

Uvajanje umetne inteligence v izobraževanje

*Marko Radovan¹, Ema Meden², Tadej Košmerl³,
Danijela Makovec Radovan⁴*

Povzetek

Besedilo obravnava vlogo umetne inteligence (UI) v izobraževanju kot prelomno, a kompleksno področje, ki zahteva pedagoško in etično premišljeno integracijo. Uvodoma razlikujemo med »spontanimi« in »načrtovanimi« tehnologijami ter opozorimo, da orodja, kot je Chat-GPT, v šole pogosto vstopajo brez ustreznega vrednotenja, usposabljanja in strategij. Empirične raziskave kažejo pozitivne učinke generativne UI (Gen-UI) na učne dosežke in motivacijo, hkrati pa opozarjajo na tveganja (halucinacije, odvisnost, plagiatorstvo, zmanjšana interakcija in kognitivna angažiranost). Razprava o prihodnosti UI se usmeri v tri perspektive: zamenjava učitelja, prepoved in nadgradnja; zadnja zagovarja UI kot podporo, pri čemer učitelj ostaja ključni organizator učnega procesa. Etični in pravni razmisleki (varstvo podatkov, algoritmična pristranskost, pravičnost) ter zahteva po transparentnosti, odgovornosti in pismenosti v UI tvorijo okvir odgovorne rabe Gen-UI. Na ravni didaktičnih strategij UI omogoča individualizacijo (prilagajanje učenja, inteligentni tutorji), inovativne pristope (igrifikacija, povezave z virtualno ali nadgrajeno resničnostjo) in razvoj učne analitike od deskriptivne do prediktivne/preskriptivne, kar podpira pravočasno pedagoško ukrepanje. V zaključku poudarimo, da so najboljši učinki UI dosegljivi v sinergiji med podatkovno podprtimi orodji in učiteljevo strokovno presojo, ob hkratnem spoštovanju etičnih standardov in potreb učečih.

Ključne besede: umetna inteligenca; generativna umetna inteligenca (Gen-UI), individualizacija učenja, učna analitika, etični in pravni vidiki, pedagoški modeli

Introducing Artificial Intelligence in Education

Abstract

The text discusses the role of artificial intelligence (AI) in education as a groundbreaking but complex field that requires thoughtful pedagogical and ethical integration. First, we distinguish between »spontaneous« and »planned« technologies and point out that

1 Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani, marko.radovan@ff.uni-lj.si

2 Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani, ema.meden@ff.uni-lj.si

3 Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani, tadej.kosmerl@ff.uni-lj.si

4 Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani, danijela.makovecradovan@ff.uni-lj.si

tools like ChatGPT often enter schools without proper evaluation, training, and strategies. Empirical research suggests that generative AI has positive effects on learning outcomes and motivation, but also highlights risks (hallucinations, dependence, plagiarism, reduced interaction, and cognitive engagement). The debate on the future of AI focuses on three perspectives: replacing the teacher, prohibition, and augmentation; the latter advocates AI as a support, with the teacher remaining the key mediator of learning. Ethical and legal considerations (data protection, algorithmic bias, fairness) and the demand for transparency, accountability, and literacy in AI provide the framework for responsible use of Gen-AI. At the level of didactic strategies, AI enables personalization (adaptive paths, intelligent tutors), innovative approaches (gamification, project-based learning, links to VR/AR), and the development of learning analytics from descriptive to predictive/prescriptive, which supports timely pedagogical intervention. In conclusion, we emphasize that the best effects of AI are achieved through the synergy between data-supported tools and the professional judgment of teachers, while respecting ethical standards and the contextual needs of learners.

Keywords: artificial intelligence; generative artificial intelligence (Gen-AI); personalized learning; learning analytics; ethical and legal aspects; pedagogical models

Uvod

Umetna inteligenca (UI) vse bolj preoblikuje izobraževalni prostor in učiteljem ponuja priložnost, da svoje pedagoške pristope nadgradijo z dinamičnejšimi, prilagodljivejšimi in učinkovitejšimi oblikami učenja. Njena moč ni le v avtomatizaciji in hitrejšem dostopu do informacij, temveč predvsem v možnosti ustvarjanja avtentičnih učnih izkušenj ter širjenju dostopa do kakovostnega izobraževanja za vse. V tem poglavju osvetljujemo ključne pedagoške vidike uvajanja UI – od etičnih vprašanj in poučevalnih pristopov do psiholoških učinkov in praktičnih izzivov, s katerimi se učitelji srečujejo pri vključevanju teh tehnologij.

Hiter vstop UI v izobraževanje

Umetna inteligenca (UI) vse bolj preoblikuje izobraževalno okolje in spodbuja učitelje, da svoje pedagoške pristope nadgradijo z bolj prilagodljivimi in podatkovno podprtimi oblikami učenja. Njena dodana vrednost ne izhaja le iz avtomatizacije rutinskih opravil, kot sta podpora ocenjevanju ali podajanje povratnih informacij, temveč predvsem iz zmožnosti ustvarjanja individualiziranih učnih poti, ki se sproti prilagajajo posameznikovemu tempu in slogu učenja. Ključno vprašanje pa je, kako se ta orodja vključujejo v vsakdanje pedagoške prakse – ne

kot nadomestek učitelja, temveč kot partner v učnem procesu, kar zahteva nov premislek o vlogi učitelja, digitalnih kompetencah in etičnih vidikih uporabe UI.

Justin Reich in Jesse Dukes (2024) vpeljeta ključno metodološko razlikovanje med dvema načinoma uvajanja tehnologij v izobraževanje. Pri prvem se tehnologije uvajajo načrtno in premišljeno, kar pomeni, da jih institucije ali učitelji zavestno izberejo, preizkusijo in vključijo v didaktični načrt kot podporo učenju (adoption technologies). Pri drugem tehnologije v izobraževalni prostor vstopajo spontano in nenačrtovano, pogosto prek prakse študentov ali komercialnih platform (arrival technologies), kar učitelje postavlja v pretežno reaktivno vlogo.

V preteklosti so digitalna orodja v izobraževalne sisteme večinoma uvajali načrtno in premišljeno. Tak pristop je temeljil na počasnem, strukturiranem in pogosto birokratsko obremenjenem procesu, ki je predvideval visoko stopnjo institucionalnega nadzora. Običajno se je začel z jasnim prepoznavanjem izobraževalne ali administrativne potrebe, ki je utemljila razmislek o novi tehnologiji.

Na tej podlagi so ustanovili komisijo ali projektno skupino, ki je ocenila potencialne koristi, stroške in tveganja, pripravila primerjalne analize ter izvedla pilotne preizkuse v omejenem okolju. Šele po tej fazi je sledila formalna odločitev o nakupu tehnologije ali licenc, postopna uvedba v širše okolje ter obvezno usposabljanje učiteljev in učečih se za uporabo. Ta model v celoti ustreza logiki načrtnega uvajanja tehnologij, kot ga opisujeta Reich in Dukes (2024), kjer imajo institucije in strokovnjaki nadzor nad tem, kdaj, kako in zakaj tehnologija vstopa v pedagoški prostor.

Vendar pa tovrstni postopki danes vse težje sledijo tempu tehnološkega razvoja in dejanski praksi učečih se. Medtem ko se šolske komisije še sestajajo in pripravljajo smernice, učeči že aktivno uporabljajo najnovejša orodja generativne UI – pogosto brez vednosti učiteljev ali formalnih didaktičnih okvirov. Zato se postavlja ključno vprašanje: ali lahko tako zasnovani postopki sploh še zagotavljajo smiselno integracijo tehnologij, ali pa jih je treba nadomestiti z bolj agilnimi, participativnimi in reflektivnimi modeli sodelovanja med učitelji, učečimi se in razvijalci tehnologij?

V nasprotju s tem priložnostno uvajanje tehnologij (arrival technologies) poteka po povsem drugačni logiki. Tehnologije ne vstopajo v izobraževalni prostor na podlagi institucionalnih odločitev ali pedagoških načrtov, temveč se pojavijo nena doma, najpogosteje jih začnejo spontano uporabljati učeči, promovirajo pa se prek komercialnih platform ali viralnih trendov. Učitelji se z njimi srečajo šele naknadno, ko so že prisotne v učilnici, in so postavljeni pred izziv hitre prilagoditve brez predhodnega usposabljanja, didaktičnih smernic ali časa za kritično presojo.

Reich in Dukes (2024) kot tipičen primer navajata generativno UI, kot je ChatGPT, ki je v izobraževalne sisteme vstopila spontano konec leta 2022. Študenti so jo začeli uporabljati za pisanje esejev, reševanje nalog in pripravo na izpite, še

preden so šole ali univerze sploh oblikovale kakršno koli uradno stališče o njeni rabi. Učitelji so se znašli v reaktivni vlogi – bodisi so orodje poskušali prepovedati, kar se je izkazalo za neizvedljivo, bodisi so ga začeli vključevati v pouk brez jasne strategije ali podpore. Ta spontani vstop ni omogočil sistematičnega razmisleka o pedagoških koristih ali kritične evalvacije etičnih in didaktičnih tveganj.

Ključna razlika med načrtnim in spontanim uvajanjem ni le časovna ali proceduralna, temveč gre za vprašanje moči in nadzora. Pri načrtnem uvajanju imajo institucije in učitelji možnost oblikovati pogoje uporabe tehnologije. Pri spontanem uvajanju pa ta nadzor izgubijo, saj so prisiljeni odzivati se na že obstoječo prakso, ki jo pogosto določajo zunanji akterji: razvijalci tehnologij, tržne logike in neformalne uporabniške skupnosti. To učitelje premešča iz vloge strokovnjakov, ki tehnologijo kritično presojujejo in didaktično osmislijo, v vlogo upraviteljev krize, ki poskušajo naknadno vzpostaviti red v že spremenjenem okolju.

Spontano uvajanje tehnologij, kot je generativna UI, zahteva temeljito spremembo v razumevanju oblikovanja izobraževalnih politik in raziskovanja učinkov digitalnih orodij. Reich in Dukes (2024) poudarjata, da tradicionalni modeli evalvacije, ki temeljijo na kontroliranih pilotnih študijah in postopnem uvajanju, pri priložnostni tehnološki integraciji preprosto ne delujejo več. Tehnologija je že prisotna, še preden lahko o njej sistematično razmislimo. UI bo ostala v šolskem prostoru, ne glede na to, ali jo institucije formalno podpirajo ali ne, zato je ključno vprašanje, kako oblikovati pedagoške strategije, ki omogočajo kritično, etično in didaktično premišljeno rabo namesto stihijske uporabe.

Dvorezni meč umetne inteligence

Razprava o vlogi UI v izobraževanju pogosto ostaja na ravni mnenj, spekulacij in ideoloških stališč – od tehnološkega optimizma, ki obljublja revolucijo učenja, do distopičnih opozoril pred avtomatizacijo mišljenja. Zato je nujno preveriti, kaj dejansko kažejo empirični podatki iz raziskav, ki so sistematično preučevale učinke UI na učenje, motivacijo in pedagoške prakse. Ugotovitve razkrivajo ambivalentno in kompleksno sliko: UI ima izjemen potencial za individualizacijo učenja, nudenje podpore pri učenju in razbremenitev učiteljev, hkrati pa prinaša tudi precejšnje stranske učinke – od zmanjšanja kognitivnega napora in površinskega učenja do etičnih dilem in neenakosti v dostopu. Ključno vprašanje torej ni, ali UI uporabljati, temveč kako jo uporabljati premišljeno, kritično in v službi dejanskih izobraževalnih ciljev.

Empirični podatki o pozitivnih učinkih UI so prepričljivi. Obsežna metaanaliza 49 študij, ki jo je izvedel Liu Dong s sodelavci (2025), je pokazala, da uporaba Gen-UI statistično pomembno izboljšuje učne dosežke in učno motivacijo. Ti učinki so najizrazitejši v visokošolskem izobraževanju, kjer odrasli učeči izkazujejo

večjo avtonomijo in sposobnost kritične rabe tehnologije. Posebej zanimiva je ugotovitev, da za doseganje dobrih rezultatov niso potrebna zapletena vizualna ali multimedijška orodja. Nasprotno, preprosti tekstovni pogovori z UI, kot jih omogoča ChatGPT, so se pogosto izkazali za učinkovitejše od kompleksnih interaktivnih animacij, videoposnetkov ali grafičnih vmesnikov (Dong idr., 2025).

To odkritje je pomembno iz dveh razlogov. Prvič, zmanjšuje tehnološke zahteve in stroške – učinkovita uporaba UI ne zahteva dragih platform ali napredne tehnične infrastrukture. Drugič, kaže, da je ključni dejavnik uspešnosti kakovost pedagoške interakcije, ne tehnološka kompleksnost. Če učeči znajo zastavljati prava vprašanja, preverjati odgovore in UI uporabljati kot sogovornika za poglobitev razumevanja, lahko dosežejo boljše rezultate kot s pasivnim gledanjem vizualnih vsebin. To poudarja pomen razvijanja metakognitivnih spretnosti in kritične digitalne pismenosti – brez teh kompetenc UI ostaja le še eno orodje, ki reproducira obstoječe prakse namesto njihove transformacije.

Ob tem je pomembno izpostaviti, da je bila večina teh raziskav izvedena v nadzorovanih eksperimentalnih pogojih, kjer so učitelji in raziskovalci načrtno uvedli UI v pedagoški proces (adoption technologies) ter učeče usposobili za njeno uporabo. Vprašanje ostaja, ali spontana, nenadzirana raba UI – kot se pogosto zgodi s priložnostno tehnološko integracijo – prinaša enake pozitivne učinke. Brez sistematičnega usposabljanja in pedagoške podpore lahko učeči UI uporabljajo površinsko, pasivno ali celo manipulativno, kar lahko vodi v povsem drugačne, manj spodbudne rezultate.

Zaradi navdušenja nad pozitivnimi učinki uporabe Gen-UI v izobraževanju ne smemo pozabiti na znane izzive. Wang in Fan (2025) na podlagi sistematičnega pregleda literature opozarjata, na štiri glavne negativne posledice:

1. Epistemološka tveganja. Orodja, kot je ChatGPT, pogosto ustvarijo napačne, zavajajoče ali celo izmišljene informacije (t. i. halucinacije), kar učeče izpostavlja kognitivnim pristranskostim in slabšemu razumevanju snovi. Začetniki in manj izkušeni učeči še posebej težko presodijo verodostojnost prejetih odgovorov, kar lahko vodi v utrjevanje napačnih konceptov.
2. Kognitivna atrofija. Prekomerno zanašanje na UI lahko zmanjša razvoj kritičnega mišljenja, ustvarjalnosti in samostojnega reševanja problemov. Če učeči UI uporabljajo kot nadomestek za razmišljanje, ne kot orodje za poglobitev razumevanja, se njihove kognitivne zmožnosti ne razvijajo, temveč slabijo. To je še posebej problematično pri odraslih učečih, kjer je cilj prav razvijanje avtonomije in metakognitivnih spretnosti.
3. Erozijska akademske integritete. Enostavno generiranje besedil povečuje tveganje za plagiatorstvo in zmanjšuje akademsko poštenost. Problematično ni le kopiranje UI-generiranih besedil, temveč tudi izguba razumevanja, kaj sploh pomeni lastno intelektualno delo in zakaj je pomembno.

4. Zmanjšanje socialne vloge izobraževanja. Komunikacija učečih se, ki pretežno poteka prek UI, lahko oslabi socialno dimenzijo učenja. Dialog med učitelji in učečimi se, vrstniško sodelovanje in razvoj komunikacijskih spretnosti postanejo šibkejši. Učenje ni le prenos informacij. Je tudi socialna praksa, ki zahteva interakcijo, pogajanje o pomenih in skupno konstrukcijo znanja.

Ti izzivi niso argument proti rabi UI, temveč opozorilo na pogoje, pod katerimi lahko postane škodljiva. Gen-UI ponuja izjemne priložnosti, a le, če jo uvažamo premišljeno, pedagoško utemeljeno in z nenehno podporo učiteljem ter sistematičnim razvijanjem kritične digitalne pismenosti pri učečih. Le tako lahko izkoristimo njen transformativni potencial, ne da bi žrtvovali temeljne vrednote izobraževanja – avtonomijo, kritičnost, akademsko integriteto in socialno razsežnost učenja.

Najbolj nazoren in empirično potrjen dokaz o nevarnostih nenadzorovane rabe UI ponuja nevroznanstvena raziskava, ki so jo izvedli raziskovalci z Massachusetts Institute of Technology (Kosmyna idr., 2025). Z uporabo elektroencefalografije (EEG) so v realnem času merili možgansko aktivnost 54 udeležencev med pisanjem v treh pogojih: s pomočjo velikega jezikovnega modela (ChatGPT), z uporabo spletnih iskalnikov ter pri samostojnem pisanju brez zunanje podpore. Namen je bil ugotoviti, kako različne oblike tehnološke podpore vplivajo na kognitivne procese in globino miselnega napora.

Rezultati so bili zaskrbljujoči. Udeleženci, ki so uporabljali ChatGPT, so izkazovali najnižjo raven nevronske povezanosti – kazalnika aktivnega procesiranja informacij in integracije znanja. Njihov kasnejši priklic informacij je bil bistveno slabši kot pri drugih skupinah, sposobnost pojasnjevanja lastnega besedila pa oslABLJENA. Neodvisni ocenjevalci, ki niso vedeli, katero orodje so udeleženci uporabljali, so njihova pisna dela pogosto ocenili kot manj izvirna, vsebinsko prazna in brez osebnega pečata. To kaže, da UI ni le tehnični pomočnik, temveč dejavno posega v sam proces mišljenja in ustvarjanja.

Še bolj zaskrbljujoče so dolgoročne posledice. Longitudinalni podatki so pokazali, da so udeleženci, ki so po uporabi UI ponovno prešli na samostojno pisanje, ohranili nižjo nevronske aktivnost in šibkejše vzorce kognitivnega povezovanja tudi po odstranitvi orodja. Raziskovalci ta pojav imenujejo »kognitivni dolg« (ang. *cognitive debt*) – postopno kopičenje deficitov v zmožnosti globokega procesiranja, kritičnega mišljenja in samostojnega reševanja problemov, ki se ne odpravijo samodejno, temveč zahtevajo aktivno kognitivno rehabilitacijo (Kosmyna idr., 2025).

Tudi ta ugotovitev ima resne implikacije za izobraževanje. Če učeči UI uporabljajo rutinsko in brez refleksije, ne razvijajo le odvisnosti od tehnologije, temveč lahko trajno oslabiljo lastne kognitivne zmožnosti. To ni zgolj vprašanje akademske integritete ali površinskega učenja – gre za nevrobiološke spremembe,

ki vplivajo na samo strukturo mišljenja. Zato je ključno, da UI v izobraževanje ne uvajamo stihijsko, temveč načrtno, s pedagoškimi strategijami, ki spodbujajo aktivno kognitivno angažiranost, metarefleksijo in kritično presojo.

Trije scenariji prihodnosti

Ko pozitivne in negativne učinke postavimo v širši kontekst, postane jasno, zakaj razprave o prihodnosti generativne UI tako močno razdvajajo strokovno javnost. Ambivalentna empirična slika – na eni strani izboljšani učni dosežki in motivacija, na drugi kognitivni dolg in erozija akademske integritete – ne ponuja enoznačnih odgovorov. Zato se strokovnjaki, oblikovalci politik in raziskovalci odzivajo zelo različno. Kivinen s sodelavci (2025) v analizi literature in političnih dokumentov prepoznava tri prevladujoče smeri razmišljanja o tem, kako naj izobraževalni sistemi odgovorijo na izziv generativne UI: tehnološki optimizem, ki poudarja transformativni potencial; previdno regulacijo, ki zagovarja načrtno uvajanje s pedagoškimi smernicami; ter kritični odpor, ki opozarja na nevarnosti tehnološke odvisnosti in degradacije učenja.

Tehnološki optimizem: UI kot priložnost za transformacijo

Prva smer izpostavlja transformativni potencial generativne UI in jo razume kot priložnost za temeljito preoblikovanje izobraževalnih praks. Zagovorniki tega pristopa poudarjajo, da UI omogoča individualizacijo učenja v obsegu, ki doslej ni bil mogoč – prilagajanje tempa, slogovnih preferenc in težavnostnih stopenj vsakemu posamezniku. Vidijo jo kot orodje, ki lahko razbremeni učitelje rutinskih nalog (podpora pri ocenjevanju, pripravi gradiv in povratnih informacijah) ter jim omogoči več časa za mentorstvo, individualno podporo in globlje pedagoške odnose. Avtorji finskega priročnika ugotavljajo, da gre pri tej perspektivi za prepričanje, da je UI »platforma za inovacije« – ne le inovacija sama po sebi, temveč orodje za ustvarjanje novih pedagoških rešitev (Kivinen idr., 2025). Ta perspektiva poudarja, da je treba izobraževanje prilagoditi spremenjenim družbenim razmeram, kar pomeni, da če UI že uporabljajo učeči se, morajo tudi izobraževalne institucije sprejeti to realnost in izkoristiti njene prednosti.

Ključna sporočila te smeri so: hitro usposabljanje učiteljev za rabo UI, vključevanje UI v kurikularne reforme, spodbujanje inovativnih pedagoških eksperimentov ter razvijanje UI-pismenosti kot temeljne digitalne pismenosti (Kivinen idr., 2025). Tveganja so pogosto minimalizirana ali predstavljena kot rešljivi tehnični izzivi, kar lahko vodi v nekritično sprejetje tehnologije brez ustrezne refleksije o njenih dolgoročnih posledicah.

Previdna regulacija: načrtno uvajanje s pedagoškimi smernicami

Druga smer zagovarja previdno, načrtno uvajanje z jasnimi pedagoškimi smernicami, etičnimi standardi in sistematičnim usposabljanjem. Ta pristop priznava tako potencial kot tveganja UI in poudarja, da je ključno, kako jo uvajamo, ne pa zgolj ali jo uvajamo. Silander (2025) opozarja, da ključno vprašanje ni, »ali bomo uporabili UI«, temveč »kakšne vrste znanja in spretnosti bodo učeči se potrebovali v družbi in na delovnih mestih v času umetne inteligence«.

Zagovorniki te smeri opozarjajo, da spontana raba UI brez pedagoške refleksije vodi v nenadzorovane negativne učinke, kot so kognitivni dolg, plagiatstvo, oslabitev kritičnega mišljenja in zmanjšanje akademske integritete. Holmes in Tuomi (2022) poudarjata, da ne smemo pozabiti vloge človeka pri delovanju sistemov UI, saj so ljudje tisti, ki zbirajo in kurirajo učne podatke, pišejo algoritme ter odločajo o njihovi uporabi. Zato predlagajo strukturiran pristop: razvoj nacionalnih in institucionalnih smernic za etično rabo UI, obvezno usposabljanje učiteljev (ne le tehnično, temveč tudi pedagoško in kritično-refleksivno), vključevanje kritične digitalne pismenosti v kurikulum, ustanovitev podpornih mrež za izmenjavo dobrih praks ter razvoj jasnih protokolov za zaščito podatkov in zasebnosti (Kivinen idr., 2025). Ta smer poudarja tudi pomen raziskav, ki bi sistematično spremljale učinke različnih modelov uvajanja UI in omogočale z dokazi podprte odločitve. Finski priročnik poudarja, da se mora v izobraževalnem sistemu zagotoviti, da učitelji razumejo, kako UI deluje, kakšne so njene omejitve in kako jo uporabiti v skladu z etičnimi načeli ter evropsko zakonodajo (Kivinen idr., 2025).

Kritični odpor: opozorilo pred tehnološko odvisnostjo in degradacijo učenja

Tretja smer izraža kritični odpor do prevlade UI v izobraževanju in opozarja na nevarnost trajne degradacije učenja, kognitivnih zmožnosti in akademske integritete. Zagovorniki tega pristopa poudarjajo, da UI ni nevtrarno orodje, temveč prinaša tehnološke logike, ki so pogosto v nasprotju s temeljnimi vrednotami izobraževanja – avtonomijo, kritičnostjo, ustvarjalnostjo in globino razumevanja.

Silander (2025) zastavi ključno vprašanje: »Ali vzgajamo učeče se, ki jih programira UI, ali učeče se, ki programirajo UI?« (str. 11). To vprašanje izpostavlja temeljno dilemo – ali UI krepi ali slabi intelektualno avtonomijo učečih se. Sklicujejo se na raziskave o kognitivnem dolgu in nevronske atrofiji ter opozarjajo, da lahko dolgotrajna raba UI trajno oslabi zmožnosti samostojnega mišljenja. Kosmyna s sodelavci (2025) opozarja, da gre pri kognitivnem dolgu za postopno kopičenje deficitov, ki dolgoročno ogrožajo temeljne spretnosti za uspešen študij.

Pedagoški pristopi z uporabo Gen-UI

Če sprejmemo previdno regulacijo kot smiselno pot naprej, se moramo vprašati, kako umetno inteligenco dejansko vključiti v učilnico na način, ki spodbuja učenje in ohranja pedagoške vrednote. Umetna inteligenca učiteljem prvič v zgodovini omogoča resničen prehod od enotnega, za vse enakega poučevanja k bolj dinamičnim in individualiziranim oblikam pedagoškega dela. Ta prehod pa ni samoumeven – zahteva premišljeno didaktično zasnovo, jasne cilje in kritično refleksijo o tem, kje umetna inteligenca resnično prinaša dodano vrednost in kje lahko celo ovira učenje.

V nadaljevanju podrobno analiziramo štiri ključne pedagoške pristope, kjer integracija umetne inteligence – ob ustrezni uporabi – prinaša največjo korist učenju: podporo pri učenju (ang. *scaffolding*), formativno spremljanje, individualizacijo ter igrifikacijo z virtualno resničnostjo (VR). Pri vsakem modelu ne izpostavljamo le priložnosti, temveč na podlagi najnovejših empiričnih raziskav osvetljujemo tudi didaktične izzive, etične dileme in pogoje, pod katerimi posamezen pristop deluje učinkovito.

Kot opozarja Silander (2025), zahteva uporaba umetne inteligence v izobraževanju zahteva, da njeni uporabniki razumejo, kaj umetna inteligenca je, kakšne napake lahko naredi in kakšne pristranskosti lahko vsebujejo njeni rezultati. Šele s tem razumevanjem lahko umetna inteligenca postane partner v učnem procesu, ne pa avtomatiziran nadomestek za pedagoško presojo. Pomembno je tudi poudariti, da ti pristopi temeljijo na načrtnem uvajanju, kjer učitelji obdržijo nadzor nad pedagoškim procesom in umetno inteligenco uporabljajo strateško, ne pa reaktivno kot odgovor na spontano rabo učencev.

Podpora pri učenju

Postopna podpora pri učenju (ang. *scaffolding*) je pedagoški pristop, ki temelji na Vigotskijevem konceptu območja bližnjega razvoja (Wood idr., 1976). To območje označuje prostor med tem, kar učenec zmore samostojno, in tem, kar lahko doseže s primerno podporo. Meta-analize potrjujejo, da postopna podpora pozitivno vpliva na samoregulacijske strategije učenja in akademsko uspešnost (Shao idr., 2023).

Generativno UI razumemo kot novega akterja pri nujenju učne podpore v sodobnih didaktičnih kontekstih. Omogoča prilagojeno, takojšnjo in široko dostopno pomoč brez stalne prisotnosti človeškega tutorja. Dinamično generira namige, vprašanja za refleksijo, delne rešitve ali prilagojena navodila na podlagi vnosa učečega. S tem prevzema tutorske funkcije: usmerja pozornost na bistvene vidike problema, razbija kompleksne naloge in preprečuje občutek neuspeha pri zahtevnejših korakih.

V praksi lahko generativna UI deluje kot »digitalni tutor« znotraj območja bližnjega razvoja, ki postopoma umika podporo (ang. *fading*), uvaja vse zahtevnejše izzive ali spodbuja razvoj metakognitivnih strategij. Tako UI ne razumemo več le kot generatorja končnih izdelkov, ampak kot orodje, ki podpira sam proces učenja. Vedno pa mora biti taka uporaba UI načrtno usmerjena. Kot opozarjata Wang in Fan (2025), lahko nenadzorovana raba UI vodi v pasivno zanašanje na tehnologijo, kjer učeči ne razvija lastnih kognitivnih strategij, temveč postane odvisen od zunanjih rešitev. Zato je pomembno, da učitelji eksplicitno poučujejo, kako uporabljati UI kot podporno orodje – kako zastavljati vprašanja, ki spodbujajo razmišljanje, kako preverjati in kritično vrednotiti prejete odgovore ter kako postopno zmanjševati podporo, ko se kompetence krepijo. Brez tega pedagoškega vodenja lahko UI namesto krepitve avtonomije vodi v njeno oslabitev.

Formativno spremljanje in povratne informacije

Formativno spremljanje je pristop k ocenjevanju med učnim procesom. Učitelj in učeči z digitalnimi orodji spremljata napredek pri učenju ter na podlagi zbranih podatkov prilagajata poučevanje in učenje. Ta pristop je teoretično utemeljen v delih Black in Wiliam (1998) ter Nicol in Macfarlane-Dick (2006), ki so pokazali, da osredotočenost na »ocenjevanje za učenje« (ang. *assessment for learning*) namesto »ocenjevanja učenja« (ang. *assessment of learning*) vodi do občutnega napredka; hkrati je formativno spremljanje neposredno povezano s spodbujanjem samoreguliranega učenja, pri čemer učeči se postopoma prevzema odgovornost za nadzor svojega napredka in samostojno uravnavanje svojega učenja.

Umetna inteligenca omogoča formativno spremljanje v obsegu, ki prej ni bil mogoč. Avtomatizirana povratna informacija v realnem času zmanjša časovno obremenitev učiteljev in hitreje prepozna težave v razumevanju (Hopfenbeck idr., 2023). Adaptivni algoritmi prilagodijo zahtevnost naslednjih nalog glede na prejšnje odgovore učečega se.

V praksi učeči se prejmejo avtomatizirane povratne informacije takoj po oddaji naloge. Orodja, kot sta Grammarly ali Turnitin, ponujata takojšnje analize pisanja, vključno s predlogi za izboljšanje slovnice, strukture argumentov in jasnosti izražanja. Platforme, kot sta Khan Academy ali Duolingo, prilagodijo težavnost naslednje naloge glede na uspešnost prejšnjih odgovorov. V Moodleu pa lahko študenti uporabljajo kvize z avtomatskimi povratnimi informacijami, kjer po napačnem odgovoru prejmejo usmeritev k relevantnim učnim gradivom. Taki procesi spodbujajo refleksijo in razvoj metakognitivnih spretnosti. Učeči primerjajo svoj dejanski napredek s cilji in ugotavljajo, na kaj se morajo še posebej osredotočiti. To krepí njihovo avtonomijo, saj niso le prejemniki povratnih informacij, ampak jih tudi aktivno interpretirajo in uporabljajo.

Ob tem obstajajo nekatere omejitve. Prvič, vloga učitelja ostaja ključna, a se spreminja. Učitelj lahko na podlagi analitike Moodla prepozna vzorce v učnih težavah in nato organizira ciljno usmerjene intervencije. Na primer, če analitika pokaže, da je skupina študentov večkrat napačno odgovorila na vprašanja o določeni temi, lahko učitelj pripravi dodatno razlago ali skupinske konzultacije. Učitelj mora znati interpretirati podatke UI in presoditi, ali je avtomatizirana povratna informacija za posameznega učečega se ustrezna in dovolj poglobljena. Drugič, UI-generirane povratne informacije so pri kompleksnih nalogah včasih površne ali napačne. ChatGPT lahko na primer ponudi splošne komentarje o eseju, vendar ne zazna vedno subtilnih napak v argumentaciji ali oceni izvirnosti razmišljanja.

Ob tem velja opozorilo, da je pri uporabi UI za spremljanje napredka treba paziti na zasebnost podatkov in zagotoviti, da algoritmi ne ustvarjajo pristranskosti pri ocenjevanju različnih skupin učečih se (npr. po spolu, maternem jeziku ali socialno-ekonomskem statusu).

Individualizacija učenja

Individualizacija učenja temelji na prilagoditvi učnega procesa specifičnim potrebam, interesom in učnim stilom vsakega učečega. S terminom »individualizacija učenja« opisujemo tisto, kar v tuji, predvsem angleško govoreči literaturi, označujejo s terminom »personalizacija učenja« ali »personalizirano učenje« (U.S. Department of Education, 2017, str. 9), v slovenski pedagoški stroki pa je uveljavljen termin individualizacija (Strmčnik, 2001, str. 378), ki že desetletja sistematično pokriva prilagajanje pouka posamezniku. Koncepta sta si zelo podobna, saj oba v središče postavljata učečega, upoštevata njegova močna področja, specifične potrebe in interese ter zagovarjata prilagodljivost učnih metod. Ključna razlika je v stopnji avtonomije: medtem ko se personalizacija v tujih virih pogosto (vendar ne izrecno) osredotoča na to, da učeči ali tehnologija usmerjata tempo učenja in izbirata pot do cilja, slovenski koncept individualizacije močneje poudarja strokovno vlogo učitelja, ki znotraj heterogene skupine s pomočjo učne diferenciacije načrtno uvaja različne didaktične pristope za boljše doseganje ciljev pouka. V našem besedilu zato uporabljamo izraz individualizacija, pri čemer predpostavljamo, da bo učitelj s pomočjo tehnologije proces učenja prilagajal posamezniku, in ne učeči sam.

Strmčnik je pred leti izpostavil, da je glavna »slabost« individualizacije njena zahtevnost, saj bo učitelj zelo težko individualiziral vse dele pouka vsakemu učenecu posebej (prav tam, 2001). Z generativno UI so ti procesi postali lažje dosegljivi. Učitelj ali učeči nista več vezana na linearne vsebine – UI lahko v sekundi ustvari prilagojene vaje, razlage na različnih nivojih in povratne informacije, specifične za napredek učečega. Kljub tem prednostim UI ni nevtralno orodje. Algoritmi, na

katerih temeljijo modeli Gen-UI, lahko pomembno vplivajo na to, katere vsebine sistem priporoča, kako predstavlja različne perspektive in katere podatke zbira o učečem, pri čemer tehnologija ni nevtralno »orodje«, temveč del širšega družbeno-tehnološkega procesa, ki tiho vnaša norme in interese v učne prakse ter lahko reproducira neenakosti (Vendramin, 2023; Yin idr., 2025).

V praksi lahko učeči uporabljajo UI za samopreverjanje znanja s prilagojenimi povratnimi informacijami, ki jasno pojasnijo razloge za napake, namesto da le navedejo rezultate. Primer takšnega pristopa je Khan Academy Khanmigo, ki deluje kot UI tutor in vodi učečega skozi kompleksne koncepte brez neposrednega podajanja odgovorov, s čimer spodbuja kritično razmišljanje in postopno razumevanje. Podobno v matematiki platforme, kot je Carnegie Learning MATHia, identificirajo specifična napačna razumevanja in na tej podlagi generirajo ciljno usmerjene vaje. Tudi Quizlet Q-Chat uporablja UI za ustvarjanje kvizov, razlag in povratnih informacij v realnem času, medtem ko Duolingo Max za jezikovno učenje prilagodi pogovorne vaje glede na raven uporabnika in tako pomaga razvijati samozavest pri govorjenju jezika, ki se ga učimo. Pri vseh teh primerih je pomembno, da UI ostane del učnega procesa in ne postane njegovo nadomestilo. Aktivna vloga učečega in učiteljevo vodenje še vedno ostajata osrednji del izobraževanja.

Brez učiteljevega vodenja se lahko individualizacija hitro spremeni v dostavo povzetkov in odgovorov, ki učečemu predvsem olajšajo delo, kar pa oslabi razvoj kritičnega mišljenja in samoregulacije (OECD, 2026). Posebno tveganje predstavlja tako imenovani mehurček algoritmov (ang. *filter bubble*), kjer UI sistemi prilagajajo vsebine izključno na podlagi preteklih preferenc učečega in njegove uspešnosti. Na ta način sistem postopoma zoži spekter gradiv, perspektiv in izzivov na ozek pas, ki ustreza obstoječemu znanju učečega, rezultat pa je, da se učeči znajde v »coni udobja«, kjer se srečuje le s tistimi vsebinami, kihar že razume ali so mu všeč, namesto da bi razširil obzorja in se soočil z intelektualnimi izzivi.

Ob tem velja opozoriti tudi na možno pristranost UI sistemov pri določenih temah. UI sistemi, kot je ChatGPT, so pogosto trenirani na pristranskih podatkovnih bazah, kar pomeni, da lahko personalizirana vsebina nenamerno poenostavi različnost perspektiv ali spregleda izkušnje specifičnih skupin. Al-Zahrani (2024) v obsežni študiji potrjuje, da lahko pristranskost algoritmov sistematično prikrajša učeče iz marginaliziranih skupnosti, medtem ko ohranja obstoječe družbene neenakosti v izobraževalnih priložnostih.

Z vidika kognitivnega razvoja opozarjamo še na dodatno previdnost. Nedavne študije kažejo, da lahko pretirano zanašanje na orodja UI zmanjša kognitivno angažiranost in negativno vpliva na razvoj kritičnega mišljenja ter reševanja problemov (Jose idr., 2025). Omenimo še raziskavo Univerze v Pensilvaniji, kjer so

srednješolci, ki so za vajo uporabljali ChatGPT, dosegli 17 % slabše rezultate na preizkusih razumevanja v primerjavi s tistimi, ki tehnologije niso uporabljali. To nakazuje, da UI sicer krepi proceduralne spretnosti, ne spodbuja pa nujno globljega učenja (Jose idr., 2025).

Navedena tveganja poudarjajo, da tehnologija sama po sebi ne more nadomestiti učitelja. V obdobju, ko se generativna UI vse hitreje vključuje v učne procese, postaja vloga učitelja še bolj kritična: ne kot tehnični izvajalec, temveč kot strokovnjak za vodenje pedagoškega procesa prepozna, kdaj tehnologija podpira učenje in kdaj ga omejuje. UNESCO (2024) v svojem okviru kompetenc za učitelje izrecno opozarja, da mora UI »povečati, ne nadomestiti« vlogo učitelja, pri čemer poudarja pomen učiteljeve aktivne vloge pri oblikovanju in nadzoru uporabe tehnologije v razredu.

Igrifikacija in VR

Ta premik k bolj prilagojenim učnim izkušnjam se naravno povezuje z razvojem drugih inovativnih pristopov, kjer UI deluje kot gonilna sila za ustvarjanje bolj spodbudnega in interaktivnega učnega okolja. Eden najprepoznavnejših primerov takšne preobrazbe je igrifikacija, kjer UI deluje kot gonilo, ki povezuje elemente igre s strukturiranim učenjem. Orodja, kot je Kahoot!, z integrirano umetno inteligenco omogočajo sprotno prilagajanje vsebin posameznemu učencu, kar dokazano povečuje motivacijo in spodbuja aktivno sodelovanje. Koivisto in Hamari (2019) navajata, da lahko z umetno inteligenco podprte izobraževalne igre izboljšajo razumevanje kompleksnih konceptov za približno četrtno, če pa z igro pretiravamo, lahko po ugotovitvah OECD pride do prevelikega poudarka na tekmovalnosti namesto na globljem razumevanju snovi (Paniagua in Instance, 2018).

Na podoben transformativni način umetna inteligenca krepi projektno učenje. Kadar je UI vključena v različne faze projektnega dela, spodbuja višje miselne procese, razvija kritično razmišljanje in daje učencem jasen občutek napredka. Zheng idr. (2024) so na kitajskem vzorcu osmošolcev pokazali, da generativna UI krepi samoučinkovitost in razumevanje zahtevnejših pojmov, medtem ko raziskave virtualnih projektnih skupin, npr. ta, ki jo je opravil Darban (2023) potrjujejo, da UI izboljšuje učne dosežke in kakovost sodelovanja na daljavo. Kong in sodelavci (2024) so ugotovili, da projektno učenje, podprto z UI, v zdravstveni negi omogoča individualizirano podporo študentom, krepi prilagajanje študijskim zahtevam ter spodbuja osebni in strokovni razvoj.

Še večje možnosti se odpirajo pri povezovanju UI z virtualno (VR) in obogateno resničnostjo (AR). Ti pristopi ustvarjajo potopitvena, realistično zasnovana učna okolja, ki presegajo omejitve klasičnega razreda. Z umetno inteligenco podprti avatarji in virtualni pomočniki pomagajo pri spopadanju z izzivi, kot je

asocialno vedenje učečih, ter vzpostavljajo bolj vključujoče učne prostore (Mohamed, 2024). V strokovnem izobraževanju, npr. na področju trajnostne arhitekture, sinergija UI in VR izboljšuje tako proces načrtovanja kot učne rezultate: UI omogoča natančnejše oblikovanje projektov, VR pa krepi razumevanje in razvija digitalne spretnosti (Cao idr., 2024).

Zaključek

Poglavje obravnava generativno umetno inteligenco v izobraževanju kot pedagoški in organizacijski izziv, ne le kot tehnološki problem. Osrednja ugotovitev je sprememba načina vstopa: namesto načrtnega uvajanja orodja, kot sta ChatGPT in Claude, spontano prihajajo v učilnice, kar učitelje sili v odzivno vlogo. Sinteza empiričnih dokazov razkriva dvojno naravo te tehnologije. Pozitivni učinki so dokumentirani: z ustreznim usmerjanjem učeči pišejo boljše eseje, hitreje predelajo snov in razvijajo metakognitivne spretnosti. Orodja omogočajo individualizirano povratno informacijo in predstavljajo infrastrukturno nezahtevno obliko podpore. Tveganja pa so prav tako realna: študenti zaupajo napačnim odgovorom, zmanjšujejo miselni napor (kognitivna razbremenitev) in prevzemajo besedila brez kritične presoje. To ogroža akademsko integriteto in slabi socialno vlogo učenja. Ključno opozorilo presega običajne razprave o akademski poštenosti. Ko učeči prenašajo mišljenje na tehnologijo, ne zavajajo le pri ocenjevanju – spreminjajo lastne kognitivne procese. Nenadzorovana raba lahko trajno vpliva na gradnjo razumevanja in razvoj analitičnih spretnosti.

Poglavje zato premika fokus z vprašanja »ali uporabljati UI« na vprašanje »kako in pod katerimi pogoji«. Cilj je jasen: UI naj podpira učenje, ne pa ga nadoમેšča. To zahteva pogoje, ki spodbujajo aktivno učenje z močno metakognitivno komponento in socialnim kontekstom – kjer učeči reflektirajo lastne procese in se učijo v dialogu z drugimi osebami, ne le z algoritmi.

Literatura

- Al-Zahrani, A. M. (2024). Unveiling the shadows: Beyond the hype of AI in education. *Heliyon*, 10(9), e30696. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30696>
- Black, P. in Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>

- Cao, Y., Gao, X., Yin, H., Yu, K. in Zhou, D. (2024). Reimagining Tradition: A Comparative Study of Artificial Intelligence and Virtual Reality in Sustainable Architecture Education. *Sustainability*, 16(24), 11135. <https://doi.org/10.3390/su162411135>
- Darban, M. (2023). The future of virtual team learning: navigating the intersection of AI and education. *Journal of Research on Technology in Education*, 57(3), 659–675. <https://doi.org/10.1080/15391523.2023.2288912>
- Dong, L., Tang, X. in Wang, X. (2025). Examining the effect of artificial intelligence in relation to students' academic achievement: A meta-analysis. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100400. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100400>
- Holmes, W. in Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, 57(4), 542–570. <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>
- Hopfenbeck, T. N., Zhang, Z., Sun, S. Z., Robertson, P. in McGrane, J. A. (2023). Challenges and opportunities for classroom-based formative assessment and AI: A perspective article. *Frontiers in Education*, 8: 1270700. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1270700>
- Jose, B., Cherian, J., Verghis, A. M., Varghise, S. M., S, M. in Joseph, S. (2025). The cognitive paradox of AI in education: Between enhancement and erosion. *Frontiers in Psychology*, 16, Article 1550621. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1550621>
- Kivinen, K. (2025). *AI guide for teachers*. Faktabaari. <https://www.oph.fi/en/statistics-and-publications/publications/ai-guide-teachers>
- Koivisto, J. in Hamari, J. (2019). The rise of motivational information systems: A review of gamification research. *International Journal of Information Management*, 45, 191–210. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.013>
- Kong, W., Ning, Y., Ma, T., Song, F., Yang, C., Li, X., Guo, Y., Liu, H., Shi, J. in Liu, L. (2024). Experience of undergraduate nursing students participating in artificial intelligence + project task driven learning at different stages: a qualitative study. *BMC Nursing*, 23, 314. <https://doi.org/10.1186/s12912-024-01982-1>
- Kosmyna, N., Hauptmann, E., Yuan, Y. T., Situ, J., Liao, X.-H., Beresnitzky, A. V., Braunstein, I. in Maes, P. (2025). Your Brain on ChatGPT: Accumulation of Cognitive Debt when Using an AI Assistant for Essay Writing Task (No. arXiv:2506.08872). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.08872>
- Mohamed, A. A. (2024). Exploring the Role of AI and VR in Addressing Antisocial Behavior among Students: A Promising Approach for Educational Enhancement. *IEEE Access*, 12, 133908–133922. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3433531>

- Nicol, D. J. in Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199–218. <https://doi.org/10.1080/03075070600572090>
- OECD (2026). *OECD Digital Education Outlook 2026: Exploring Effective Uses of Generative AI in Education*. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/062a7394-en>
- Paniagua, A. in Istace, D. (2018). *Teachers as Designers of Learning Environments: The Importance of Innovative Pedagogies*. Educational Research and Innovation, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264085374-en>
- Ramaswami, G., Susnjak, T. in Mathrani, A. (2023). Effectiveness of a Learning Analytics Dashboard for Increasing Student Engagement Levels. *Journal of Learning Analytics*, 10(3), 115–134. <https://doi.org/10.18608/jla.2023.7935>
- Reich, J. in Dukes, J. (2024). *Toward a New Theory of Arrival Technologies*. EdArXiv. <https://doi.org/10.35542/osf.io/x6vn7>
- Silander, P. (2025). Artificial intelligence as an epistemic change in education. V K. Kivinen (Ur.), *AI Guide for Teachers* (str. 10–12). Faktabaari EDU. <https://www.oph.fi/en/statistics-and-publications/publications/ai-guide-teachers>
- Shao, J., Chen, Y., Wei, X., Li, X., in Li, Y. (2023). Effects of regulated learning scaffolding on regulation strategies and academic performance: A meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1110086>
- Strmčnik, F. (2001). *Didaktika: Osrednje teoretične teme*. Znanstveni inštitut Filozofske fakultete.
- UNESCO (2024). *AI competency framework for teachers*. <https://doi.org/10.54675/ZJTE2084>
- U.S. Department of Education. (2017). *Reimagining the role of technology in education: 2017 National Education Technology Plan*. Office of Educational Technology. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED577592.pdf>
- Vendramin, V. (2023). Edukacijska tehnologija, digitalne neenakosti in prikriti kurikulum. V A. Mlekuž in I. Ž. Žagar (Ur.), *Raziskovanje v vzgoji in izobraževanju digitalizacija vzgoje in izobraževanja—Priložnosti in pasti* (str. 19–27). Pedagoški inštitut. <https://www.pei.si/ISBN/978-961-270-351-6.pdf>
- 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), 621. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04787-y>
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The Role of Tutoring in Problem Solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>

- Yin, Z., Chinta, S. V., Wang, Z., Gonzalez, M. in Zhang, W. (2025). *FairAIED: Navigating Fairness, Bias, and Ethics in Educational AI Applications* (No. arXiv:2407.18745). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.18745>
- Zheng, R., Huifen, X., Wang, M. in Lu, J. (2024). The Impact of Artificial General Intelligence-assisted Project-Based Learning on Students' Higher Order Thinking and Self-efficacy. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 2153–2160. <https://doi.org/10.1109/tlt.2024.3488086>