šestim temeljnim vrednotam – iskrenosti, zaupanju, poštenosti, spoštovanju, odgovornosti in pogumu (International Center for Academic Integrity, 2021). Oddaja izdelka, ustvarjenega z GUI, kot lastnega avtorskega dela krši vsa načela akademske integritete ter ogroža kakovost in ugled izobraževanja. Učeči se, ki mu uspe opraviti študijsko obveznost na takšen način, ne usvoji predvidenega znanja in kompetenc, kar je izjemno problematično, saj je pridobljeno znanje osnova za njegovo strokovno delovanje pri opravljanju poklica. Obenem je to nepravilno do ostalih študentov, vodi v devalvacijo visokošolskega izobraževalnega sistema in ima negativen vpliv na delodajalce in družbo kot celoto (Asghar, 2024).

Za učinkovito reševanje izzivov, povezanih z uporabo GUI v izobraževanju, je ključno zagotoviti transparentnost njene uporabe. To vključuje oblikovanje jasnih politik, ki določajo, kako in zakaj se GUI uporablja,

in zajemajo zahtevo, da se pri oddaji nalog učeči se jasno opredelijo, katere dele naloge je prispevala GUI in v kakšnem obsegu (AlAli in Wardat, 2024). Pomembno je tudi, da zagotovimo, da učeči se razumejo razliko med lastnim delom in vsebino, generirano z GUI, ter da jih izobrazimo, da kopiranje vsebin, ustvarjenih z GUI, brez ustreznega navajanja predstavlja kršitev akademske integritete (Bozkurt, 2024). V izobraževalni proces vključujemo aktivnosti, ki spodbujajo razvoj kritičnega mišljenja, kot sta kritično vrednotenje in preverjanje točnosti generirane vsebine (Shanto idr., 2024).

2.2 *Avtomatično preverjanje GUI-vsebin*

Za pristopanje k problemu plagiatorstva v povezavi z GUI različni proizvajalci razvijajo algoritme, katerih namen je, da za podano besedilo prepoznajo, ali oz. v kolikšnem deležu je bilo ustvarjeno z GUI. Takšna orodja bi bila zelo dragocena v izobraževalnem procesu, saj bi na ta način hitro in učinkovito odkrili plagiate. Izkaže pa se, da je avtomatično prepoznavanje GUI-vsebin izjemno težavno, saj trenutno ni zanesljive rešitve. Aplikacije, ki temeljijo na GUI, pri ustvarjanju besedil namreč posnemajo človeški način pisanja, saj so modele učili z besedili, ki jih je ustvaril človek. Besedila so koherentna, prilagojena specifičnim kontekstom (situacijam, tematikam) in skoraj ne vsebujejo specifičnih vzorcev ali drugih digitalnih sledi, ki bi služile kot zanesljivi indici, da so bile ustvarjene z GUI. Dodaten izziv predstavlja način, kako model generira besedilo, saj pri večkratni uporabi istega poziva vedno ustvari drugačen odziv. Obstajajo tudi posebne aplikacije, imenovane »učlovečevalci« (angl. *humanizers*), ki preoblikujejo generirano vsebino na način, da je še podobnejša človeški. Prav tako je treba upoštevati, da tehnologije GUI izjemno hitro napredujejo, kar je posledica velikih vlaganj in s tem povezanih napredkov v metodah za ustvarjanje vsebin. To dodatno otežuje vzpostavitev in vzdrževanje zanesljivih načinov za prepoznavanje vsebin, ki jih ustvarijo ti modeli (Weber-Wulff idr., 2023).

2.3 *Pristranskost*

Pristranskost v kontekstu GUI se nanaša na sistematične napake ali pristranskosti v rezultatih modela (odzivih). Vsebine, ki jih GUI ustvarja, so namreč lahko zavajajoče, izkrivljene ter odražajo pristranskosti, ki obstajajo v družbi in so povezane s spolno, z rasno, s politično, z zgodovinsko, s trenutno družbeno ali z neko drugo neenakostjo. S tem, ko jih zajemajo

v svojih odzivih, pa prispevajo k njihovemu ohranjanju oz. utrjevanju (Zhou idr., 2024).

Pristranskost v odzivih lahko izhaja iz več virov: (1) učnih podatkov, s katerimi so učili model, (2) lastnosti algoritmov učenja ter (3) družbenega in kulturnega vpliva, ki vpliva na pridobivanje ter ravnanje s podatki. Pristranskost modela, ki izhaja iz učnih podatkov, pomeni, da so ti vsebovali pristranskosti, ki se jih je model naučil kot vzorce in jih nato reproduciral pri generiranju odzivov. Še posebej je to problematično, ko gre za podatke, ki vključujejo politične poglede, mnenja, perspektive, stereotipne večinske percepcije ter ozkogledne poglede, ki jih model nato reproducira kot objektivna dejstva. Tudi če poskrbimo za ustrezne učne podatke, pa je lahko pristranskost posledica lastnosti algoritmov, ki smo jih uporabili pri učenju. Ti so lahko nastavljeni tako, da pri ustvarjanju odziva favorizirajo določene rezultate. Tako bo algoritem, ki optimizira število klikov na spletni strani, favoriziral populistične članke, kakovostne, a množicam manj privlačne vsebine pa bo manjkrat priporočal (Ferrara, 2023). Vir pristranskosti pa je lahko tudi družbeni in kulturni vpliv, ki zaznamuje postopek zbiranja in obdelave podatkov. V podatke namreč lahko nenamerno vnašamo lastna prepričanja ali stereotipe. To lahko naredimo z izborom podatkov ali pri njihovem označevanju. Če npr. za učenje uporabimo slike, na katerih so večinoma učiteljice, se bo GUI naučila, da učiteljski poklic poveže z ženskim spolom. Ta pristranskost se bo nato reproducirala v odzivih (Jenks, 2024).

Rezultati raziskave Zhouja idr. (2024), ki naslavlja pristranskosti v odzivih GUI, so zelo zgovorni. V okviru te raziskave so avtorji z GUI ustvarili različne slike – portrete oseb uglednih poklicev (kot so asistenti anesteziologije, izvršni direktorji) – in opazili, da so na generiranih slikah večinoma beli moški srednjih let, vsi privlačnega videza in v dobri telesni formi. To ne odraža dejanskega stanja v teh poklicih. Prav tako so preučevali izrazno mimiko oseb na generiranih slikah in opazili, da so moški prikazani kot resnejši, avtoritarnejši, medtem ko ženske izražajo bolj milo, nežnejšo, materinsko mimiko.

Zavedati se je treba, da GUI ni objektivno orodje, čeprav nam lahko daje vtis nevtralnosti. To namreč lahko potencialno vodi do krivic in ohranjanja oz. utrjevanja problematičnih stereotipov, ki obstajajo v družbi in za katere bi se morali truditi, da jih opuščamo (Xiang, 2024). Zato je pomembno graditi zavedanje, da GUI ne smemo obravnavati kot popolne avtoritete, temveč da jo uporabljamo s kritično distanco, seznanjeni s tem, da so rezultati vedno lahko delno pristranski.

2.4 Vidik pravičnosti

Pravičnost GUI je ključna za preprečevanje diskriminacije, povečanje zaganjanja v tehnologijo in zagotavljanje, da so njeni pozitivni učinki dostopni vsem deležnikom. Zlasti v izobraževanju lahko GUI pomembno prispeva k zmanjševanju neenakosti, saj omogoča prilagoditev učnih vsebin različnim potrebam učencev, vključno s tistimi, ki imajo učne težave ali posebne potrebe (Bulathwela idr., 2024). Obenem pa se moramo zavedati oz. zagotoviti, da pri vpeljevanju GUI v izobraževanje ne poglobljamo digitalnega razkoraka med učečimi se. Digitalni razkorak, ki ga lahko povzroči vpeljevanje GUI, ima namreč več razsežnosti. Prva je povezana z načinom uporabe GUI. Ustrezno usposobljeni učitelji lahko GUI uporabijo za spodbujanje reševanja nalog na višjih taksonomskih ravneh, kot so analiza, vrednotenje in ustvarjanje. To učečim se omogoča poglobljeno učenje in pridobivanje kakovostnejšega in trajnejšega znanja (Mishra idr., 2023; Kurtz idr., 2024). Nasprotno pa lahko učiteljeva neustrezna usposobljenost na tem področju uporabo GUI omeji zgolj na osnovna opravila. To med njihovimi učečimi se ustvarja pomemben razkorak. Ustrezna usposobljenost učiteljev je zato ključna, saj bo lahko zgolj dobro usposobljen učitelj zagotovil, da bodo učeči se modele GUI uporabili za oblikovanje učinkovitih učnih izkušenj, ki bodo izboljševale kakovost učnega procesa in imele za posledico kakovostnejše in bolj poglobljeno znanje (Tsankov in Damyanov, 2024). Druga razsežnost digitalnega razkoraka je dostop do virov. Pri vpeljevanju GUI moramo poskrbeti, da bo dostopna vsem, ne glede na družbeni ali geografski položaj. Neenak dostop do strojne in programske opreme ter tehnične pomoči lahko namreč še poglobi obstoječe razlike v družbi (Brian idr., 2024). Menimo, da bo znanje o učinkoviti uporabi GUI v prihodnosti ključna prednost, zato je nujno, da je dostop do te tehnologije pravično porazdeljen. Pomanjkljivo znanje o uporabi GUI lahko namreč vodi do omejevanja izobraževalnih in kariernih možnosti tistega dela populacije, ki je bil izključen. S tem pa se reproducirajo neenakosti, ki obstajajo v družbi (Capraro idr., 2023). Empirična raziskava Yuja idr. (2024), v okviru katere so analizirali več kot milijon pisnih izdelkov skoraj 17.000 študentov pri skoraj 2.400 različnih univerzitetnih predmetih, je pokazala, da je GUI sicer pripomogla k zmanjševanju razlik v kakovosti akademskih besedil, vendar so bili učinki izboljšanja izrazitejši pri študentih iz privilegiranih okolij v primerjavi s študenti iz ranljivih skupin.

Poleg teh vidikov je pomembno upoštevati tudi dolgoročne učinke vpeljevanja GUI v izobraževanje na družbeno in kulturno dinamiko.

Zasnova GUI mora upoštevati raznolikost jezikov, kultur in izobraževalnih sistemov, da prepreči homogenizacijo učnih vsebin in omogoči ohranjanje lokalnih posebnosti (Arora idr., 2023).

2.5 Halucinacije

Haluciniranje GUI pomeni, da model ustvari odgovor, ki je na prvi pogled videti koherenten, prepričljiv in smiselno sestavljen, a je dejansko napačen ali izmišljen. To izhaja iz delovanja teh modelov, saj se pri tem ne opirajo na razumevanje resničnosti, ampak zgolj predvidevajo nadaljevanje do sedaj ustvarjenega odziva na osnovi sintaktičnih in statističnih povezav med besedami (Kalai in Vempala, 2023). Halucinacije lahko povzročijo širjenje napačnih informacij, kar je posebej problematično za učeče se z omejeno digitalno pismenostjo ter s pomanjkljivim predznanjem. To namreč lahko vodi v napačne zaključke, širjenje dezinformacij, zavajanje, izgubo zaupanja v vire in slabše učne rezultate (Thorne, 2024).

Pomembno je, da v izobraževanju o tem ozaveščamo učeče se, krepimo njihovo digitalno pismenost ter jim podamo smernice za kritično vrednotenje odzivov. Učeči se morajo biti usposobljeni za preverjanje točnosti informacij z uporabo zanesljivih virov, ki jih med seboj primerjajo, uporabijo akademske baze podatkov in preverjajo dejstva v uglednih publikacijah. Prav tako je treba krepiti zavedanje, da so generirane vsebine zgolj dopolnilo ali izhodišče za raziskovanje neke tematike in ne edini vir informacij. Pri učečih se moramo poudariti potrebo po kontekstualizaciji generiranih vsebin, da bodo znali presoditi ustreznost vsebin za njihove specifične učne cilje in kontekst (Kurtz idr., 2024).

2.6 Problematika intelektualne lastnine

Razvoj in uporaba GUI v izobraževalnem kontekstu odpira številna vprašanja, povezana z intelektualno lastnino (IL). Delovanje teh modelov namreč temelji na učnih podatkih, ki so jih pridobili iz obsežnih zbirk, ki vključujejo digitalna učna gradiva, knjige, članke, videovsebine, slike in druge vire, pogosto pridobljene s spleta brez dovoljenja avtorjev. Generiran odziv modela GUI je lahko sinteza teh del, kar pomeni, da končni rezultat morda vključuje elemente, ki so izpeljani iz teh virov (Smits in Borghuis, 2022). Zaradi kompleksnosti delovanja nevronske mreže in ogromnega obsega podatkov, ki so jih modeli uporabili pri učenju, pa je nemogoče določiti,

kateri avtorski viri oz. v kolikšni meri so vplivali na specifični generiran odziv (Russell in Norvig, 2021).

Kdo pa je potem avtor generirane vsebine? Sodna praksa v svetu je glede tega vprašanja trenutno v procesu vzpostavljanja, saj je problematika, ki jo odpira to področje, nova. Trenutno zakonodaja v večini držav UI ne priznava kot avtorja, saj avtorstvo zahteva človeško ustvarjalno dejavnost. Zato GUI pravnoformalno ne more biti avtor. Običajno je mogoče vsebino, ustvarjeno z njo, z avtorsko pravico zaščititi le, če vključuje znatno človeško ustvarjalno dejavnost. Če je uporabnik prispeval izvirne ideje in ustvarjalne odločitve ter to tudi dokazal, bi lahko načeloma uveljavljal avtorsko zaščito (Thongmeensuk, 2024). Kot primer prakse navajamo Ameriški urad za avtorske pravice, ki je že zavrnil registracijo del, ki jih je v celoti ustvarila UI, brez znatnega človeškega prispevka. V okviru EU priznavanje avtorskih pravic temelji na avtorjevi ustvarjalnosti, zato dela, ustvarjena izključno z UI, ne izpolnjujejo pogojev za registracijo (Novelli idr., 2024).

2.7 Varnost in zasebnost podatkov

Uporaba na UI in GUI temelječih aplikacij odpira pomembna vprašanja z vidika zasebnosti podatkov in varnosti. Pri uporabi teh aplikacij, pogosto nezavedno, delimo velike količine podatkov. Ti podatki se shranjujejo in obdelujejo s tehnologijami, ki omogočajo njihovo organizacijo, strukturiranje ter združevanje z drugimi viri. To jim omogoča, da ustvarijo podrobno razumevanje vedenja, preferenc, sposobnosti ali drugih značilnosti posameznikov ali skupin. To lahko uporabijo za profiliranje posameznikov, napovedovanje vedenja, povezovanje različnih virov in identifikacijo vzorcev (Lenz, 2019).

Proizvajalci tehnologij UI morajo spoštovati veljavno zakonodajo, kot je npr. Splošna uredba o varstvu podatkov (Evropska unija, 2016), ki ureja zbiranje, uporabo in hrambo podatkov v EU, vendar kompleksnost teh sistemov pogosto onemogoča popolno skladnost z zakonodajo. Npr., v okviru kompleksnih nevronske mreže, na katerih temelji GUI, je trenutno nemogoče popolnoma odstraniti podatke ali rezultate, ki izhajajo iz teh podatkov, potem ko so bili uporabljeni za učenje modela. Podatki so trajno vgrajeni v milijardah parametrov modela, kar preprečuje njihovo ročno odstranitev. To je v nasprotju z zahtevo Splošne uredbe EU o varstvu podatkov (*General Data Protection Regulation* – GDPR) o pravici do pozabe, ki uporabnikom zagotavlja možnost izbrisa njihovih osebnih podatkov iz zbirke podatkov. To ustvarja dodatna tveganja za uporabnike.

Izobraževalni proces pogosto vključuje otroke in mladoletne osebe, ki predstavljajo ranljivejšo skupino. Mlajši uporabniki običajno nimajo dovolj znanja, izkušenj ali sposobnosti kritičnega razmišljanja za razumevanje posledic deljenja svojih osebnih podatkov (Lena-Acebo idr., 2022). Aplikacije, ki temeljijo na GUI in jih lahko potencialno uporabljamo v izobraževanju, lahko zbirajo in analizirajo podatke o učenju, vedenju, kognitivnih sposobnostih ter celo čustvenih odzivih učencev. Ti podatki se lahko uporabijo za ustvarjanje podrobnih profilov posameznikov, ki jih je mogoče zlorabiti v neetične namene (Alier idr., 2022). Poleg tega so izobraževalne institucije pogosto omejene z viri in znanjem za zagotovitev ustrezne zaščite teh podatkov. Neupoštevanje varnostnih protokolov ali nezadostno razumevanje delovanja na UI in GUI temelječih aplikacij lahko privede do dodatnih tveganj, vključno s kibernetškimi napadi ali z nehoteno izpostavitvijo občutljivih podatkov (Ulven in Wangen, 2021).

Za zmanjševanje tveganja je ključno, da razvijalci teh tehnologij v večji meri vključijo mehanizme za zaščito zasebnosti že v fazi načrtovanja. Prav tako je ključnega pomena, da se razvijejo regulativni okviri, ki bodo skladni z značilnostmi tehnologij UI in GUI, in da se izobraževalni delavci ter učenci ustrezno usposobijo za varno uporabo teh sistemov. Posebno pozornost je treba nameniti transparentnosti pri uporabi podatkov in zagotavljanju pravice posameznikov do nadzora nad lastnimi podatki (Chaudhry idr., 2022).

3 Priložnosti uporabe GUI v izobraževanju

3.1 Vloga GUI v kontekstu teorij učenja

GUI odpira široke možnosti za podporo učenju v skladu z različnimi teorijami učenja. Behaviorizem, kognitivizem, konstruktivizem in socialni konstruktivizem ponujajo različne okvire za razumevanje učenja, pri čemer GUI omogoča prilagoditev pristopa glede na potrebe učečih se in specifične izobraževalne cilje.

Behavioristična perspektiva poudarja ponavljanje, utrjevanje in takojšnje povratne informacije kot ključne elemente učenja. GUI omogoča generiranje interaktivnih vaj, simulacij in kvizov, ki vključujejo sistematično podane povratne informacije za učeče se. Raziskavi Farrokhnie idr. (2023) ter Qadirja (2022) potrjujeta, da GUI omogoča ustvarjanje učinkovitih povratnih informacij, prilagojenih potrebam posameznikov. Npr., GUI lahko nudi sprotno podporo pri utrjevanju osnovnih matematičnih konceptov ali

jezikovnih veščin, kar povečuje motivacijo in pripomore k boljšemu usvanjanju znanja (Merriam in Bierema, 2014).

Kognitivistični pristopi učenja se osredotočajo na notranje miselne procese, kot so zaznavanje, pomnjenje in reševanje problemov. GUI lahko prispeva k razvoju kognitivnih veščin s personaliziranimi učnimi izkušnjami. Raneem N. Albdarani in Amal Al-Shargabi (2023) ter Mhlanga (2023) poudarjajo, da lahko GUI vsebine prilagodi posameznikovim potrebam in ravni njegovega znanja. Npr., pri učenju kompleksnih konceptov GUI omogoča postopno razlago in zagotavlja dodatne vaje, ki spodbujajo metakognicijo in refleksijo o procesu učenja učečega se (Marentič Požarnik, 2023).

Konstruktivizem poudarja, da učeči se znanje gradijo aktivno skozi izkušnje in interakcije z okoljem. GUI omogoča simulacije (Mollick idr., 2024), igre vlog (Stampfl idr., 2024) in projektno učenje (Luai in Ly, 2025), kjer učeči se s praktičnimi nalogami raziskujejo in razvijajo kritično mišljenje. Takšen pristop v središče postavlja učečega se. Slednji je aktivno vključen v svoje učenje, kar spodbuja razvoj kritičnega mišljenja in krepi njegovo sposobnost reševanja problemov (Bolstad idr., 2012). Npr., GUI lahko deluje kot virtualni sodelavec pri raziskovalnih projektih, kjer učeči se raziskujejo interdisciplinarne teme in oblikujejo lastne razlage.

Socialno-konstruktivistične teorije učenja poudarjajo socialne interakcije in sodelovanje kot ključne za učenje (Voogt in Roblin, 2012). GUI omogoča virtualne razprave, sodelovalne projekte in simulacije resničnih situacij, ki spodbujajo timsko delo in razvoj komunikacijskih spretnosti. Uporaba GUI za igre vlog, kjer učeči se skupaj rešujejo probleme ali simulirajo zgodovinske dogodke, spodbuja medkulturno razumevanje in empatijo (Eysenbach, 2023; Gilson idr., 2023).

GUI predstavlja močno orodje za podporo izobraževanju, ki se lahko smiselno vključuje v kontekstu različnih teorij učenja. Teorije učenja v kombinaciji z GUI omogočajo celostno in učinkovito učno izkušnjo, ki spodbuja vseživljenjsko učenje. Uspešna implementacija pa zahteva tako tehnično in didaktično usposobljenost učiteljev kot premišljen etični okvir za uporabo tehnologije v korist vseh učečih se.

3.2 GUI za podporo personalizaciji in individualizaciji učenja

Personalizacija in individualizacija učenja sta ključni komponenti sodobnega izobraževanja, ki ju GUI močno podpira. Čeprav se pogosto uporabljata zamenljivo, imata različne poudarke. Personalizirano učenje se v literaturi

opredeljuje na različne načine, vendar se skupni elementi pogosto nanašajo na učečemu se prilagojeno izobraževanje, kjer je poudarek na aktivnem sodelovanju učečega se, prilagodljivih učnih procesih, doseganju specifičnih kompetenc ter celostnem pristopu, ki upošteva posameznikove potrebe in značilnosti (Bernacki idr., 2021; Shemshack idr., 2021; Walkington in Bernacki, 2020). GUI ponuja personalizirane učne izkušnje s prilagoditvijo vsebin glede na predznanje, interese in potrebe učečih se, česar običajno učitelj ne more zagotoviti za vse učeče se. GUI lahko deluje kot virtualni tutor, ki je učečemu se na voljo 24/7, mu zagotavlja sprotne povratne informacije ter pri tem omogoča takojšen večciklični odziv, če učečemu se povratne informacije niso razumljive, in učenje v tempu, ki ustreza posamezniku (Farrokhnia idr., 2023). V našem izobraževalnem prostoru bi to lahko pomenilo npr. uporabo GUI za sprotno učenje posameznika, pripravo na preizkuse znanja ter pripravo na nacionalne preizkuse znanja, pri čemer bi učeči se prejeli interaktivne naloge, prilagojene njihovemu trenutnemu znanju in področjem, kjer potrebujejo dodatno podporo, da bi lažje in hitreje zapolnili vrzeli v znanju.

Individualizacija učenja omogoča še specifičnejše prilagajanje, saj se osredotoča na posameznika in njegovo unikatno pot učenja (Karpenko idr., 2019). GUI omogoča ustvarjanje učnih načrtov, ki so prilagojeni posameznikovim interesom in kognitivnim potrebam. Npr., učeči se, ki se uči jezika, bi lahko GUI uporabljal za ustvarjanje vaj, ki so osredotočene na področja, kjer ima težave, kot je raba slovničnih časov ali širjenje besedišča (Qadir, 2022). Takšen pristop ne izboljšuje le učnih dosežkov, temveč tudi zmanjšuje stres, saj omogoča učenje brez časovnega pritiska.

Poleg tega GUI omogoča stalno spremljanje napredka učečega se. S pomočjo analitike lahko prepozna področja, kjer učeči se zaostaja oz. ima vrzeli v znanju, in predlaga prilagojene strategije za izboljšanje. To je še posebej pomembno v izobraževalnih institucijah, kjer se učitelji soočajo z izzivi, ki so povezani s poučevanjem velikega števila učencev (normativ) in z raznolikimi potrebami učencev. Uporaba GUI omogoča, da učitelji učinkoviteje usmerjajo svoje delo in posvečajo pozornost tistim učečim se, ki potrebujejo več podpore (Kasneci idr., 2023).

3.3 Diferenciacija izobraževanja

Diferenciacija izobraževanja je pedagoški pristop, ki se osredotoča na prilagajanje učnega procesa potrebam različnih skupin učečih se. Gre za ustvarjanje učnih vsebin, metod in okolij, ki upoštevajo raznolike stile učenja,

stopnje predznanja in interese učečih se (Jørgensen in Brogaard, 2021). GUI učiteljem omogoča, da svoje metode dela prilagodijo tako, da vključujejo diferenciacijo, z njihovo pomočjo lahko učitelji ustvarijo prilagojena učna gradiva različnih ravni zahtevnosti, kar učečim se omogoča, da delajo z vsebinami, ki so prilagojene njihovem trenutnemu znanju. Zmožnejši učeči se lahko prejemajo kompleksnejše naloge, medtem ko učitelji z GUI za šibkejšo pripravijo osnovnejša besedila in naloge. GUI omogoča tudi uporabo simulacij in iger, ki povečujejo angažiranost učečih se. Npr., učeči se lahko sodelujejo v simulacijah zgodovinskih dogodkov ali znanstvenih eksperimentov, ki so prilagojeni njihovi starosti in sposobnostim. To ne le izboljša razumevanje učne snovi, temveč tudi povečuje njihovo motivacijo.

3.4 Spodbujanje kognitivnega in kritičnega mišljenja

Formativno preverjanje znanja na različnih kognitivnih ravneh postane s pomočjo GUI dostopnejše in učinkovitejše. Poleg tega te tehnologije spodbujajo kritično mišljenje, saj omogočajo analizo in interpretacijo podatkov. Po raziskavi Laure I. González-Pérez in Marie S. Ramírez-Montoya (2022) so te sposobnosti ključne za razvijanje kompetenc 21. stoletja. GUI lahko npr. učečim se pomaga analizirati zgodovinske vire ali interpretirati znanstvene podatke, kar spodbuja globlje razumevanje vsebin. V izobraževanju bi tovrstna uporaba omogočila bolj poglobljeno razumevanje zahtevnih vsebin, ki se izkazuje kot npr. interpretacija literarnih del ali reševanje kompleksnih matematičnih problemov.

Spodbujanje kritičnega mišljenja z GUI omogoča razvoj višjih kognitivnih ravni znanja. GUI lahko simulira debate, v katerih učeči se razpravljajo o aktualnih temah, analizirajo argumente in prepoznavajo logične napake. Raziskava Marcele Borge idr. (2024) prikazuje, kako lahko interakcija med študenti in GUI spodbuja metakognitivno ter sociometakognitivno razmišljanje. Udeleženci so z GUI oblikovali argumente, vrednotili trditve in razvijali kolektivno razumevanje kompleksnih tem. Avtorji ugotavljajo, da ima GUI velik potencial kot orodje za vadbo argumentacije in znanstvenega mišljenja, zlasti v večjih učnih okoljih z omejeno individualno podporo. Wang in Fan (2025) sta v okviru metaanalize 51 eksperimentalnih raziskav s področja uporabe GUI v izobraževanju ugotovila velik pozitiven učinek uporabe teh orodij na učno uspešnost študentov ($g = 0.867$) in zmeren učinek na dožemanje učnega procesa s strani študentov ($g = 0.456$), kar je vključevalo učno učinkovitost, motivacijo, zadovoljstvo z načinom učenja in subjektivno oceno napredka ter razvoj višjih kognitivnih sposobnosti

($g = 0,457$). Učinki so bili najizrazitejši pri naravoslovnih predmetih, problemsko zasnovanem učenju in ob podpori učitelja. Avtorja poudarjata, da je za učinkovito razvijanje višjih kognitivnih ravni znanja treba zagotoviti strukturirano učno okolje in kontinuirano vključevanje GUI v učni proces. Poleg tega lahko GUI učečim se pomaga pri reševanju kompleksnih problemov v naravoslovju, kot je npr. simulacija kemijskih reakcij ali modeliranje ekosistemov. Raziskave (Farrokhnia idr., 2023) kažejo, da takšen pristop povečuje zmožnost učečih se, da sintetizirajo informacije in jih uporabijo v novih situacijah.

3.5 Razbremenitev učiteljev

Učitelji danes pogosto poročajo o veliki obremenitvi s pisanjem in z izpolnjevanjem potrebne zakonske dokumentacije, poleg vseh obveznosti, ki jih imajo s pripravo na poučevanje in s poučevanjem samim. GUI lahko učitelje bistveno razbremeni pri administrativnih opravilih, kot so priprava zanimivih učnih gradiv, preverjanje nalog, ustvarjanje povratnih informacij za učeče se in starše, pisanje poročil. Kot poročajo Enkelejda Kasneci idr. (2023), lahko GUI avtomatizira rutinska opravila, kar učiteljem omogoča, da se osredotočijo na pedagoško delo in individualno podporo učečim se. Poleg tega omogoča ustvarjanje personaliziranih gradiv, kar zmanjšuje potrebo po dolgotrajnem ročnem prilagajanju vsebin. Npr., učitelji lahko s pomočjo GUI pripravijo različne verzije preverjanja znanja in testov, ki so prilagojene različnim ravnam znanja učečih se, kar zagotavlja pravičnejše ocenjevanje. Raziskave (Mhlanga, 2023) tudi kažejo, da GUI omogoča avtomatizirano analizo odgovorov učečih se in pripravo poročil, ki vključujejo tako povzetke napak kot predloge za izboljšave.

3.6 Spodbujanje digitalne pismenosti pri uporabi tehnologije

Vpeljevanje GUI v izobraževanje zahteva tudi krepitev digitalne pismenosti in ozaveščanje o etični uporabi tehnologije. Mhlanga (2023) pravi, da je ključnega pomena, da učeči se in učitelji razumejo omejitve tehnologije ter njene potencialne zlorabe. V našem izobraževalnem sistemu bi lahko šole z vključitvijo delavnic o etiki umetne inteligence pripravile učeče se na odgovorno uporabo teh orodij, s čimer bi se zmanjšala tveganja za njihovo zlorabo (Dabbagh idr., 2024). Digitalna pismenost, ki jo spodbuja GUI, presega zgolj tehnično znanje. Vključuje tudi sposobnost kritičnega vrednotenja digitalnih virov in razumevanje vpliva tehnologije na družbo. Pregledni

članek Hajoaryja (2023) navaja, da učeči se, ki razvijejo visoko stopnjo digitalne pismenosti, bolje razumejo etične dileme, ki se kažejo v problematikah, kot sta zasebnost podatkov in odgovornost za ustvarjene vsebine.

4 Zaključek

GUI predstavlja pomembno orodje za preoblikovanje izobraževalnih sistemov. S svojo zmožnostjo prilagajanja, podpore kritičnemu mišljenju in razbremenitve učiteljev omogoča implementacijo sodobnih pedagoških pristopov, ki so usmerjeni v razvijanje kompetenc prihodnosti. Dobro načrtovana in smiselna integracija uporabe GUI v izobraževalni sistem bi lahko znatno izboljšala kakovost izobraževanja, vendar so za uspešno implementacijo ključni tako tehnološka podpora kot tudi usposabljanje učiteljev in ozaveščanje učečih se o odgovorni uporabi tehnologije.

Literatura

- AlAli, R., in Wardat, Y. (2024). Opportunities and Challenges of Integrating Generative Artificial Intelligence in Education. *International Journal of Religion*, 5(7), 784–793.
- Alasadi, E. A., in Baiz, C. R. (2023). Generative AI in education and research: Opportunities, concerns, and solutions. *Journal of Chemical Education*, 100(8), 2965–2971.
- Albrani, R. N. in Al-Shargabi, A. A. (2023). Investigating the effectiveness of chatgpt for providing personalized learning experience: A case study. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(11). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2023.01411122>
- Alier, M., Guerrero, M., Amo, D., Severance, C., in Fonseca, D. (2021). Privacy and E-Learning: A Pending Task. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su13169206>
- Arora, A., Barrett, M., Lee, E., Oborn, E., in Prince, K. (2023). Risk and the future of AI: Algorithmic bias, data colonialism, and marginalization. *Information and Organization*, 33(3), 100478.
- Asghar, S., Ghani, S., Manzoor, A., Riaz, A., Anwar, M., in Altaf, T. (2024). Academic dishonesty and its impact on students' moral and personality development. *Journal of Education and Social Studies*. <https://doi.org/10.52223/jess.2024.5303>
- Bernacki, M., Greene, M. in Lobczowski, N. (2021). A Systematic Review of Research on Personalized Learning: Personalized by Whom, to What, How, and for What Purpose(s)?. *Educational Psychology Review*, 33, 1675–1715. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09615-8>

- Bolstad, R., Gilbert, J., McDowall, S., Bull, A., Boyd, S. in Hipkins, R. (junij 2012). *Supporting future-oriented learning and teaching : A New Zealand perspective*. New Zealand Council for Educational Research. <https://www.educationcounts.govt.nz/publications/schooling/supporting-future-oriented-learning-and-teaching-a-new-zealand-perspective>
- Borge, M., Smith, B. K., in T. Aldemir. (2024). Using generative ai as a simulation to support higher-order thinking. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*. <https://doi.org/10.1007/s11412-024-09437-0>
- Bozkurt, A. (2024). GenAI et al.: Cocreation, authorship, ownership, academic ethics and integrity in a time of generative AI. *Open Praxis*. <https://doi.org/10.55982/openpraxis.16.1.654>
- Brian, W., Laban, O., in Owin, O. (2024). An AI-Driven Approach to Mitigate the Digital Divide in Educational Resources. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. <https://doi.org/10.56726/irjmets59086>.
- Bulathwela, S., Pérez-Ortiz, M., Holloway, C., Cukurova, M., in Shawe-Taylor, J. (2024). Artificial intelligence alone will not democratise education: On educational inequality, techno-solutionism and inclusive tools. *Sustainability*, 16(2), 781.
- Capraro, V., Lentsch, A., Acemoglu, D., Akgün, S., Akhmedova, A., Bilancini, E., Bonnefon, J., Brañas-Garza, P., Butera, L., Douglas, ... (2023). The impact of generative artificial intelligence on socioeconomic inequalities and policy making. *PNAS Nexus*, 3. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgae191>
- Chaudhry, M., Cukurova, M., in Luckin, R. (2022). A Transparency Index Framework for AI in Education. *ArXiv*, abs/2206.03220. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2206.03220>.
- Dabbagh, H., Earp, B. D., Sebastian Porsdam Mann, Plozza, M., Salloch, S., in Savulescu, J. (2024). AI ethics should be mandatory for schoolchildren. *AI and Ethics (Print)*. <https://doi.org/10.1007/s43681-024-00462-1>
- Evropska komisija. (2022). *Etične smernice za uporabo umetne inteligence in podatkov pri poučevanju in učenju za izobraževalce*. https://learning-corner.learning.europa.eu/learning-materials/use-artificial-intelligence-ai-and-data-teaching-and-learning_sl
- Evropska unija. (2016). *Splošna uredba o varstvu podatkov (GDPR) – Uredba (EU) 2016/679 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 27. aprila 2016 o varstvu posameznikov pri obdelavi osebnih podatkov in o prostem pretoku takih podatkov*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0679>

- Eysenbach, G. (2023). The role of ChatGPT, generative language models, and artificial intelligence in medical education: a conversation with ChatGPT and a call for papers. *JMIR Medical Education*, 9(1). 10.2196/46885
- Farrokhnia, M., Banihashem, S. K., Noroozi, O. in Wals, A. (2023). A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. *Innovations in Education and Teaching International*, 61(3), 460–474. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2195846>
- Ferrara, E. (2023). Fairness and bias in artificial intelligence: A brief survey of sources, impacts, and mitigation strategies. *Sci*, 6(1), 3.
- Gilson, A., Safranek, C. W., Huang, T., Socrates, V., Chi, L., Taylor, R. A. Žin Chartash, D. (2023). How does ChatGPT perform on the United States medical licensing examination? The implications of large language models for medical education and knowledge assessment. *JMIR Medical Education*, 9(1), e45312.
- González-Pérez, L. I., in Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st Century Skills Frameworks: Systematic Review. *Sustainability*, 14(3), 1493. <https://doi.org/10.3390/su14031493>
- Hajoary, E. (2023). Exploring the Evolving Dynamics of Data Privacy, Ethical Considerations, and Data Protection in the Digital Era. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 11(9), 2760–2771. <https://doi.org/10.17762/ijritcc.v11i9.9363>
- International Center for Academic Integrity. (2021). *The fundamental values of academic integrity* (3rd ed.). International Center for Academic Integrity. https://academicintegrity.org/images/pdfs/20019_ICAI-Fundamental-Values_R12.pdf
- Jenks, C. J. (2024). Communicating the cultural other: Trust and bias in generative AI and large language models. *Applied Linguistics Review*, (0).
- Jørgensen, M., in Brogaard, L. (2021). Using differentiated teaching to address academic diversity in higher education. *Learning and Teaching*. <https://doi.org/10.3167/latiss.2021.140206>
- Kalai, A., in Vempala, S. (2023). Calibrated Language Models Must Hallucinate. *Proceedings of the 56th Annual ACM Symposium on Theory of Computing*. <https://doi.org/10.1145/3618260.3649777>.
- Karpenko, O., Lukyanova, A., Bugai, V., in Shchedrova, I. (2019). Individualization of Learning: An Investigation on Educational Technologies. *Journal of History Culture and Art Research*, 8(3). <https://doi.org/10.7596/taksad.v8i3.2243>
- 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, C. ... (2023). ChatGPT for good? on opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Kurtz, G., Amzalag, M., Shaked, N., Zaguri, Y., Kohen-Vacs, D., Gal, E., Zailer, G., in Barak-Medina, E. (2024). Strategies for Integrating Generative AI into Higher Education: Navigating Challenges and Leveraging Opportunities. *Education Sciences*. <https://doi.org/10.3390/educsci14050503>
- Lena-Acebo, F. J., Renés-Arellano, P., Hernández-Serrano, M. J., in Caldeiro-Pedreira, M. C. (2022). Knowing how to share and to protect oneself: key factors on digital cybercritical education for children. *Profesional de la información*, 31(6).
- Lenz, R. (2019). Big Data: Ethics and Law. *Consumer Law eJournal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3459004>
- Luai Al Labadi, in Ly, A. (2025). Enhancing statistics education through Project-Based Learning (PBL) and the emergence of ChatGPT. *Teaching Statistics*. <https://doi.org/10.1111/test.12405>
- Marentič Požarnik, B. (2023). *Psihologija učenja in pouka: od poučevanja k učenju*. DZS.
- Merriam, S. B. in Bierema, L. L. (2014). *Adult learning: Linking theory and practice*. Jossey Bass
- Mhlanga, D. (2023). Open AI in education, the responsible and ethical use of ChatGPT towards lifelong learning. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.4354422>
- Mishra, P., Warr, M., in Islam, R. (2023). TPACK in the age of ChatGPT and Generative AI. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 39, 235–251. <https://doi.org/10.1080/21532974.2023.2247480>
- Mollick, E., Mollick, L., Bach, N., Ciccarelli, L., Przystanski, B., in Ravipinto, D. (2024). AI Agents and Education: Simulated Practice at Scale. *ArXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2407.12796>
- Novelli, C., Casolari, F., Hacker, P., Spedicato, G., in Floridi, L. (2024). Generative AI in EU law: liability, privacy, intellectual property, and cybersecurity. *arXiv preprint arXiv:2401.07348*.
- Thongmeensuk, S. (2024). Rethinking copyright exceptions in the era of generative AI: Balancing innovation and intellectual property protection. *The Journal of World Intellectual Property*, 27(2), 278–295.
- Thorne, S. (2024). Understanding the Interplay Between Trust, Reliability, and Human Factors in the Age of Generative AI. *International journal of simulation: systems, science & technology*. <https://doi.org/10.5013/ijssst.a.25.01.10>

- Tsankov, N., in Damyanov, I. (2024). Attitudes of Students-future Teachers, for Application of Generative Artificial Intelligence. *Strategies for Policy in Science & Education/Strategii na Obrazovatelna i Nauchnata Politika*, 32(4).
- Qadir, J. (2022). Engineering education in the era of ChatGPT: Promise and pitfalls of generative AI for education. *TechRxiv*. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.21789434.v1>
- Russell, S., in Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- Shanto, S. S., Ahmed, Z., in Jony, A. I. (2024). Enriching Learning Process with Generative AI: A Proposed Framework to Cultivate Critical Thinking in Higher Education using Chat GPT. *Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology*, 45(1), 3019–3029.
- Shemshack, A., , Kinshuk in Spector, J. M. (2021). A comprehensive analysis of personalized learning components. *Journal of Computers in Education*, 8, 485–503. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00188-7>
- Smits, J., in Borghuis, T. (2022). Generative AI and intellectual property rights. *V Law and artificial intelligence: regulating AI and applying AI in legal practice* (str. 323–344). The Hague: TMC Asser Press.
- Stampfl, R., Geyer, B., Deissl-O'Meara, M., in Ivkic, I. (2024). Revolutionising Role-Playing Games with ChatGPT. *Advances in Artificial Intelligence and Machine Learning*, 04(02), 2244–2257. <https://doi.org/10.54364/aaiml.2024.42129>
- Ulven, J., in Wangen, G. (2021). A Systematic Review of Cybersecurity Risks in Higher Education. *Future Internet*, 13, 39. <https://doi.org/10.3390/fi13020039>
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., in Polosukhin, I. (2023). Attention is all you need. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1706.03762>
- Voogt, J. in Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299–321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>
- Walkington, C. in Bernacki, M. (2020). Appraising research on personalized learning: Definitions, theoretical alignment, advancements, and future directions. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(3), 235–252. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1747757>
- Wang, J., in Fan, W. (2025). The effect of ChatGPT on students' learning performance, learning perception, and higher-order thinking: insights from a meta-analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04787-y>

- Weber-Wulff, D., Anohina-Naumeca, A., Bjelobaba, S., Foltýnek, T., Guerrero-Dib, J., Popoola, O., ... in Waddington, L. (2023). Testing of detection tools for AI-generated text. *International Journal for Educational Integrity*, 19(1), 26. <https://doi.org/10.1007/s40979-023-00146-z>
- Xiang, A. (2024). Fairness & Privacy in an Age of Generative AI. *Science and Technology Law Review*, 25(2). <https://doi.org/10.52214/stlr.v25i2.12765>
- Yu, R., Xu, Z., CH-Wang, S., in Arum, R. (2024). Whose ChatGPT? Unveiling Real-World Educational Inequalities Introduced by Large Language Models. *ArXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2410.22282>
- Zhou, M., Abhishek, V., Derdenger, T., Kim, J., in Srinivasan, K. (2024). Bias in generative ai. *arXiv preprint arXiv:2403.02726*