

Umjetna inteligencija u školskom obrazovanju

Boško Lišnić

Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Splitu, Hrvatska

Doktorski studij

Istraživanje u edukaciji u području prirodnih i tehničkih znanosti – usmerenje Informatika

blisnic@pmfst.hr

Sažetak—Unatoč svakodnevnom korištenju umjetne inteligencije, mnogim dionicima obrazovnog sustava ona je i dalje apstraktna. Postoje razni pedagoški pristupi, nastavne aktivnosti i korišteni alati koji učenicima približavaju razumijevanje umjetne inteligencije te im povećavaju pismenost o njoj. Umjetna inteligencija utječe i na društvo u cjelini, stoga njena etička komponenta ima poseban značaj. Prodiranjem umjetne inteligencije u obrazovanje, postavljaju se pitanja: „Kako učinkovito i ispravno koristiti umjetnu inteligenciju u nastavi?“ te „Kako učenike učiniti pismenima o umjetnoj inteligenciji?“ U ovom radu pružen je pregled postojeće literature o primjeni umjetne inteligencije u osnovnom i srednjoškolskom obrazovanju.

Ključne riječi—umjetna inteligencija, UI pismenost, školstvo

I. UVOD

Umjetna inteligencija je svuda oko nas. U mnogim sferama života uvelike nam je olakšala obavljanje raznih poslova. U današnje digitalno doba, kada se u školama svakodnevno koristi tehnologija, ne treba čuditi niti ulazak umjetne inteligencije u nastavu. U neformalnoj nastavi učenici uz vlastite digitalne uređaje mogu iskoristiti sustave umjetne inteligencije kako bi olakšali nastavni proces. Sve češće i u formalnom obrazovanju učitelji uvode umjetnu inteligenciju ne samo u informatičke predmete, već i u ostale discipline na koje umjetna inteligencija može utjecati. Unatoč tome što je umjetna inteligencija sama po sebi interdisciplinarno područje, mnogi učenici pa i učitelji vjeruju da samo programeri i informatičari rade s umjetnom inteligencijom. Takav način razmišljanja sprječava ih da prepoznaju interdisciplinarnu prirodu umjetne inteligencije ili vlastitu sposobnost interakcije s alatima umjetne inteligencije izvan konteksta računalnih znanosti.

Umjetna inteligencija, osim tehničkog, posjeduje i socijalni aspekt s obzirom na to da njena primjena itekako utječe na društvo u cjelini. Iako su pozitivni aspekti mnogo veći od onih negativnih, učenike treba osvijestiti u ranoj dobi kako pravilno koristiti sustave umjetne inteligenciju te kako se kritički odnositi prema njima. S ciljem promicanja pozitivnih učinaka umjetne inteligencije u ljudskoj svakodnevnicima, popularizacija obrazovanja o umjetnoj inteligenciji postaje sve važniji faktor. Mnogi se učitelji bore kako bi održali korak s tehnološkim napretkom u pedagoškom smislu, što može rezultirati nedostatkom samopouzdanja kod podučavanja takvih tema, a samim time i potrebom za razvojem specifičnog plana i programa s aktivnostima i materijalima. Učitelji kroz razna stručna usavršavanja preuzimaju perspektivu učenika jer, kako bi mogli djelovati kao multiplikatori znanja, prvo moraju sami razviti odgovarajuće kompetencije. U pozitivne aspekte primjene umjetne inteligencije mogu se svrstati smanjeni mehanički rad učitelja kod ponavljajućih radnji, čime učiteljima ostaje više vremena za pripremu i radnu

učinkovitost. Također, primjenom umjetne inteligencije u različitim sustavima učenicima se može nastava personalizirati i pružiti momentalna povratna informacija te evaluacija. Stoga se obrazovni učinak može višestruko povećati korištenjem umjetne inteligencije u procesima učenja i podučavanja. Već sada umjetnu inteligenciju možemo smatrati motorom revolucionarnih promjena u području obrazovanja. Napretkom umjetne inteligencije, obrazovanje može iznimno profitirati, a na kreatorima sadržaja je upoznavanje i usmjeravanje učenika pravilnim korištenjem umjetne inteligencije. Takav proces učenja i upoznavanje s raznim konceptima umjetne inteligencije u radu je predstavljen kao pismenost umjetne inteligencije (UI pismenost, engl. *AI literacy*) s naglaskom na osnovnoškolsko i srednjoškolsko obrazovanje. U radu će se govoriti općenito o definiciji UI pismenosti kao i konceptima koji ju čine. Opisat će se vrste učenja koje se koriste prilikom učenja umjetne inteligencije, kao i aktivnosti uz korištene tehnologije. Na kraju će se obraditi važna tema etike u umjetnoj inteligenciji.

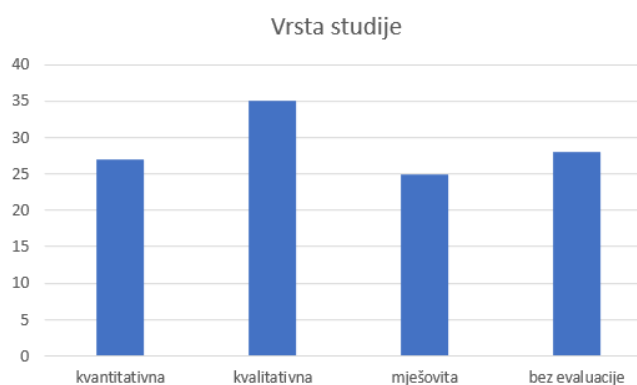
II. METODOLOGIJA PRETRAŽIVANJA RADOVA

U potrazi za literaturom o poučavanju umjetne inteligencije na razini osnovne i srednje škole, u ovaj rad uključeni su recenzirani znanstveni članci i konferencijski radovi. Poučavanje umjetne inteligencije na razini osnovne i srednje škole danas je poznato pod pojmom UI pismenost. S obzirom na to da je UI pismenost relativno noviji pojam, u pregledu su obuhvaćeni svi radovi objavljeni do lipnja 2023. Pretraga je uključila različite svjetske baze podataka i znanstvene tražilice: Web of Science, Scopus, ACM, IEEE Xplore, ProQuest, ScienceDirect, Springer, Locate i DBLP. Prethodno navedene baze podataka smatrane su među najpouzdanijim svjetskim platformama. Preuzeti su i pregledani članci koji su sadržavali frazu "*AI literacy*" u naslovu, sažetku, glavnom tekstu ili ključnim riječima.

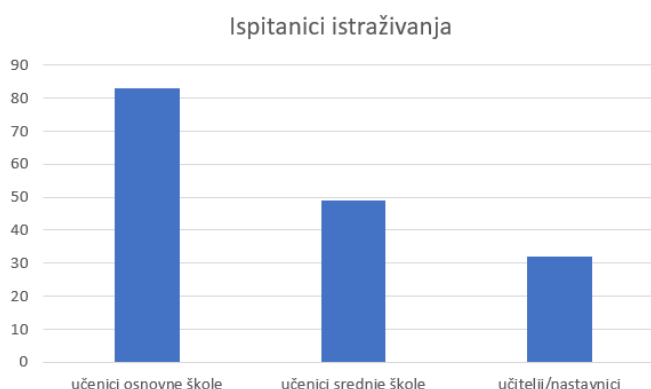
Pretraga je, nakon isključivanja irelevantnih studija rezultirala s 513 članaka. U obzir su uzeti samo radovi napisani na engleskom jeziku. Potom je proveden postupak odbacivanja duplih radova, korištenjem programa Zotero, nakon čega su ostala 223 rada. Na temelju pročitanih sažetaka, a potom i cijelih radova, odbačeni su radovi koji se nisu odnosili na osnovnoškolsko ili srednjoškolsko obrazovanje te su preostala 94 rada. Potom su pregledane njihove reference. Na taj način je pronađen još 21 jedinstveni rad prikladan za uključivanje te je ukupno 115 radova uzeto u obzir. Na slici 1 prikazan je broj radova prema godini objave, na slici 2 broj radova prema vrsti studije, dok je na slici 3 broj radova na koga se odnosi istraživanje, s tim da se jedan rad može odnositi na više skupina ispitanika.



Slika 1 Broj radova prema godini objave



Slika 2 Broj radova prema vrsti evaluacije



Slika 3 Broj radova prema skupini ispitanika

III. UI PISMENOST

Mnogi se ljudi susreću s umjetnom inteligencijom, a da toga nisu svjesni ili ne razumiju kako tehnologija funkcionira [1]. Pismenost umjetne inteligencije postaje sve važnija u svijetu u kojem ono što vidimo, čujemo i učimo često diktiraju algoritmi [2], osobito u doba glasovne UI tehnologije koja se sve više koristi u kućanstvu kao što su Amazon Alexa, Google Home, Siri i slični uređaji [3]. Studije o pismenosti umjetne inteligencije postale su 'vruća tema' u polju učenja o digitalnoj pismenosti [4]. U literaturi postoje razne definicije i koncepti pismenosti umjetne inteligencije. Prema [5], odnosi se na posjedovanje osnova kako umjetna inteligencija radi i kako je koristiti. Kako sustavi umjetne inteligencije rade, koje se metode primjenjuju, koja ograničenja imaju te ih kritički procijeniti, evaluirati rezultate i dalje ih obrađivati, sve to objedinjuje pojam UI pismenost [6]. Prema pronađenoj literaturi, W. Hill je u svom radu [7] 1989. godine prvi spomenuo UI

pismenost u kontekstu da ako postoji računalna pismenost onda postoji i nešto poput UI pismenosti. Nakon toga, sljedeće spominjanje pojma UI pismenosti u suvremenoj literaturi je od strane Kandlhofera i suradnika [8], prema kojima UI pismenost, baš kao i klasična pismenost koja omogućuje ljudima da čitaju i razumiju novi tekst umjesto da tekst uče napamet, omogućuje ljudima da razumiju tehnike i koncepte iza UI proizvoda i usluga umjesto da samo uče kako koristiti određene tehnologije ili trenutne aplikacije. Slično čitanju i matematici [9], potrebna je UI pismenost, kako bi ljudima omogućila da bolje procijene potencijalne prilike i moguće rizike nadolazećih tehnologija [10]. Stoga pismenost umjetne inteligencije postaje preduvjet za potpuno sudjelovanje u današnjem društvu [11]. UI pismeni građanin bi trebao posjedovati sposobnosti korištenja umjetne inteligencije za dobrobit čovječanstva [12]. Posjedovanje znanja o načelima i konceptima koji stoje iza ovih tehnologija pomaže ljudima da donesu dobro informirane odluke i da se pravilno nose s problemima kao što su, na primjer, lažne vijesti ili mikrociljanje [13], razumijevanje na koga će sustav utjecati te kako, zašto i treba li uopće izgraditi sustav umjetne inteligencije [14].

Pismenost umjetne inteligencije široko je prepoznata kao novi skup kompetencija pomoću kojih ljudi učinkovito i etički koriste UI u svakodnevnom životu [15]. Prema Wongu i suradnicima [16] tri dimenzije za UI pismenost su: UI koncepti, UI aplikacije, UI etika/sigurnost, a prema Long i Magerku [17] uključene su: prednosti i slabosti umjetne inteligencije, kritičko tumačenje podataka i etika.

Organizacije Ujedinjenih naroda poput UNICEF-a [18], [19] i UNESCO-a su razvile smjernice za politiku umjetne inteligencije. Tako UNICEF opisuje sposobnost bavljenja umjetnom inteligencijom kao vještog korisnika, ali također može obuhvatiti znanje o tome kako razviti umjetnu inteligenciju, razumijevanje pristranosti podataka, etiku umjetne inteligencije i prava korisnika [20]. UNESCO se poziva na pojavu nove vrste UI pismenosti potrebne za učinkovitu suradnju čovjeka i stroja, ali izražava i zabrinutost da bi ta nova pismenost mogla zamijeniti temeljne vještine kao što su pismenost i računanje [20]. Kako navodi Elliot [21] programi opismenjavanja umjetne inteligencije nadmašili su 30 % radnika u razvijenim zemljama 2016., a do 2026. taj će broj biti 60 %.

Opismenjavanje o umjetnoj inteligenciji ne odnosi se samo na studente diplomskih studija računarstva, kao što je to nekoć bio slučaj, već i na učenike osnovnih i srednjih škola s različitim stupnjevima stručnosti u umjetnoj inteligenciji, strojnom jeziku i računalnom programiranju [22]. Jedan od ključnih aspekata pismenosti UI-a za učenike osnovnih i srednjih škola je razumijevanje osnova rada UI-a i njegovih potencijalnih primjena [23]. Zajednički cilj u različitim okvirima pismenosti o umjetnoj inteligenciji pomaže djeci da formiraju točne predodžbe o umjetnoj inteligenciji [24]. Kim i suradnici [12] su definirali tri komponente koje su neophodne za postizanje UI pismenosti, posebno u osnovnoškolskom i srednjoškolskom obrazovnom kontekstu, a to su: UI znanje, UI vještina i UI stav [25]. Kako bi se razvila UI pismenost također je ključno upoznati djecu s osnovnim konceptima UI-a što je ranije moguće i dopustiti djeci da otkriju vezu između UI aplikacija i temeljnih koncepata [8]. UI pismenost čini učenike voljnijim i sposobnijim za uključivanje u nove tehnologije i smanjuje strah od svijeta koji pokreće UI [26]. Širi fokus obrazovanja

o umjetnoj inteligenciji također zahtijeva sveobuhvatniju pokrivenost znanjem [27]. Long i Magerko sugeriraju potrebu za razvojem znanja učenika za općenitiju, netehničku pismenost o umjetnoj inteligenciji [17]. Obrazovni resursi povezani s UI pismošću u školama najčešće su usmjereni na tehničke vještine. Međutim, izazovi takvog obrazovanja također su etički i društveni te zahtijevaju interdisciplinarni i kritički pristup [28]. Uspješno uvođenje UI pismenosti različitim učenicima zahtijeva da UI i njegovi koncepti budu relevantni i povezani korištenjem pedagogije koja odgovara kulturi, a na taj način povezujemo UI pismenost i UI tehnologije te alate uvedene s kulturama i svakodnevnim životom učenika, što ih zauzvrat uključuje i promiče njihove interese u učenju o području UI [29]. Paek i Kim [30] smatraju kako se obrazovanje o pismenosti o umjetnoj inteligenciji sastoji od metoda za korištenje UI uređaja i usluga, UI etike, slučajeva konvergencije UI u stvarnom životu i osnovnog blok-kodiranja. Učenici s UI vještinama, kao što su upravljanje podacima i informacijama, rješavanje problema i apstraktno razmišljanje, moći će kritički procijeniti postojeće sustave i postati sudionici u razvoju novijih [31].

Obrazovanje o umjetnoj inteligenciji je u povojima i rani nalazi o pismenosti umjetne inteligencije tek počinju bacati svjetlo na to kako učenici stječu razumijevanje koncepata i procesa umjetne inteligencije i sposobnost uključivanja procesa umjetne inteligencije u njih vlastite aplikacije [32]. Istraživanje trenutnog razumijevanja djece o tehnologiji podržanoj umjetnom inteligencijom ima obrazovne implikacije; takvi će nalazi omogućiti edukatorima da razviju odgovarajuće materijale za rješavanje hitne potrebe za UI pismošću [33]. Više fizičkih korištenja i aktivnosti učenja koje koriste pametne igračke i agente koji se mogu koristiti i kod kuće bi omogućile djeci da razviju UI pismenost koja im je toliko potrebna dok odrastaju uz ove tehnologije [34]. Poboľšanjem UI pismenosti učenika, jačanjem njihovog samopouzdanja, postojanjem jasnog cilja za društvenu dobrobit, zauzvrat će olakšati njihovu namjeru da uče i koriste UI [35].

Istraživači i razvijajući nastavnih planova i programa nedavno su počeli stvarati prilike za učenje kako bi riješili nedostatke znanja djece u pismenosti UI [36]. Istraživanje primjene UI pismenosti u obrazovanju izazovno je budući da su mehanizmi i mogućnosti UI nepoznati većini ljudi izvan informatike [37], a danas istraživači proučavaju kako najbolje poučavati učenike konceptima pismenosti umjetne inteligencije, uključujući one u predškolskoj dobi [38]. UI pismenost, čak i više od općih informatičkih kompetencija, zahtijeva istraživanje temeljeno na dokazima kako bi se učinkovito integriralo u naše škole [39]. Prema [40], UI pismenost učenika osnovnih i srednjih škola uglavnom uključuje sljedeće aspekte: inovativni dizajn i računalno razmišljanje, tehničku svijest i inženjersko razmišljanje te pametnu društvenu odgovornost.

Osim razvoja UI pismenosti kod učenika, postoji potreba za profesionalnim razvojem učitelja, koji ne samo da pomaže učiteljima da razviju vlastitu pismenost o umjetnoj inteligenciji, već ih i priprema da nastavne planove i programe umjetne inteligencije učine pristupačnim i inkluzivnim za svoje učenike u različitim područjima sadržaja [41]. Uz potrebu za razvojem pismenosti učenika o umjetnoj inteligenciji, važno je nadahnuti i prihvatiti učitelje da sudjeluju u stvaranju nastavnih intervencija koje

pregovaraju o pitanjima umjetne inteligencije [42]. Učitelji s višom UI pismošću mogu bolje prepoznati i procijeniti UI alate, generirajući veću kreativnu samoučinkovitost i kreativnu namjeru, što vodi učitelje ka postizanju bolje UI kreativne izvedbe u nastavi [43]. Uostalom, jedan dio postizanja UI pismenosti je stvaranje tehnoloških resursa za olakšavanje učenja i podučavanja [44].

Paralelno s potrebom da se kod učenika izgradi UI pismenost, širenje sudjelovanja u umjetnoj inteligenciji od iznimne je važnosti kako bi se osiguralo da su dizajn i upotreba tehnologija umjetne inteligencije uključivi i da ne jačaju nejednakosti temeljene na demografskim varijablama te da bi se riješila povijesna podzastupljenost obojenih ljudi i žena u umjetnoj inteligenciji [45]. Nadahnuta Bloomovom taksonomijom, pismenost umjetne inteligencije konceptualizirana je kroz kognitivne razine u spektru istraživanja učenja umjetne inteligencije s četiri perspektive: znanje i razumijevanje, upotreba i primjena, stvaranje i procjena te etička pitanja [46]. Olari i Romeike [47] predlažu pristupe za promicanje UI pismenosti koji uključuju podučavanje o nekoliko vještina povezanih s podacima, kao što je pripremanje skupova podataka, obuka modela s podacima i prepoznavanje zlouporabe podataka.

Jedan od načina pružanja autentičnih i zanimljivih iskustava učenja umjetne inteligencije su ljetni kampovi, za koje se pokazalo da pomažu srednjoškolcima da razviju pismenost o umjetnoj inteligenciji [48]. Postoje razne inicijative za promicanje UI pismenosti, a jedna od njih je i inicijativa AI4K12, s glavnim ciljem organiziranja znanja koje bi svako dijete trebalo imati o UI [49]. Radna skupina inicijative AI4K12 u svojoj prvoj godini je objavila popis od pet velikih ideja (percepcija, predstavljanje i rezoniranje, učenje, prirodna interakcija, društveni utjecaj) u umjetnoj inteligenciji koje služe kao organizacijski okvir za smjernice, a svaka velika ideja raspakirana je u skup koncepata i podkoncepta koji se dalje proširuju za svaki razred [50]. Uključivanje UI pismenosti i UI razmišljanja u školski kurikulum su u ranoj fazi usvajanja u raznim zemljama [51]. Također, nastavni plan i program za umjetnu inteligenciju predstavlja primjer za razvoj vladinih smjernica za obrazovanje o umjetnoj inteligenciji i promiče učenike da budu pismeni o umjetnoj inteligenciji za svoju budućnost [52]. UI pismenost se može razvijati kroz razna polja. Tako su STEM obrazovanje i UI komplementarni; učenici mogu koristiti STEM obrazovanje za razvoj UI pismenosti, a UI mora igrati ulogu u učenju STEM znanja na zanimljiv način [53]. Uostalom, svakom građaninu treba omogućiti obuku o umjetnoj inteligenciji kako bi se njegovala pismenost o umjetnoj inteligenciji [54]. Primjerice, cilj projekta EmpAI je poticanje UI pismenosti kod publike bez tehničkih predznanja kroz program obuke usmjeren na poboljšanje osnovne sposobnosti koje, zauzvrat, mogu poboljšati učenje koncepata UI [55].

U nastavku su detaljnije opisane komponente za razvoj UI pismenosti: vrste učenja, aktivnosti i korištene tehnologije te etika u korištenju umjetne inteligencije.

IV. VRSTE UČENJA

Tijekom obrazovnog procesa, učitelji koriste razne vrste učenja kako bi učenici što uspješnije usvojili ishode vezane za umjetnu inteligenciju. Najčešće korišteni pristupi učenju su konstruktivizam i konstrukcionizam. Piagetova konstruktivistička teorija [56] pokazuje da se povećanje

znanja gradi iz interakcije pojedinca s fizičkim okruženjem. Konstruktivistička teorija tvrdi da, kako bi učenje bilo ispunjavajuće, proces učenja treba biti usmjeren na učenika i treba postojati društvena interakcija među vršnjacima koji sudjeluju u izgradnji znanja [57]. Mnogi autori ([5], [8], [58]–[62]) su navodili ovakav pristup gdje su učenici bili aktivno uključeni u proces učenja. Tako primjerice Build-a-Bot [5] implementira ove metodologije u svoj dizajn: učenici uče proučavanjem i modificiranjem složenog jezičnog sustava, umjesto da ih se izravno podučava o načelima umjetne inteligencije.

Papertov konstrukcionizam [63] dodao je Piagetovoj teoriji ideju da se konstrukcija znanja odvija učinkovitije kada se učenik svjesno uključi u konstrukciju nečeg opipljivog. Papert je računalo doživljavao kao alat koji može proširiti mogućnosti stvaranja, a time i učenja. Ideja je da računalo omogućuje razvoj projekata s višim stupnjem složenosti od onih koje bi dijete bilo u stanju izgraditi koristeći se samo fizičkim svijetom [63]. Kao rezultat toga, razumijevanje procesa umjetne inteligencije može se razviti iz promatranja ponašanja predstavljenih sustavima koje su sami učenici razvili. Primjenu konstrukcionizma nalazimo u raznoj literaturi za razvoj UI pismenosti ([8], [13], [29], [34], [62], [64]–[68]). Konstrukcionizam se obično naziva učenje po dizajnu, primjenjuje se na sve domene i sugerira da učenici najbolje uče kada stvaraju i koriste vanjske reprezentacije za modeliranje i rasuđivanje [69].

U pedagogiji orijentiranoj na dizajn ([58], [65], [70]–[74]), učenici se vode do razumijevanja dijeljenjem različitih zadataka koji su uključeni u osmišljavanje i stvaranje autentičnih artefakata [58]. Pedagogija orijentirana na dizajn temelji se na tri komponente: participativno učenje, tehnološka infrastruktura i zajednički razvoj kao snažna društvena inovacija koja naglašava pedagoška načela [71]. U kombinaciji s konstrukcionizmom, pedagogija orijentirana na dizajn naglašava zadatke učenja otvorenog tipa iz stvarnog života [75]. Takvi zadaci nemaju jedinstveno rješenje ili "točan" odgovor; umjesto toga, oni učenicima pružaju priliku da generiraju različite vrste rješenja za probleme koje sami učenici smatraju smislenim [76]. Jordan i suradnici kombiniraju i kreativno učenje s naglaskom na projekte, kolege, strast i igru [66].

Učenje temeljeno na projektu (*Project-based learning*, PBL) aktivan je oblik podučavanja usmjeren na učenika koji karakteriziraju autonomija učenika, konstruktivna istraživanja, postavljanje ciljeva, suradnja, komunikacija i refleksija unutar praksi stvarnog svijeta [77]. Često je praćeno i korištenjem tehnologije. U literaturi su pronađeni brojni radovi kojima se učenje umjetne inteligencije temelji na takvom tipu učenja ([1]–[3], [12], [23], [37], [40], [49], [66], [78]–[83]).

Osim na projektu, sve korištenije je i učenje temeljeno na igri (*Game-based learning*) [22], [40], [60], [60], [79], [84], [85]. Učenje temeljeno na igri omogućuje učenicima da se uključe u obrazovni proces na dinamičan i razigran način. Ono ne uključuje samo stvaranje igara za učeničku zabavu, nego osmišljava aktivnosti učenja koje postupno uvode koncepte i vode korisnika prema krajnjem ishodu učenja [86].

Učenje kroz igru, a posebice projektno učenje, često uključuju i suradničko učenje (*Collaborative learning*) [11], [72], [74], [87]–[89]. Učenici kroz zajednički rad, u paru ili

grupama, otkrivaju smisao sadržaja, dok ih učitelj samo usmjerava. Razmjena mišljenja, prijedloga i iskustava doprinosi vrjednovanju vlastitih i tuđih ideja s ciljem dolaska do optimalnog rješenja. U tome pomažu i različite vještine koje svaki učenik sa sobom donosi. Radeći zajedno, učenici imaju priliku kritički razmišljati o svom učenju i shvatiti da je učenje proces u kojem se učenici suočavaju sa sličnim ili identičnim problemima koje moraju prevladati [42]. Suradničko učenje, kao i projektna nastava, najčešće uključuju pristup rješavanja problema (*Problem-based learning*) koji se često koristi prilikom primjene umjetne inteligencije u nastavi [8], [12], [39], [68], [90], [91]. Učenje temeljeno na ispitivanju (*Inquiry-based learning*) smislen je pristup razvijanju UI pismenosti učenika koji ih potiče na postavljanje pitanja, ideja i zapažanja te im pruža praktično iskustvo, metode i prakse nalik znanstvenicima kako bi izgradili znanje o umjetnoj inteligenciji [15]. Participativno učenje (*Participatory learning*) naglašava da se djeca razvijaju kroz sudjelovanje u svakodnevnim aktivnostima i praksama zajednica koje se povijesno i kulturno mijenjaju [92], [93], a korišteno je i u aktivnostima povezanima s umjetnom inteligencijom [58], [74], [94], [95].

V. AKTIVNOSTI I KORIŠTENE TEHNOLOGIJE

Za promicanje UI pismenosti, kreatori nastavnog procesa koriste razne alate, tehnologije i aktivnosti. Za početnike koji nisu imali dosadašnjih iskustava s korištenjem umjetne inteligencije u nastavi, često se kao prva razina koriste razne aktivnosti bez računala, tzv. *unplugged* aktivnosti [13], [70], [89]. Takve aktivnosti najčešće su namijenjene najmlađim obrazovnim skupinama, koji u svojim aktivnostima koriste papir i olovku [8], karte te razgovor među sudionicima [59].

Digitalni uređaji poput tableta, stolnih i prijenosnih računala omogućuju učenje o umjetnoj inteligenciji putem raznih dostupnih aplikacija i servisa. Googleov Teachable Machine [96] je jedan od najčešće korištenih servisa u nastavi od strane početnika pronađenih u brojnoj literaturi ([32], [36], [45], [58], [72], [73], [94], [97], [98]). To je alat temeljen na webu koji stvaranje modela strojnog učenja čini brzim, lakim i dostupnim bez potrebe za kodiranjem. Računalo se može obučiti da prepozna slike, poze i zvukove te omogućuje izvoz modela na druge aplikacije [99]. Često se koristi u kombinaciji s drugim aplikacijama i alatima poput Scratcha [45] i Posesa [72], [73]. Osim Teachable Machinea, koriste se i drugi slični jednostavni alati za UI opismenjavanje, kao što su: Google QuickDraw [36], [89], Machine Learning for Kids [80] i LearningML [49]. Slično QuickDrawu, DoodleIt je interaktivna web-aplikacija čija je uloga prepoznavanje skica s ciljem učenja neuronskih mreža na kojima se temelji umjetna inteligencija [100]. Googleova platforma Dialogflow [81], [89] prevodi tekst ili zvuk krajnjeg korisnika tijekom razgovora u strukturirane podatke koje druge aplikacije i usluge mogu razumjeti, a slično njemu funkcionira i alat AMBY koji podržava pretvaranje govora u tekst kao modalitet unosa za uvježbavanje fraza, odgovora i testiranje agenata [81]. S obzirom na to da se rad umjetne inteligencije temelji na klasifikaciji podataka, također se koriste mnogi alati i platforme za razvrstavanje podataka, poput Kagglea [42] koji omogućuje pretraživanje i preuzimanje skupova podataka o klasifikaciji slika. Williams i suradnici [80] su razvili poseban alat Scratch Text Classifier kombiniranjem vizualnog programskog jezika Scratch i klasifikacije teksta.

Već spomenuti Scratch, vizualni je programski jezik temelji koji se na blokovskom programiranju. Osim Scratcha, razvijena su i druga okruženja temeljena na blokovima. Tako su Shamir i Levin razvili Programabilno okruženje za učenje (PLE), bazirano na Scratchu. PLE je skup alata za modeliranje umjetne inteligencije, namijenjen olakšavanju brzog modeliranja i omogućuje različite rezultate s malim skupom pravila [65]. Entry je platforma za programski jezik temeljen na blokovima koji podržava različite blokove kodiranja s UI funkcionalnostima visoke razine, kao što su videodetekcija, strojno prevođenje i prepoznavanje govora [12]. Još jedno korišteno programsko okruženje bazirano na blokovima je i BlockWiSARD. Jednostavnost modela WiSARD, bestežinske umjetne neuronske mreže, omogućuje laku vizualizaciju i razumijevanje unutarnje realizacije zadataka obuke i klasifikacije [62]. PoseBlocks je paket alata za programiranje koji se temelje na blokovima, a nadovezuje se na Scratch projekt uz nove blokove pokretanih UI modelima koji podržavaju praćenje tijela, ruku i lica, prepoznavanje emocija i mogućnost integracije modela slika/poza/zvuka iz alata poput već spomenutog Teachable Machinea [66]. Snap, programski jezik baziran na blokovima predstavlja i koristi jednostavno grafičko sučelje za podučavanje algoritma pretraživanja u širinu [39], jednog od algoritama korištenog u sustavima temeljenima na umjetnoj inteligenciji.

Mnogi autori su razvili vlastite alate i platforme koje su koristili u nastavi s ciljem učenja o umjetnoj inteligenciji. Tako su Druga i suradnici razvili su Cognimates AI platformu koja je imala dvije glavne komponente: TeachAI i Codelab. Stranica TeachAI pruža učenicima priliku za treniranje modela strojnog učenja s vlastitim podacima, a Codelab je odjeljak platforme gdje učenici mogu pisati interaktivne programe koristeći bogatu zbirku vizualnih blokova izgrađujući UI ponašanja za prikupljanje korisničkih unosa, njihovo klasificiranje i odgovaranje [37]. StoryQ, web platforma razvijena od Jianga i suradnika, korištena je za rudarenje teksta na vizualan, interaktivan način s dinamički povezanim prikazima, a primjer korištenja u praksi je učeničko izrađivanje modela s recenzijama restorana kao tekstualnih podataka za klasifikaciju pozitivnih i negativnih recenzija [101]. Melsion i suradnici su razvili alat za vizualizaciju pristranosti, korištenjem informacija iz Grad-CAMa za stvaranje vizualnog prikaza relevantnih dijelova koje model koristi za određeni zaključak. Alat omogućuje učenicima sudjelovanje u tri glavna koraka klasifikatora strojnog učenja: označavanje, obuku i evaluaciju [102]. Kaspersen i suradnici razvili su VotestatesML, web aplikaciju za podučavanje strojnog učenja. Autori ističu kako se VotestatesML razlikuje od sličnih alata po tome što kombinira više područja koja bi učenici trebali znati o strojnom jeziku te ima pristup odozgo prema razini upoznavanja učenika sa strojnim učenjem, granom umjetne inteligencije [11]. Park i suradnici [85] su dizajnirali i razvili PRIMARYAI, okruženje za učenje temeljeno na igricama koje učenicima omogućuje stjecanje iskustva u rješavanju problema uz pomoć umjetne inteligencije. SmileyCluster je okruženje za suradničko učenje temeljeno na webu koje podržava učenje osnovnih koncepata strojnog učenja, a razvili su ga Wan i suradnici [87].

Kao moćan alat koji se danas koristi u svakodnevnom životu je *chatbot*, a čija je funkcionalnost temeljena na algoritmima odluke koji su osnova umjetne inteligencije. *Chatbot* je aplikacija ili web sučelje koje ima za cilj

oponašati ljudski razgovor putem tekstualne ili glasovne interakcije s krajnjim korisnikom. Tako u literaturi pronalazimo razne inačice *chatbot* alata. Build-a-Bot je alat otvorenog koda namijenjen za učenike i učitelje kako bi stvorili vlastite *chatbotove* te naučili osnove umjetne inteligencije kroz proces stvaranja modela [5]. Vazhayil i suradnici su koristili Mitsuku chatbot kako bi educirali učitelje o konceptima umjetne inteligencije [51]. Chiu i suradnici proučavaju motivaciju učenika korištenjem *chatbota* predstavljajući ga u ulozi virtualnog ambasadora, osmišljenog kako bi pomogao turistima u planiranju putovanja [103].

Osim *chatbotova*, korištene su i razne digitalne igre s ciljem približavanja umjetne inteligencije učenicima. Tako su Zammit i suradnici za svoje istraživanje kreirali digitalnu igru ArtBot. ArtBot je obrazovna igra namijenjena poboljšanju UI pismenosti među učenicima osnovnih i srednjih škola kroz niz zadataka koji zahtijevaju primjenu umjetne inteligencije, a kroz korelaciju s igrom i umjetnosti, tako da, između ostalog, igrač mora naučiti ArtBota prepoznavati razliku između slika i kipova [22], [60], [104].

Osim neopipljivih softvera, u nastavi se često koriste i hardveri u raznim oblicima. Najpopularniji primjer su roboti. Postoje razne inačice robota namijenjenih nastavi, ali i robota koji su danas dio kućanstava. How to Train Your Robot obuhvaća jeftinog robota, platformu za programiranje baziranu na blokovima te alate za izradu modela prilagođene početnicima i praktične aktivnosti koje učenicima omogućuju učenje o algoritmima strojnog učenja i rad s njima [1]. Robot Codey Rocky [55] ima mogućnost upravljanja s mBlockom, baziranom na Scratchu. Također, u kombinaciji sa Scratchom koristi se i robot Robobo [83]. LEGO Mindstorms robote u kombinaciji s NXC programskom jezikom temeljenim na programskom jeziku C navode Kandlhofer i suradnici u svojim radovima [8], [13]. Kinnula i suradnici ističu robotsku ruka koja koristi obradu prirodnog jezika i strojno učenje koju bi učenici mogli izgraditi i sami trenirati [95]. Druga i suradnici u svom istraživanju navode korištenje robota Jiba i robota Cozma [34].

Veliki broj škola u svijetu pa tako i u Republici Hrvatskoj koriste u nastavi odnosno raznim izvannastavnim aktivnostima Micro:bit i slične uređaje. Micro:bit je mikroročunalo koje omogućuje da učenici sami osmisle i naprave razne edukativne projekte zabavnog tipa. Može prikazati tekst, brojeve i animacije na ekranu te korištenjem raznih senzora nudi interaktivnost i funkcionalnost. Tako se u Kini koristi uređaj sličan Micro:bitu s okruženjem za kodiranje za podršku učenicima u učenju umjetne inteligencije [105]. Micro:bit roboti korišteni su za srednjoškolce u radu Williamsa i suradnika [80]. Yahboom Micro:bit roboti dolaze u kombinaciji s programskim okruženjem baziranom na blokovima i Teachable Machine ekstenzijom [106]. Ponekad se koriste i virtualni roboti, kao jeftinija rješenja poput ARtonomousa koji ima dvije komponente: aplikaciju za obuku modela i alat za programiranje [107].

Osim robota, u svakodnevnicima su sve više popularniji konverzijski agenti (*conversational agents*, CA). To su sustavi koji mogu sudjelovati u dijalozima s korisnicima koristeći unose i izlaze koji se temelje na tekstu ili govoru. Za sve konverzijske agente koji se temelje na glasu, ključni elementi uključuju komponente automatskog prepoznavanja govora i razumijevanje prirodnog jezika [33].

Mogu se nalaziti kao dio softvera, a postoje je i kao fizički uređaji. Amazonova Alexa je jedna od danas najkorištenijih tehnologija virtualnog asistenta, a temelji se na glasovnoj komunikaciji s korisnikom. Osim uređaja, postoji i u aplikacijskom i simulacijskom obliku. Može se povezati s blokovskim sučeljem [34], [67], [108]. Poput Alexe, slično funkcioniraju i Google Home te Siri, digitalni asistent [33]. Zhu i suradnici razvili su i koristili u nastavi CONVO, konverzijski programski agent koji odgovara na tekstualne i glasovne ulaze, a unutar kojeg su uključeni i Rasa okvir za strojno učenje i BERT, prethodno obučeni model za razumijevanje prirodnog jezika [109]. MIT App Inventor, integrirano razvojno okruženje web aplikacije često je korišteno za povezivanje s konverzijskim agentima [2], [3].

VI. ETIKA U KORIŠTENJU UMJETNE INTELIGENCIJE

Djeca se od malih nogu susreću s umjetnom inteligencijom koja je danas svuda oko njih. Kao korisnike, a kasnije i potencijalne kreatore sustava temeljenih na umjetnoj inteligenciji, iznimno ih je važno naučiti kako pravilno koristiti umjetnu inteligenciju ne ostavljajući društveno negativne posljedice. Razlog zašto bi obrazovanje o umjetnoj inteligenciji trebalo uključivati etičke teme je taj što je umjetna inteligencija sociotehnički sustav [97]. Stav prema umjetnoj inteligenciji je etičko područje umjetne inteligencije koje govori o pozitivnim i negativnim učincima korištenja umjetne inteligencije te sklonostima korištenja umjetne inteligencije u životu [53].

Etička kompetencija u središtu je pitanja „Kako koristiti umjetnu inteligenciju?“ [110]. Kroz izvješće "UI u UK", Ujedinjeno Kraljevstvo sugerira da su znanje i razumijevanje umjetne inteligencije ključni za svu djecu te da bi etička prosudba i korištenje UI tehnologija trebali biti sastavni dijelovi kurikuluma [30]. Kurikulum ne samo da pomaže učenicima da nauče o tehničkim aspektima umjetne inteligencije, već im pomaže i da se uključe u njezine društvene i etičke implikacije [50]. U MIT-ovom kurikulumu UI i etike za srednje škole, tehnički koncepti poučavaju se na licu mjesta s etičkim pitanjima [80]. Uključivanje etičkih pitanja umjetne inteligencije u rasprave potiče učenike da mudrije koriste i razvijaju tehnologije umjetne inteligencije [82]. Učenici bi trebali biti potpuno svjesni etičkih izazova kada se umjetna inteligencija zlorabi. U isto vrijeme, trebali bi imati na umu da su oni ti koji oblikuju i razvijaju UI [111]. Yau i suradnici su proučavali kurikulum za srednjoškolce u Hong Kongu te utvrdili kako kurikulum naglašava važnost etičkih i društvenih pitanja razvoja i korištenja UI tehnologija koje su općenito nejasne u tehnološkom obrazovanju. Došlo je do pomaka s tehničkog znanja na konceptualno znanje i etička pitanja pri provedbi kurikuluma [52]. Studija provedena od Skirpana i suradnika otkrila je da unošenje etičkih dilema u kurikulum može pojačati interes učenika za UI [112]. Korištenje primjera bližih interesima učenika može ih učiniti strastvenima za analizu etičkih implikacija predloženih tehnoloških rješenja [23]. Nije sve što je tehnički moguće ujedno i moralno opravdano i nije sve što sustav nudi zapravo ispravno [113]. Krakowski i suradnici ističu dva značajna problema za učenje o umjetnoj inteligenciji: prvo je odvajanje tehničkog i etičkog učenja o umjetnoj inteligenciji što govori da se etička pitanja i tehničke vještine mogu razdvojiti u dizajnu odgovornih sustava umjetne inteligencije, a drugo je da dekontekstualizacija etičkih pitanja iz stvarnih posljedica

umjetne inteligencije možda neće podržati učenike u razvoju razumijevanja odgovornog dizajna umjetne inteligencije [14]. Umjetna inteligencija nije samo moćan alat koji može poboljšati njihove živote; modeli umjetne inteligencije imaju i pozitivne i negativne implikacije, te je važno da se kao društvo aktivno uključe u rasprave o tome i zauzmu kritički stav prema njima [11]. Etika umjetne inteligencije ne mora nužno biti vezana za tehničke predmete, nego se može proučavati u različitim disciplinama [88], kao interdisciplinarna tema [114].

Uključivanje UI pismenosti kao etičkog načela pojašnjava važnost obrazovanja djece i mladih o UI kako bi bili kritički informirani i tako bili u boljem položaju za donošenje dobrih odluka u vezi s njezinom upotrebom u kontekstu svojih života [20]. Upravo su tinejdžerske godine kritične za razvoj etičke perspektive [115]. Veća je vjerojatnost da će učenik s etičkom orijentacijom u obrazovanju o umjetnoj inteligenciji naučiti više o njegovim utjecajima i implikacijama, a sve to može se izvesti iz strukture sadržaja [25]. Teme povezane s etikom umjetne inteligencije mogle poslužiti učenicima kao katalizator za detaljne rasprave o tome tko ima koristi od umjetne inteligencije, a tko je izostavljen [39]. U etičkim modulima, učenici uče o pozitivnim i negativnim utjecajima umjetne inteligencije [1]. Iako će učenici navesti mnogo više pozitivnih od negativnih učinaka, treba imati na umu da su negativni učinci ključni za razumijevanje etike UI tehnologije [2]. UI za društveno dobro opisuje se kao dizajn, razvoj i implementacija održivih UI sustava koji smanjuju negativne utjecaje na dobrobit ljudskog života [116]. Stoga su bitna etička načela na kojima je izgrađena umjetna inteligencija i stupanj autonomije koji će se dati intelligentnim sustavima [62].

Osim tehnološkog i pedagoškog znanja učitelja, njihove etičke procjene igraju važnu ulogu u učinkovitoj integraciji umjetne inteligencije [117]. Učitelji se ne bi trebali usredotočiti samo na poboljšanje sposobnosti i interesa učenika za umjetnom inteligencijom, već i pomoći učenicima da shvate društveni utjecaj i etičke probleme [9]. Tijekom uvođenja u rad učitelja, pozornost treba obratiti na njihova razmatranja o etici umjetne inteligencije kako bi se spriječio razvoj jednosmjernog orijentiranog obrazovnog modela temeljenog na tehnologiji [118].

Jedan od problema etike umjetne inteligencije je i pristranost. Osim rodne [102] i kulturološke [51], prisutna je i rasna pristranost [119]. Učenici su izrazili da je rasizam u umjetnoj inteligenciji vidljiv i zabrinjavajući [36] te da pojedine društvene skupine nisu dobro zastupljene u umjetnoj inteligenciji i tehnološkom dizajnu [106]. Pristup osnovnom razumijevanju umjetne inteligencije, obrazovanju i alatima također će smanjiti opasnost od društvene ili ekonomske isključenosti određenih skupina ljudi, posebno žena i manjina [10]. Kako odluke dizajnera i programera mogu ugraditi nenamjerne pristranosti u algoritme zahtijevaju posebnu obuku o etičkim i društvenim pitanjima [120] te kvaliteti podataka o obuci i pristranosti koje stvara umjetna inteligencija [121]. Učitelji bi trebali obratiti pozornost na etička i društvena pitanja umjetne inteligencije kako bi učenicima priznali pristranost stroja i odgovarajuću upotrebu umjetne inteligencije za društveno dobro. Kompetencije za UI pismenost trebale bi osigurati da učenici percipiraju UI bez ikakvih pogrešnih predodžbi [16].

Pristupi generativne umjetne inteligencije otvaraju nove puteve digitalnog stvaranja, a istovremeno su popraćeni društvenim i etičkim implikacijama kao što su stvaranje lažnih sadržaja i širenje dezinformacija, obnavljajući naše razumijevanje tehničkih UI sustava kao društveno-tehničkih sustava [122]. Postojanje i korištenje generativne umjetne inteligencije izaziva neka etička pitanja kao što su "Treba li biti legalno proizvoditi i puštati lažne medije?", "Tko posjeduje tako generirana umjetnička djela?", "Tko je odgovoran kada lažni mediji proizvode, bilo izravno ili neizravno, štetu pojedincima?" [123]. Aktualna su i pitanja autonomne vožnje s raznim etičkim pitanjima [60], [91], [114]. Primjerice, koga bi samovozeći automobil odabrao da se zabije u slučaju nesreće [39] ili što ako bespilotno vozilo napadne haker, je li u tom slučaju ono sigurno [124].

Privatnost i prava korisnika su također predmet etičkih rasprava o umjetnoj inteligenciji. Tehnologije, poput konverzijskih agenata, koja prikupljaju osobne podatke, mogu predstavljati prijetnju dječjim pravima na zaštitu zbog mogućih problema vezanih uz privatnost podataka [33]. Velike tvrtke bi mogle profitirati od podataka, iako implikacije umjetne inteligencije nisu navedene, npr. korištenje podataka za personaliziranje oglasa [36]. Etička konstrukcija sustava umjetne inteligencije koji donose odluke koje utječu na živote ljudi zahtijeva pozornost na pitanja transparentnosti i pravednosti, osnovnih i važnih ideja discipline [125].

Nedavna eksplozija podataka pokreće razvoj industrije velikih podataka i umjetne inteligencije, stvarajući nove prilike i vrijednosti, ali i stvarajući nove dileme sudarajući se s etičkim pitanjima i različitim postojećim vrijednostima [126]. Budući da umjetna inteligencija igra važnu ulogu u svakodnevnom donošenju odluka, loše dizajnirana ili zloupotrijebljena umjetna inteligencija mogla bi uzrokovati nepopravljivu štetu ljudima i društvu. Moglo bi biti opasno koristiti i dizajnirati UI tehnologije bez sigurnosnih i etičkih smjernica [15]. Dobro znanje o principima i konceptima umjetne inteligencije, sposobnost razumijevanja te korištenja alata, tehnika i metoda umjetne inteligencije, zajedno sa sposobnošću analize i identificiranja dugoročnih koristi, društvenih i etičkih aspekata umjetne inteligencije, postaju ključne vještine 21. stoljeća [61].

VII. ZAKLJUČAK

Prema nedavnom izvješću o mapiranju nastavnih planova i programa umjetne inteligencije od strane UNESCO-a, samo jedanaest zemalja ima odobrene vlade nastavne planove i programe za umjetnu inteligenciju u školama, dok četiri zemlje imaju vladine nastavne planove i programe u razvoju [74]. Istraživanje početnih predodžbi djece o umjetnoj inteligenciji je u fazi nastajanja, što, s konstruktivističkog gledišta, dovodi u pitanje razvoj pedagoški zdravih kurikuluma, metoda i materijala za opismenjavanje umjetne inteligencije [127]. Stvaranje programa opismenjavanja umjetne inteligencije za učenike predstavlja i veliku priliku, ali i izazov koji bi mogao osigurati svjetliju budućnost u kojoj se umjetne inteligencije neće bojati, već će je razumjeti i iskoristavati u najboljem interesu ljudi. To pruža učenicima razumijevanje nevidljivog svijeta koji pokreće njihove svakodnevne tehnologije.

Razumijevanje osnovnih koncepata umjetne inteligencije zahtijeva osnovno znanje informatike, koja se također jedva probija u obvezne nastavne planove i programe obveznog

školoovanja što dovodi do paradoksalne situacije gdje društvo postaje sve više ovisno o računalnim tehnologijama, dok je uvođenje računalnih sadržaja vrlo sporo [128]. Međutim, treba biti pažljiv s odabirom aktivnosti prilikom usvajanja koncepata umjetne inteligencije. Pretjerana usredotočenost na programiranje ili razvoj algoritama mogla odvratiti mlade učenike od razumijevanja temeljnih koncepata umjetne inteligencije [121]. Tako školama može biti teško donijeti isplative odluke o kupnji tehnologije ako nemaju jasan plan o tome što žele postići s opremom [27]. Mnoge škole očekuju da učitelji primjenjuju UI tehnologiju kako bi poboljšali UI nastavnu kreativnu izvedbu, međutim, čak i ako su učiteljima osigurani organizacijski resursi i obuka za UI tehnologiju, njihova kreativna izvedba u nastavi UI ne mora ispuniti očekivanja [129]. Ako obrazovni sustav želi pripremiti učenike da zadovolje zahtjeve budućnosti prožete umjetnom inteligencijom, mora integrirati UI tehnologiju kao temu kurikuluma kako bi učenike opremio osnovnim znanjem o umjetnoj inteligenciji.

Mnoga ranije spomenuta istraživanja su pokazala da su djeca sposobna razumjeti osnovne ideje umjetne inteligencije pa čak i prije nego što bi se to očekivalo. Poučavanje umjetne inteligencije u školama ne samo da pomaže učenicima da razumiju tehnologiju u nastajanju i kako ona funkcionira, nego ih također može nadahnuti kao potencijalne buduće kreatore da se upoznaju sa svijetom, da ga razumiju i promijene. Obrazovanje za učenike je proces za pripremu za budućnost, kada će ti učenici sudjelovati u ekonomskim aktivnostima. Još je važnije pripremiti učitelje i razumjeti njihove stavove prema kurikulumu umjetne inteligencije budući da bi to mogao biti bitan čimbenik za poučavanje umjetne inteligencije. Uspjeh obrazovanja umjetne inteligencije usko ovisi o spremnosti učitelja, jer je malo vjerojatno da će uspjeti proces poučavanja i učenja u kojem učitelji nemaju središnju ulogu. Pokazalo se da je motivacija i stav prema umjetnoj inteligenciji jedan od važnih čimbenika koji utječu na pismenost u vezi s umjetnom inteligencijom, koju treba proučavati prije drugih, poput koncepata ili nastavnog sadržaja [118]. Kada se početno zanimanje učenika pojača putem dobro osmišljenog kurikuluma, njihova početna motivacija vjerojatno će prerasti u dugoročni izbor karijere. Suprotno tome, nedostatak vještina u novim tehnologijama mogao bi ograničiti sposobnost pojedinca da konkurira za najbolje plaćene poslove. Važno je prepoznati da je društvo na političkom raskrižju s umjetnom inteligencijom i da se bori s time kako najbolje regulirati i odrediti prioritete javnih ulaganja u sustave umjetne inteligencije.

U Republici Hrvatskoj, točnije u Splitsko-dalmatinskoj županiji, proveli smo višegodišnje istraživanje s ciljem ispitivanja koncepata UI pismenosti kod učenika viših razreda osnovne škole [130]. Istraživanje je dio izvannastavne aktivnosti, a nastava se temelji na projektnom učenju. Svake godine se mijenjao pristup, koji je spiralan razvoju tehnika i alata koji se koriste za podučavanje te je kombinirana različita struktura grupa kao i vrsta nastave uključujući nastavu u učionici i *online* nastavu. Ostvareni su pomaci u smislu smjernica za uvođenje koncepata umjetne inteligencije u postojeći kurikulum, bez izmjena satnice. Upravo zbog toga je korišteno programiranje, koje je već dio redovite nastave informatike, dok je umjetna inteligencija iskorištena kao motivacijski dio. Završena je faza prikupljanja podataka te je na redu njihova analiza.

LITERATURA

- [1] R. Williams, „How to Train Your Robot: Project-Based AI and Ethics Education for Middle School Classrooms“, u *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Virtual Event USA: ACM, ožu. 2021, str. 1382–1382. doi: 10.1145/3408877.3439690.
- [2] J. Van Brummelen, T. Heng, i V. Tabunshchik, „Teaching Tech to Talk: K-12 Conversational Artificial Intelligence Literacy Curriculum and Development Tools“, *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, sv. 35, izd. 17, Art. izd. 17, svi. 2021, doi: 10.1609/aaai.v35i17.17844.
- [3] T.-C. Hsu, H. Abelson, i J. Van Brummelen, „The Effects on Secondary School Students of Applying Experiential Learning to the Conversational AI Learning Curriculum“, *Int. Rev. Res. Open Distrib. Learn.*, sv. 23, izd. 1, Art. izd. 1, velj. 2022, doi: 10.19173/irrodl.v22i4.5474.
- [4] J. Su, D. T. K. Ng, i S. K. W. Chu, „Artificial Intelligence (AI) Literacy in Early Childhood Education: The Challenges and Opportunities“, *Comput. Educ. Artif. Intell.*, sv. 4, str. 100124, 2023, doi: 10.1016/j.caeai.2023.100124.
- [5] K. Pearce, S. Alghowinem, i C. Breazeal, „Build-a-Bot: Teaching Conversational AI Using a Transformer-Based Intent Recognition and Question Answering Architecture“. arXiv, 14. prosinac 2022. Pristupljeno: 02. rujan 2023. [Na internetu]. Dostupno na: <http://arxiv.org/abs/2212.07542>
- [6] M. Kreinsen i S. Schulz, „Towards the Triad of Digital Literacy, Data Literacy and AI Literacy in Teacher Education – A Discussion in Light of the Accessibility of Novel Generative AI“, EdArXiv, preprint, ožu. 2023. doi: 10.35542/osf.io/xguzk.
- [7] W. C. Hill, „The Mind at AI: Horseless Carriage to Clock“.
- [8] M. Kandhofer, G. Steinbauer, S. Hirschmugl-Gaisch, i P. Huber, „Artificial intelligence and computer science in education: From kindergarten to university“, u *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Erie, PA, USA: IEEE, lis. 2016, str. 1–9. doi: 10.1109/FIE.2016.7757570.
- [9] D. T. K. Ng, J. K. L. Leung, K. W. S. Chu, i M. S. Qiao, „AI Literacy: Definition, Teaching, Evaluation and Ethical Issues“, *Proc. Assoc. Inf. Sci. Technol.*, sv. 58, izd. 1, str. 504–509, lis. 2021, doi: 10.1002/pr2.487.
- [10] G. Steinbauer, M. Kandhofer, T. Chklovski, F. Heintz, i S. Koenig, „Education in Artificial Intelligence K-12“, *KI - Künstl. Intell.*, sv. 35, izd. 2, Art. izd. 2, lip. 2021, doi: 10.1007/s13218-021-00734-6.
- [11] M. H. Kaspersen, K.-E. K. Bilstrup, M. Van Mechelen, A. Hjorth, N. O. Bouvin, i M. G. Petersen, „VoteStratesML: A High School Learning Tool for Exploring Machine Learning and its Societal Implications“, u *FabLearn Europe / MakeEd 2021 - An International Conference on Computing, Design and Making in Education*, St. Gallen Switzerland: ACM, lip. 2021, str. 1–10. doi: 10.1145/3466725.3466728.
- [12] S. Kim i ostali, „Why and What to Teach: AI Curriculum for Elementary School“, *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, sv. 35, izd. 17, Art. izd. 17, svi. 2021, doi: 10.1609/aaai.v35i17.17833.
- [13] M. Kandhofer i ostali, „Enabling the Creation of Intelligent Things: Bringing Artificial Intelligence and Robotics to Schools“, u *2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Covington, KY, USA: IEEE, lis. 2019, str. 1–5. doi: 10.1109/FIE43999.2019.9028537.
- [14] A. Krakowski, E. Greenwald, T. Hurt, B. Nonnecke, i M. Cannady, „Authentic Integration of Ethics and AI through Sociotechnical, Problem-Based Learning“, *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, sv. 36, izd. 11, Art. izd. 11, lip. 2022, doi: 10.1609/aaai.v36i11.21556.
- [15] D. T. K. Ng, W. Luo, H. M. Y. Chan, i S. K. W. Chu, „Using digital story writing as a pedagogy to develop AI literacy among primary students“, *Comput. Educ. Artif. Intell.*, sv. 3, str. 100054, 2022, doi: 10.1016/j.caeai.2022.100054.
- [16] G. K. W. Wong i P. Dillenbourg, „Broadening Artificial Intelligence Education in K-12: Where to Start?“.
- [17] D. Long i B. Magerko, „What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations“, u *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Honolulu HI USA: ACM, tra. 2020, str. 1–16. doi: 10.1145/3313831.3376727.
- [18] United Nations Children’s Fund, „AI policy guidance: How the world responded“, 2021. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.unicef.org/globalinsight/stories/ai-policy-guidance-how-world-responded>
- [19] United Nations Children’s Fund, „Policy guidance on AI for children 2.0“, 2021. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.unicef.org/globalinsight/media/2356/file/UNICEF-Globale-Insight-policy-guidance-AI-children-2.0-2021.pdf>
- [20] C. Adams, P. Pente, G. Lemermeyer, i G. Rockwell, „Ethical principles for artificial intelligence in K-12 education“, *Comput. Educ. Artif. Intell.*, sv. 4, str. 100131, 2023, doi: 10.1016/j.caeai.2023.100131.
- [21] S. W. Elliott, *Computers and the Future of Skill Demand*. u *Educational Research and Innovation*. OECD, 2017. doi: 10.1787/9789264284395-en.
- [22] I. Voulgari, M. Zammit, E. Stouraitis, A. Liapis, i G. Yannakakis, „Learn to Machine Learn: Designing a Game Based Approach for Teaching Machine Learning to Primary and Secondary Education Students“, u *Interaction Design and Children*, Athens Greece: ACM, lip. 2021, str. 593–598. doi: 10.1145/3459990.3465176.
- [23] G. Gibellini, V. Fabretti, i G. Schiavo, „AI Education from the Educator’s Perspective: Best Practices for an Inclusive AI Curriculum for Middle School“, u *Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Hamburg Germany: ACM, tra. 2023, str. 1–6. doi: 10.1145/3544549.3585747.
- [24] P. Mertala, J. Fagerlund, i O. Calderon, „Finnish 5th and 6th grade students’ pre-instructional conceptions of artificial intelligence (AI) and their implications for AI literacy education“, *Comput. Educ. Artif. Intell.*, sv. 3, str. 100095, 2022, doi: 10.1016/j.caeai.2022.100095.
- [25] I. T. Sanusi, S. A. Olaleye, S. S. Oyelere, i R. A. Dixon, „Investigating learners’ competencies for artificial intelligence education in an African K-12 setting“, *Comput. Educ. Open*, sv. 3, str. 100083, pros. 2022, doi: 10.1016/j.caeo.2022.100083.
- [26] C. S. Chai, P.-Y. Lin, M. S.-Y. Jong, Y. Dai, T. K. F. Chiu, i J. Qin, „Perceptions of and Behavioral Intentions towards Learning Artificial Intelligence in Primary School Students“, *Educ. Technol. Soc.*, sv. 24, izd. 3, Art. izd. 3, 2021.
- [27] T. Wang i E. C. K. Cheng, „An investigation of barriers to Hong Kong K-12 schools incorporating Artificial Intelligence in education“, *Comput. Educ. Artif. Intell.*, sv. 2, str. 100031, 2021, doi: 10.1016/j.caeai.2021.100031.
- [28] J. Henry, A. Hernalesteen, i A.-S. Collard, „Teaching Artificial Intelligence to K-12 Through a Role-Playing Game Questioning the Intelligence Concept“, *KI - Künstl. Intell.*, sv. 35, izd. 2, str. 171–179, lip. 2021, doi: 10.1007/s13218-021-00733-7.
- [29] A. Eguchi, H. Okada, i Y. Muto, „Contextualizing AI Education for K-12 Students to Enhance Their Learning of AI Literacy Through Culturally Responsive Approaches“, *KI - Künstl. Intell.*, sv. 35, izd. 2, Art. izd. 2, lip. 2021, doi: 10.1007/s13218-021-00737-3.
- [30] S. Paek i N. Kim, „Analysis of Worldwide Research Trends on the Impact of Artificial Intelligence in Education“, *Sustainability*, sv. 13, izd. 14, Art. izd. 14, srp. 2021, doi: 10.3390/su13147941.
- [31] B. Sakulkeakulsuk i ostali, „Kids making AI: Integrating Machine Learning, Gamification, and Social Context in STEM Education“, *2018 IEEE Int. Conf. Teach. Assess. Learn. Eng. TALE*, str. 1005–1010, pros. 2018, doi: 10.1109/TALE.2018.8615249.
- [32] I. Lee i B. Perret, „Preparing High School Teachers to Integrate AI Methods into STEM Classrooms“, *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, sv. 36, izd. 11, Art. izd. 11, lip. 2022, doi: 10.1609/aaai.v36i11.21557.
- [33] V. Andries i J. Robertson, „Alexa doesn’t have that many feelings: Children’s understanding of AI through interactions with smart speakers in their homes“.
- [34] S. Druga, S. T. Vu, E. Likhith, i T. Qiu, „Inclusive AI literacy for kids around the world“, u *Proceedings of FabLearn 2019*, New York NY USA: ACM, ožu. 2019, str. 104–111. doi: 10.1145/3311890.3311904.
- [35] C. S. Chai, P.-Y. Lin, M. S. Jong, Y. Dai, T. K. F. Chiu, i B. Huang, „Factors Influencing Students’ Behavioral Intention to Continue Artificial Intelligence Learning“, u *2020 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, Bangkok, Thailand: IEEE, kol. 2020, str. 147–150. doi: 10.1109/ISET49818.2020.00040.
- [36] J. Solyst, A. Axon, A. B. Stewart, M. Eslami, i A. Ogan, „Investigating Girls’ Perspectives and Knowledge Gaps on Ethics and Fairness in Artificial Intelligence in a Lightweight Workshop“.
- [37] S. Druga i A. J. Ko, „How do children’s perceptions of machine intelligence change when training and coding smart programs?“, u

- Interaction Design and Children*, Athens Greece: ACM, lip. 2021, str. 49–61. doi: 10.1145/3459990.3460712.
- [38] R. Williams, H. W. Park, i C. Breazeal, „A is for Artificial Intelligence: The Impact of Artificial Intelligence Activities on Young Children’s Perceptions of Robots“, u *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Glasgow Scotland Uk: ACM, svi. 2019, str. 1–11. doi: 10.1145/3290605.3300677.
- [39] S. Yoder, C. Tatar, i I. Aderemi, „Gaining Insight into Effective Teaching of AI Problem-Solving Through CSEDM: A Case Study“.
- [40] X. Han i ostali, „Design of AI + Curriculum for Primary and Secondary Schools in Qingdao“, u *2018 Chinese Automation Congress (CAC)*, Xi’an, China: IEEE, stu. 2018, str. 4135–4140. doi: 10.1109/CAC.2018.8623310.
- [41] D. DiPaola i ostali, „Make-a-Thon for Middle School AI Educators“, u *Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*, Toronto ON Canada: ACM, ožu. 2023, str. 305–311. doi: 10.1145/3545945.3569743.
- [42] T. Drivas i S. Doukakis, „Introducing the Fundamentals of Artificial Intelligence to K-12 Classrooms According to Educational Neuroscience Principles“, u *2022 7th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM)*, Ioannina, Greece: IEEE, ruj. 2022, str. 1–7. doi: 10.1109/SEEDA-CECNSM57760.2022.9932989.
- [43] J. Zhou i J. M. George, „WHEN JOB DISSATISFACTION LEADS TO CREATIVITY: ENCOURAGING THE EXPRESSION OF VOICE.“, *Acad. Manage. J.*, sv. 44, izd. 4, str. 682–696, kol. 2001, doi: 10.2307/3069410.
- [44] S. Druga, N. Otero, i A. J. Ko, „The Landscape of Teaching Resources for AI Education“, u *Proceedings of the 27th ACM Conference on on Innovation and Technology in Computer Science Education Vol. 1*, Dublin Ireland: ACM, srp. 2022, str. 96–102. doi: 10.1145/3502718.3524782.
- [45] I. Lee, S. Ali, H. Zhang, D. DiPaola, i C. Breazeal, „Developing Middle School Students’ AI Literacy“, u *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Virtual Event USA: ACM, ožu. 2021, str. 191–197. doi: 10.1145/3408877.3432513.
- [46] D. T. K. Ng, J. K. L. Leung, S. K. W. Chu, i M. S. Qiao, „Conceptualizing AI literacy: An exploratory review“, *Comput. Educ. Artif. Intell.*, sv. 2, str. 100041, 2021, doi: 10.1016/j.caeai.2021.100041.
- [47] V. Olari i R. Romeike, „Addressing AI and Data Literacy in Teacher Education: A Review of Existing Educational Frameworks“, u *The 16th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, Virtual Event Germany: ACM, lis. 2021, str. 1–2. doi: 10.1145/3481312.3481351.
- [48] D. Touretzky, C. Gardner-McCune, F. Martin, i D. Seehorn, „Envisioning AI for K-12: What Should Every Child Know about AI?“, *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, sv. 33, izd. 01, str. 9795–9799, srp. 2019, doi: 10.1609/aaai.v33i01.33019795.
- [49] J. D. Rodríguez-García, J. Moreno-León, M. Román-González, i G. Robles, „Evaluation of an Online Intervention to Teach Artificial Intelligence with LearningML to 10-16-Year-Old Students“, u *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Virtual Event USA: ACM, ožu. 2021, str. 177–183. doi: 10.1145/3408877.3432393.
- [50] D. Touretzky, C. Gardner-McCune, C. Breazeal, F. Martin, i D. Seehorn, „A Year in K–12 AI Education“, *AI Mag.*, sv. 40, izd. 4, str. 88–90, pros. 2019, doi: 10.1609/aimag.v40i4.5289.
- [51] A. Vazhayil, R. Shetty, R. R. Bhavani, i N. Akshay, „Focusing on Teacher Education to Introduce AI in Schools: Perspectives and Illustrative Findings“, u *2019 IEEE Tenth International Conference on Technology for Education (T4E)*, Goa, India: IEEE, pros. 2019, str. 71–77. doi: 10.1109/T4E.2019.00021.
- [52] K. W. Yau i ostali, „Co-designing Artificial Intelligence Curriculum for Secondary Schools: A Grounded Theory of Teachers’ Experience“, u *2022 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, srp. 2022, str. 58–62. doi: 10.1109/ISET55194.2022.00020.
- [53] J. Jang, J. Jeon, i S. K. Jung, „Development of STEM-Based AI Education Program for Sustainable Improvement of Elementary Learners“, *Sustainability*, sv. 14, izd. 22, Art. izd. 22, stu. 2022, doi: 10.3390/su142215178.
- [54] S.-C. Kong, W. M.-Y. Cheung, i G. Zhang, „Evaluating artificial intelligence literacy courses for fostering conceptual learning, literacy and empowerment in university students: Refocusing to conceptual building“, *Comput. Hum. Behav. Rep.*, sv. 7, str. 100223, kol. 2022, doi: 10.1016/j.chbr.2022.100223.
- [55] M. Baldoni i ostali, „Empowering AI competences in children: A training program based on simple playful activities“.
- [56] J. Piaget, *The Psychology of Intelligence*, 0 izd. Routledge, 2003. doi: 10.4324/9780203164730.
- [57] K. I. Matthew, E. Felvegi, i R. A. Callaway, „Wiki as a Collaborative Learning Tool in a Language Arts Methods Class“, *J. Res. Technol. Educ.*, sv. 42, izd. 1, str. 51–72, ruj. 2009, doi: 10.1080/15391523.2009.10782541.
- [58] I. T. Sanusi, J. O. Omidiora, S. S. Oyelere, H. Vartiainen, J. Suhonen, i M. Tukiainen, „Preparing Middle Schoolers for a Machine Learning-Enabled Future Through Design-Oriented Pedagogy“, *IEEE Access*, sv. 11, str. 39776–39791, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3269025.
- [59] D. Long, J. Moon, i B. Magerko, „Unplugged assignments for K-12 AI education“, *AI Matters*, sv. 7, izd. 1, Art. izd. 1, ožu. 2021, doi: 10.1145/3465074.3465078.
- [60] M. Zammit, I. Voulgari, A. Liapis, i G. Yannakakis, „The Road to AI Literacy Education: From Pedagogical Needs to Tangible Game Design“.
- [61] G. Steinbauer, M. Kandlhofer, T. Chklovski, F. Heintz, i S. Koenig, „A Differentiated Discussion About AI Education K-12“, *KI - Künstl. Intell.*, sv. 35, izd. 2, str. 131–137, lip. 2021, doi: 10.1007/s13218-021-00724-8.
- [62] R. Lacerda Queiroz, F. Ferrentini Sampaio, C. Lima, i P. Machado Vieira Lima, „AI from Concrete to Abstract: Demystifying artificial intelligence to the general public“, *AI Soc.*, sv. 36, izd. 3, str. 877–893, ruj. 2021, doi: 10.1007/s00146-021-01151-x.
- [63] S. Papert, *Mindstorms: children, computers and powerful ideas*. New York NY USA: Basic Books, 1980.
- [64] H. Burgsteiner, M. Kandlhofer, i G. Steinbauer, „IRobot: Teaching the Basics of Artificial Intelligence in High Schools“, *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, sv. 30, izd. 1, Art. izd. 1, ožu. 2016, doi: 10.1609/aaai.v30i1.9864.
- [65] G. Shamir i I. Levin, „Neural Network Construction Practices in Elementary School“, *KI - Künstl. Intell.*, sv. 35, izd. 2, str. 181–189, lip. 2021, doi: 10.1007/s13218-021-00729-3.
- [66] B. Jordan, N. Devasia, J. Hong, R. Williams, i C. Breazeal, „PoseBlocks: A Toolkit for Creating (and Dancing) with AI“, *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, sv. 35, izd. 17, Art. izd. 17, svi. 2021, doi: 10.1609/aaai.v35i17.17831.
- [67] J. Van Brummelen, V. Tabunshchik, i T. Heng, „“Alexa, Can I Program You?”: Student Perceptions of Conversational Artificial Intelligence Before and After Programming Alexa“, u *Interaction Design and Children*, Athens Greece: ACM, lip. 2021, str. 305–313. doi: 10.1145/3459990.3460730.
- [68] M. Tedre i ostali, „Teaching Machine Learning in K–12 Classroom: Pedagogical and Technological Trajectories for Artificial Intelligence Education“, *IEEE Access*, sv. 9, str. 110558–110572, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3097962.
- [69] G. Hinchliffe, „Situating Skills“, *J. Philos. Educ.*, sv. 36, izd. 2, str. 187–205, svi. 2002, doi: 10.1111/1467-9752.00269.
- [70] H. Julie, H. Alyson, i C. Anne-Sophie, „Designing Digital Literacy Activities: An Interdisciplinary and Collaborative Approach“, u *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Uppsala, Sweden: IEEE, lis. 2020, str. 1–5. doi: 10.1109/FIE44824.2020.9274165.
- [71] H. Vartiainen, A. Liljeström, i J. Enkenberg, „Design-Oriented Pedagogy for Technology-Enhanced Learning to Cross Over the Borders between Formal and Informal Environments“, *J. Univers. Comput. Sci.*, sv. 18, izd. 15, str. 2097–2119, 2012.
- [72] H. Vartiainen, T. Toivonen, I. Jormanainen, J. Kahila, M. Tedre, i T. Valtonen, „Machine learning for middle schoolers: Learning through data-driven design“, *Int. J. Child-Comput. Interact.*, sv. 29, str. 100281, ruj. 2021, doi: 10.1016/j.ijcci.2021.100281.
- [73] H. Vartiainen, T. Toivonen, I. Jormanainen, J. Kahila, M. Tedre, i T. Valtonen, „Machine learning for middle-schoolers: Children as designers of machine-learning apps“, u *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Uppsala, Sweden: IEEE, lis. 2020, str. 1–9. doi: 10.1109/FIE44824.2020.9273981.

- [74] S. S. Oyelere i ostali, „Artificial Intelligence in African Schools: Towards a Contextualized Approach“, u *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Tunis, Tunisia: IEEE, ožu. 2022, str. 1577–1582. doi: 10.1109/EDUCON52537.2022.9766550.
- [75] H. Vartiainen, M. Tedre, A. Salonen, i T. Valtonen, „Rematerialization of the virtual and its challenges for design and technology education“, *Techne Serien-Forsk. Slöjdpedagogik Och Slöjdvetskap*, sv. 27, izd. 1, str. 52–69, 2020.
- [76] J. Krajcik i P. Blumenfeld, „Project-based learning“, 2006, str. 317–334.
- [77] D. Kokotsaki, V. Menzies, i A. Wiggins, „Project-based learning: A review of the literature“, *Improv. Sch.*, sv. 19, izd. 3, str. 267–277, stu. 2016, doi: 10.1177/1365480216659733.
- [78] B. Monteith, P. Noyce, i P. Zhang, „Teaching Artificial Intelligence through the Arts in Beijing“, *Sci. Teach.*, sv. 89, izd. 5, str. 42–49, 2022.
- [79] S. Kim i ostali, „Analyzing Teacher Competency with TPACK for K-12 AI Education“, *KI - Künstl. Intell.*, sv. 35, izd. 2, Art. izd. 2, lip. 2021, doi: 10.1007/s13218-021-00731-9.
- [80] R. Williams, S. P. Kaputsos, i C. Breazeal, „Teacher Perspectives on How To Train Your Robot: A Middle School AI and Ethics Curriculum“, *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, sv. 35, izd. 17, str. 15678–15686, svi. 2021, doi: 10.1609/aaai.v35i17.17847.
- [81] A. Kumar, X. Tian, M. Celepko, M. Israel, i K. E. Boyer, „Early Design of a Conversational AI Development Platform for Middle Schoolers“, u *2022 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)*, Roma, Italy: IEEE, ruj. 2022, str. 1–3. doi: 10.1109/VL/HCC53370.2022.9833129.
- [82] K. W. Yau, C. S. Chai, T. K. F. Chiu, H. Meng, I. King, i Y. Yam, „A phenomenographic approach on teacher conceptions of teaching Artificial Intelligence (AI) in K-12 schools“, *Educ. Inf. Technol.*, sv. 28, izd. 1, str. 1041–1064, sij. 2023, doi: 10.1007/s10639-022-11161-x.
- [83] F. Bellas, S. Guerreiro-Santalla, M. Naya, i R. J. Duro, „AI Curriculum for European High Schools: An Embedded Intelligence Approach“, *Int. J. Artif. Intell. Educ.*, sv. 33, izd. 2, str. 399–426, lip. 2023, doi: 10.1007/s40593-022-00315-0.
- [84] A. Alam, „A Digital Game based Learning Approach for Effective Curriculum Transaction for Teaching-Learning of Artificial Intelligence and Machine Learning“, u *2022 International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS)*, Erode, India: IEEE, tra. 2022, str. 69–74. doi: 10.1109/ICSCDS53736.2022.9760932.
- [85] K. Park i ostali, „Designing a Visual Interface for Elementary Students to Formulate AI Planning Tasks“, u *2021 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)*, St Louis, MO, USA: IEEE, lis. 2021, str. 1–9. doi: 10.1109/VL/HCC51201.2021.9576163.
- [86] A. Pho i A. Dinscore, „Game-Based Learning“, *Tips Trends*, 2015.
- [87] X. Wan, X. Zhou, Z. Ye, C. K. Mortensen, i Z. Bai, „SmileyCluster: supporting accessible machine learning in K-12 scientific discovery“, u *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference*, London United Kingdom: ACM, lip. 2020, str. 23–35. doi: 10.1145/3392063.3394440.
- [88] I. Lee i ostali, „AI Book Club: An Innovative Professional Development Model for AI Education“, u *Proceedings of the 53rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Providence RI USA: ACM, velj. 2022, str. 202–208. doi: 10.1145/3478431.3499318.
- [89] G. A. Katuka i ostali, „A Summer Camp Experience to Engage Middle School Learners in AI through Conversational App Development“, u *Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*, Toronto ON Canada: ACM, ožu. 2023, str. 813–819. doi: 10.1145/3545945.3569864.
- [90] M.-L. How i W. L. D. Hung, „Educing AI-Thinking in Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM) Education“, *Educ. Sci.*, sv. 9, izd. 3, Art. izd. 3, srp. 2019, doi: 10.3390/educsci9030184.
- [91] W. Park i H. Kwon, „Implementing artificial intelligence education for middle school technology education in Republic of Korea“, *Int. J. Technol. Des. Educ.*, velj. 2023, doi: 10.1007/s10798-023-09812-2.
- [92] „Apprenticeship in thinking: cognitive development in social context“, *Choice Rev. Online*, sv. 28, izd. 01, str. 28-0612-28-0612, ruj. 1990, doi: 10.5860/CHOICE.28-0612.
- [93] H. Hedges i J. Cullen, „Participatory learning theories: a framework for early childhood pedagogy“, *Early Child Dev. Care*, sv. 182, izd. 7, str. 921–940, srp. 2012, doi: 10.1080/03004430.2011.597504.
- [94] I. T. Sanusi, K. Sunday, S. S. Oyelere, J. Suhonen, H. Vartiainen, i M. Tukiainen, „Learning machine learning with young children: exploring informal settings in an African context“, *Comput. Sci. Educ.*, str. 1–32, velj. 2023, doi: 10.1080/08993408.2023.2175559.
- [95] M. Kinnula, E. Durall, i L. Haukipuro, „Imagining Better Futures for Everybody – Sustainable Entrepreneurship Education for Future Design Protagonists“, u *6th FabLearn Europe / MakeEd Conference 2022*, Copenhagen Denmark: ACM, svi. 2022, str. 1–8. doi: 10.1145/3535227.3535229.
- [96] „Teachable Machine“. Google. [Na internetu]. Dostupno na: <https://teachablemachine.withgoogle.com/>
- [97] H. Zhang, I. Lee, S. Ali, D. DiPaola, Y. Cheng, i C. Breazeal, „Integrating Ethics and Career Futures with Technical Learning to Promote AI Literacy for Middle School Students: An Exploratory Study“, *Int. J. Artif. Intell. Educ.*, sv. 33, izd. 2, str. 290–324, lip. 2023, doi: 10.1007/s40593-022-00293-3.
- [98] U. Dwivedi, „Introducing Children to Machine Learning Through Machine Teaching“, u *Interaction Design and Children*, Athens Greece: ACM, lip. 2021, str. 641–643. doi: 10.1145/3459990.3463394.
- [99] Google, „Teachable Machine“. <https://experiments.withgoogle.com/teachable-machine>
- [100] V. Mahipal, S. Ghosh, I. T. Sanusi, R. Ma, J. E. Gonzales, i F. G. Martin, „DoodleIt: A Beginner’s Tool for Understanding Image Recognition“, u *Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 2*, Toronto ON Canada: ACM, ožu. 2022, str. 1329–1329. doi: 10.1145/3545947.3576275.
- [101] S. Jiang i ostali, „An empirical analysis of high school students’ practices of modelling with unstructured data“, *Br. J. Educ. Technol.*, sv. 53, izd. 5, str. 1114–1133, ruj. 2022, doi: 10.1111/bjet.13253.
- [102] G. I. Melsión, I. Torre, E. Vidal, i I. Leite, „Using Explainability to Help Children Understand Gender Bias in AI“, u *Interaction Design and Children*, Athens Greece: ACM, lip. 2021, str. 87–99. doi: 10.1145/3459990.3460719.
- [103] T. K. F. Chiu, B. L. Moorhouse, C. S. Chai, i M. Ismailov, „Teacher support and student motivation to learn with Artificial Intelligence (AI) based chatbot“, *Interact. Learn. Environ.*, str. 1–17, velj. 2023, doi: 10.1080/10494820.2023.2172044.
- [104] M. Zammit, I. Voulgari, A. Liapis, i G. N. Yannakakis, „Learn to Machine Learn via Games in the Classroom“, *Front. Educ.*, sv. 7, str. 913530, lip. 2022, doi: 10.3389/educ.2022.913530.
- [105] P.-Y. Lin, C.-S. Chai, M. S.-Y. Jong, Y. Dai, Y. Guo, i J. Qin, „Modeling the structural relationship among primary students’ motivation to learn artificial intelligence“, *Comput. Educ. Artif. Intell.*, sv. 2, str. 100006, 2021, doi: 10.1016/j.caeai.2020.100006.
- [106] G. A. Irgens, I. Adisa, C. Bailey, i H. V. Quesada, „Designing with and for Youth: A Participatory Design Research Approach for Critical Machine Learning Education“.
- [107] G. Dietz, J. King Chen, J. Beason, M. Tarrow, A. Hilliard, i R. B. Shapiro, „ARtonomous: Introducing Middle School Students to Reinforcement Learning Through Virtual Robotics“, u *Interaction Design and Children*, Braga Portugal: ACM, lip. 2022, str. 430–441. doi: 10.1145/3501712.3529736.
- [108] E. Rivero, „Library and Educational Use Cases“, *Libr. Technol. Rep.*, 2020.
- [109] J. Zhu i J. Van Brummelen, „Teaching Students About Conversational AI Using Convo, a Conversational Programming Agent“, u *2021 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)*, St Louis, MO, USA: IEEE, lis. 2021, str. 1–5. doi: 10.1109/VL/HCC51201.2021.9576290.
- [110] X. Zhou, J. Van Brummelen, i P. Lin, „Designing AI Learning Experiences for K-12: Emerging Works, Future Opportunities and a Design Framework“. arXiv, 21. ruj. 2020. Pristupljeno: 02. ruj. 2023. [Na internetu]. Dostupno na: <http://arxiv.org/abs/2009.10228>
- [111] J. Kim, H. Lee, i Y. H. Cho, „Learning design to support student-AI collaboration: perspectives of leading teachers for AI in education“, *Educ. Inf. Technol.*, sv. 27, izd. 5, str. 6069–6104, lip. 2022, doi: 10.1007/s10639-021-10831-6.

- [112]M. Skirpan, N. Beard, S. Bhaduri, C. Fiesler, i T. Yeh, „Ethics Education in Context: A Case Study of Novel Ethics Activities for the CS Classroom“, u *Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Baltimore Maryland USA: ACM, velj. 2018, str. 940–945. doi: 10.1145/3159450.3159573.
- [113]K. J. Rott, L. Lao, E. Petridou, i B. Schmidt-Hertha, „Needs and requirements for an additional AI qualification during dual vocational training: Results from studies of apprentices and teachers“, *Comput. Educ. Artif. Intell.*, sv. 3, str. 100102, 2022, doi: 10.1016/j.caeai.2022.100102.
- [114]S. Jiang *i ostali*, „Agents, Models, and Ethics: Importance of Interdisciplinary Explorations in AI Education“.
- [115]W. Damon, „What is Positive Youth Development?“, *Ann. Am. Acad. Pol. Soc. Sci.*, sv. 591, izd. 1, str. 13–24, sij. 2004, doi: 10.1177/0002716203260092.
- [116]C. S. Chai, T. K. F. Chiu, X. Wang, F. Jiang, i X.-F. Lin, „Modeling Chinese Secondary School Students’ Behavioral Intentions to Learn Artificial Intelligence with the Theory of Planned Behavior and Self-Determination Theory“, *Sustainability*, sv. 15, izd. 1, str. 605, pros. 2022, doi: 10.3390/su15010605.
- [117]I. Celik, „Towards Intelligent-TPACK: An empirical study on teachers’ professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education“, *Comput. Hum. Behav.*, sv. 138, str. 107468, sij. 2023, doi: 10.1016/j.chb.2022.107468.
- [118]L. Zhao, X. Wu, i H. Luo, „Developing AI Literacy for Primary and Middle School Teachers in China: Based on a Structural Equation Modeling Analysis“, *Sustainability*, sv. 14, izd. 21, Art. izd. 21, stu. 2022, doi: 10.3390/su142114549.
- [119]J. Solyst *i ostali*, „I Would Like to Design”: Black Girls Analyzing and Ideating Fair and Accountable AI“, u *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Hamburg Germany: ACM, tra. 2023, str. 1–14. doi: 10.1145/3544548.3581378.
- [120]S. Verma, „Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy“, *Vikalpa J. Decis. Mak.*, sv. 44, izd. 2, str. 97–98, lip. 2019, doi: 10.1177/0256090919853933.
- [121]K. Kim i K. Kwon, „Exploring the AI competencies of elementary school teachers in South Korea“, *Comput. Educ. Artif. Intell.*, sv. 4, str. 100137, 2023, doi: 10.1016/j.caeai.2023.100137.
- [122]S. Ali *i ostali*, „Children as creators, thinkers and citizens in an AI-driven future“, *Comput. Educ. Artif. Intell.*, sv. 2, str. 100040, 2021, doi: 10.1016/j.caeai.2021.100040.
- [123]S. Ali, D. DiPaola, I. Lee, J. Hong, i C. Breazeal, „Exploring Generative Models with Middle School Students“, u *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Yokohama Japan: ACM, svi. 2021, str. 1–13. doi: 10.1145/3411764.3445226.
- [124]X. Gong *i ostali*, „K-9 Artificial Intelligence Education in Qingdao: Issues, Challenges and Suggestions“, u *2020 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)*, Nanjing, China: IEEE, lis. 2020, str. 1–6. doi: 10.1109/ICNSC48988.2020.9238087.
- [125]M. E. Webb *i ostali*, „Machine learning for human learners: opportunities, issues, tensions and threats“, *Educ. Technol. Res. Dev.*, sv. 69, izd. 4, str. 2109–2130, kol. 2021, doi: 10.1007/s11423-020-09858-2.
- [126]S. Ki Kim, T. Kim, i K. Kim, „Analysis of Teaching and Learning Environment for Data Science and AI Education (Focused on 2022 Revised Curriculum)“, u *2023 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIC)*, Bali, Indonesia: IEEE, velj. 2023, str. 788–790. doi: 10.1109/ICAIC57133.2023.10067051.
- [127]P. Mertala i J. Fagerlund, „Finnish 5th and 6th graders’ misconceptions about Artificial Intelligence“, EdArXiv, preprint, ožu. 2023. doi: 10.35542/osf.io/hw9fr.
- [128]I. Pesek, N. Nosovic, i M. Krasna, „The Role of AI in the Education and for the Education“, u *2022 11th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, Budva, Montenegro: IEEE, lip. 2022, str. 1–4. doi: 10.1109/MECO55406.2022.9797189.
- [129]F. Wen, Y. Hu, i X. Gu, „Does the Perceived Organizational Support and AI Literacy Affect Teachers’ AI Instructional Creative Performance?“, u *2022 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Bucharest, Romania: IEEE, srp. 2022, str. 363–367. doi: 10.1109/ICALT55010.2022.00113.
- [130]S. Mladenovic, B. Lisnic, i D. Krpan, „AI LITERACY IN K-12 INFORMATICS EDUCATION“, predstavljeno na 14th International Conference on Education and New Learning Technologies, Palma, Spain, srp. 2022, str. 6752–6757. doi: 10.21125/edulearn.2022.1592.