



Sveučilište u Rijeci
University of Rijeka
<http://www.uniri.hr>

Polytechnica: Journal of Technology Education, Volume 8, Number 2 (2024)
Politehnika: Časopis za tehnički odgoj i obrazovanje, Svezak 8, Broj 2 (2024)



Politehnika
Polytechnica
<https://www.politehnika.hr/journal>
cte@uniri.hr

DOI: <https://doi.org/10.36978/cte.8.2.1>

Pregledni članak
Review article

Poučavanje robotike u primarnom obrazovanju kao način za promicanje različitosti i održanje mentalnog zdravlja djece

Darko Suman

OŠ Vladimira Nazora Pazin
Šetalište Pazinske gimnazije 9,
52000 Pazin
darko.suman@skole.hr

Vladimir Pleština

Sveučilište u Splitu
Fakultet elektrotehnike, strojarstva i
brodogradnje
Ruđera Boškovića 32, 21000 Split
vladimir.plestina@fesb.hr

Damir Purković

Sveučilište u Rijeci
Tehnički fakultet
Vukovarska 58, 51000 Rijeka
damir@uniri.hr

Sažetak

U radu se raspravlja o važnosti učenja i poučavanja automatike i robotike za razvoj djece i mladih te se iznosi kritika uopćenog shvaćanja važnosti ovog područja samo u kontekstu poučavanja programiranja, potreba društva ili u kontekstu selekcije talenata. Elaborira se multidisciplinarnost ovog područja kao podloga za promicanje različitosti učenika. U tom smislu se iznose razvojna ograničenja i mogućnosti učenika primarnog obrazovanja, mogući pristupi učenju i poučavanju, te motivirajući i demotivirajući elementi takvih pristupa. Pritom se ističe integrirano poučavanje kao rješenje koje različitim „mozgovima“ može pružiti priliku za otkrivanje vlastitih sklonosti i za samoostvarivanje. Tako se kroz „sraz različitosti“ uspostavlja suradnja, razvijaju se komunikacijske vještine, što rezultira prihvaćanjem različitosti. U radu se zaključuje da je integrativna nastava robotike više od usvajanja znanja iz programiranja, matematike ili tehnike, odnosno, da je to prilika za uspješniji razvoj kompetencija za 21. stoljeće. To je ujedno i prilika za učenje „neatraktivnih“ sadržaja na atraktivan način što doprinosi mentalnom zdravlju učenika kroz proces demistificiranja tehnologije i odmak od uobičajenog (konzumerskog) korištenja tehnologije. Pritom aktivnosti na izazovima koji se stavljaju pred učenike razvijaju njihove mentalne mehanizme tako što potiču njihovu znatiželju, izazivaju otkrivanje i razvijaju kritičko mišljenje, kao odmak od konformističkog pristupa prisutnog danas kod mladih naraštaja.

Ključne riječi: integrirano poučavanje; mentalno zdravlje; poučavanje robotike; robotika; samoostvarivanje.

1 Uvod

Od 80-tih godina prošlog stoljeća robotika postupno ulazi u odgoj i obrazovanje mladih naraštaja. Već je tada teoretičar obrazovanja Seymour Papert (1993) vjerovao da aktivnosti iz robotike imaju potencijal za poboljšanje nastave te da društvena i afektivna uključenost učenika u IT sadržaje može programiranje učiniti interdisciplinarnim alatom za učenje drugih disciplina (Papert, 1980; Kálózi-Szabó, 2022). Sve je to, naravno, bilo potaknuto brzim tehnološkim

promjenama gospodarstva i društva, ali i brojnim popularnim sadržajima koji su ovo područje promovirali u javnom prostoru. Od tada do danas je učinjen veliki napredak po pitanju korištenja robota u odgojno-obrazovnom procesu, čija primjena se danas razmatra pod zasebnim pojmom kao obrazovna robotika (engl. Educational robotics – ER). Također su tijekom protekla tri desetljeća razvijene brojne robotske platforme za odgojno-obrazovne svrhe, s različitim mogućnostima, namijenjene različitim dobnim skupinama učenika, te s različitim cjenovnim razredima (Rubenstein i sur., 2015). U tom smislu se i obrazovni robot smatra transformacijskim alatom za

učenje, koji promiče učenje računalnog razmišljanja, kodiranja i tehnike (inženjerstva) kao kritičnih sastavnica STEM učenja kako bi se učenici pripremili za budućnost vođenu tehnologijom (Eguchi, 2015). Iako se i danas obrazovni roboti najčešće koriste u svrhe koje proizlaze iz ove definicije, usmjerene na podupiranje predmeta koji su usko povezani s poljem robotike, kao što je programiranje robota, konstrukcija robota ili mehatronika (Barreto i Benitti, 2012), stručnjaci smatraju da je način na koji se robotika uvodi u obrazovne ustanove nepotrebno uzak (Rusk i sur., 2008; Barreto i Benitti, 2012; Alimisis i sur., 2019.). Drugim riječima, različite učenike privlače različite vrste robotskih aktivnosti (Resnick, 1991), pa ih i aktivnosti u područjima kojima su više skloni mogu bolje motivirati za takve aktivnosti. Također, dok se za mlađu djecu smatra primjeren rad s robotskim setovima i „black box“ pristup, nešto stariji uzrasti učenika se mogu nositi s više mehatronike i dubljim razmatranjem detalja kroz tzv. „white box“ pristup (Lammer i sur., 2017). Stoga je važno učenicima pružiti višestruke putove u učenju i poučavanju robotike, kako bi se osigurala polazna točka za uključivanje mladih ljudi s različitim interesima i stilovima učenja kao te uravnoteženost pristupa između „crne kutije“ i „bijele kutije“ (Rusk i sur., 2008, Kynigos, 2008). Zbog toga bi danas obrazovna robotika trebala biti šira platforma za razvoj različitih sposobnosti učenika, koje nisu usko povezane samo sa tehnologijom i inženjerstvom.

Ovaj rad stoga donosi pregled suvremenih teorijskih polazišta obrazovne robotike te analizu recentnih istraživanja učinka takve nastave na učinke. Pritom se žele ustanoviti stvarni razlozi uvođenja robotike u nastavu, jesu li sadržaji robotike atraktivni svim učenicima, mogu li sva djeca ovladati pojedinim visoko apstraktnim sadržajima ove nastave, te imaju li učitelji dovoljne stručne i pedagoške vještine i kompetencije za realizaciju takve nastave. Sintezom spoznaja proizašlih iz pregleda i analize istraživanja se iznad svega želi utvrditi može li obrazovna robotika, kao multidisciplinarno područje, biti više od učenja tehnologije i/ili programiranja, odnosno, može li promicati različitosti i pomoći današnjoj djeci u očuvanju njihova mentalnog zdravlja. U konačnici se, temeljem analize problema, iznosi koncept obrazovne robotike kao sredstva za promicanje različitosti i očuvanja mentalnog zdravlja učenika osnovne škole.

2 Teorijska polazišta obrazovne robotike

U pozadini učenja i poučavanja u području obrazovne robotike u osnovi stoji konstruktivizam i konstrukcionizam (Anwar i sur., 2019; Reyes Mury, 2022). Konstruktivizam, kao teorija učenja, ili teorija

stvaranja znanja i pristupa obrazovanju, naglašava načine i mehanizme na kojima ljudi stvaraju sliku svijeta i pronalaze smisao kroz nizove individualnih konstrukata (Purković, 2013; 2015). Iako se korijeni konstruktivizma u odgoju i obrazovanju mogu pronaći u ranoj filozofiji i psihologiji, među začetnicima ovog pristupa svakako se ubraja John Dewey (Dewey, 1952) kroz filozofiju konstruiranja znanja na temelju vlastitog iskustva. Riječ je o konceptu koji kaže da dokle god stvarnost može postojati odvojeno od iskustva, može biti poznata samo kroz iskustvo, a rezultirati osobnom, jedinstvenom stvarnošću (Doolittle i Camp, 1999; Purković, 2013). U tom smislu se znanje smatra iskustvom koje se aktivno konstruira kroz interakciju s okolinom (Piaget i Duckworth, 1970). Pritom učenici obično rade na autentičnim problemima u malim grupama ili timovima, a njihova prethodna iskustva i predznanje su osnova su za konstruiranje daljnjeg znanja (Lapov-Padovan i sur., 2017; Anwar i sur., 2019). U osnovi je riječ o iskustvenom učenju (Kolb, 1984) koje se odvija u smislenom kontekstu učenja i poučavanja (Purković, 2016). Takav rad učenika na autentičnim problemima potiče generiranje rješenja korištenjem tehnološkog okvira sa svrhom angažiranja i motiviranja učenika (Papert, 1993). Konstrukcionizam dijeli ideje s konstruktivističkom teorijom učenja i poučavanja, ali je proširuje kontekstom stvarnog svijeta koji vodi generiranju novog znanja (Papert, 1980, 1993; Anwar i sur., 2019). Pritom se naglasak stavlja na učenje otkrivanjem opipljivih predmeta te uspostavljanjem veza između prethodnog znanja i novih informacija u stvarnom svijetu (Alimisis i Kynigos, 2009, Anwar i sur., 2019). U pozadini dakle stoji učenja kroz rad, stvaranje i manipulacija fizičkim objektima, što je ovdje ključno za proces učenja (Purković, 2013, 2016; Anwar i sur., 2019; Reyes Mury, 2022). Pritom učenici moraju upotrijebiti svoje znanje za izgradnju i planiranje rješenja problema, zatim manipulirati objektima kako bi provjerili učinkovitost rješenja (Reyes Mury, 2022). U tom smislu se naglašava važnost manipulacije i uloga tijela u učenju, jer ono, ne samo da obavlja senzornu i izvršnu posredničku funkciju između mozga i vanjskog svijeta, već predstavlja glavni uređaj putem kojeg, realizirajući iskustva, razvijamo učenje i proizvodimo znanje (Damiani, 2015, prema: Negrini i Bernaschina, 2018). Osim toga manipulacija predmetima čini učenje vidljivim i potiče verbalizaciju vlastitog zaključivanja i dijeljenje otkrića (Reyes Mury, 2022), dok fizičko utjelovljenje omogućuje povećanje angažmana učenika i ima veću prednost od drugih često korištenih metoda podučavanja (Papadakis i sur., 2021). Takvo uključivanje učenika u zadatke koji su usmjereni na proces čini razmišljanje i učenje vidljivim (Anwar i sur., 2019). Tijekom takvog učenja ne treba zanemariti ni društvenu ulogu učenja koje omogućuje razvoj

transverzalnih kompetencija kroz suočavanje s drugima (Reyes Mury, 2022), pa se tako razvija i kritičko razmišljanje, komunikacijske i suradničke vještine, vještine rješavanja problema i kreativnost (Rapti i Sapounidis, 2024; Mangina i sur., 2024). Anwar i sur. (2019) navode da je glavna razlika između konstruktivizma i konstrukcionizma u tome što se konstruktivizam prvenstveno odnosi na mentalne procese učenika, a konstrukcionizam na fizičke procese, iako je u osnovi riječ o istom teorijskom polazištu. Naime, iako su mentalni procesi u pozadini svakog učenja i poučavanja, ono se u širokom području tehnike i tehnologije, ali i drugim aplikativnim područjima, najbolje uči iskustveno i u smislenoj interakciji s fizičkim objektima. Prema dugogodišnjem pedagoškom iskustvu autora, isticanje razlika između ova dva pristupa može biti plod nerazumijevanja pozadinskih procesa koji se zbivaju u učeniku tijekom njegova iskustva s objektima, ali i upornog negiranja važnosti interakcije s fizičkim svijetom za cjeloviti razvoj učenika. Naime, brojni stručnjaci i učitelji i nadalje smatraju da je verbalna i isključivo virtualna interakcija dostatna za usvajanje primjerene razine znanja i razvoj učenika, što može biti produkt istog nerazumijevanja, ali i nedostatnih spoznaja i iskustva iz vlastite nastavne prakse. Osim toga, samo učitelji koji su se usudili primijeniti konkretne (smislene, složene i praktične) aktivnosti u vlastitoj nastavi mogu shvatiti koliko je organizacijski i pedagoški zahtjevno realizirati takvu nastavu, koliko se trebaju angažirati u takvoj nastavi, koju razinu znanja i kompetencija trebaju imati za takvu nastavu, ali i kakav učinak ima takva nastava na učenike. Naravno da je puno lakše izvoditi nastavu „ex cathedra“ ili isključivo virtualno, osobito jer su virtualni simulatori znatno napredovali (Camargo i sur., 2021), pa takva nastava može biti jeftinija i za sve dionike „jednostavnija“. No, potom se ne trebamo čuditi nedostatnom cjelovitom razvoju učenika. Naime virtualno učenje i poučavanje robotike je važno, ali je ono ipak značajnije sa stajališta visokog obrazovanja (Gabriele i sur., 2012) u kojem su studenti zrelija, kognitivno sposobnija i vještija populacija. Zbog toga se obrazovna robotika u osnovnom, pa ni srednjem obrazovanju u osnovi ne može realizirati bez fizičke interakcije s robotima, te će samo tako imati potencijal promijeniti neprimjerena shvaćanja odgoja i obrazovanja u ovom području, a ujedno je dovoljno atraktivna i potrebna zajednici da se postupno može ukorijeniti u školovanju učenika.

3 Istraživanja učinka obrazovne robotike u nastavi

Istraživanja učinka obrazovne robotike na postignuća učenika u mnogim segmentima mogu odgovoriti na

pitanje o stvarnim razlozima uvođenja robotike u nastavni proces, ali i na pitanje jesu li sadržaji nastave robotike atraktivni svim učenicima. Iako većina istraživanja ističe interdisciplinarnu i multidisciplinarnu prirodu obrazovne robotike, iz brojnih istraživanja se može uočiti da se poučavanje i učenje često provodi s jednostranim naglašavanjem samo jedne komponente ili dimenzije postignuća učenika. U ranijim studijama korištenje robota u obrazovanju je uglavnom bilo usmjereno na poučavanje računalnog programiranja ili različitih koncepata tzv. STEM poučavanja (Mason i Cooper, 2013; Anwar i sur., 2019). Novija su istraživanja češće usmjerena na razvoj IT vještina učenika, odnosno, na tzv. računalno razmišljanje (Bers i sur., 2014; Bakala i sur., 2021), primjenu vještina računalnog razmišljanja u drugom kontekstu (Kálózi-Szabó, 2022) ili na općeniti doprinos razvoju djece (Negrini i Bernaschina, 2018; Mangina i sur., 2024; Rapti i Sapounidis, 2024). Možda najbolji sustavni pregled i klasifikaciju istraživanja učinka obrazovne robotike na učenike iznose Anwar i suradnici (2019), koji su relevantna istraživanja klasificirali u pet skupina: a) opće prednosti, b) učenje i transfer vještina, c) kreativnost i motivacija, d) uvažavanje različitosti i uključivost, te e) profesionalni razvoj nastavnika (Anwar i sur., 2019). Vrlo sličnu klasifikaciju istraživanja obrazovne robotike prethodno su iznijeli (Bascou i Menekse, 2016).

Kad je riječ o općenitom doprinosu razvoju učenika, istraživanja ukazuju na to da nastava robotike promiče pedagogiju aktivnog učenja i pomaže u poboljšanju iskustva učenja (Anwar i sur., 2019). Tako su pojedine studije u kojima je inženjerski dizajn bio integriran u nastavu pokazale da učenici nakon takve nastave međusobno bolje surađuju, uspješnije rješavaju probleme, te da bolje upravljaju vlastitim učenjem (Sahin i sur., 2014; Mosley i sur., 2016). Također je uočeno da primjena robotike u odgoju i obrazovanju pomaže razvoju kritičkog mišljenja učenika (Sahin i sur., 2014) te da pozitivno utječe na njihovu angažiranost u nastavi (Mac Iver i Mac Iver, 2014; Purković i Prihoda Perišić, 2018). Ujedno su istraživanja ukazala da poučavanje robotike pomaže i razvoju transversalnih vještina (Amo i sur., 2021), koje mogu biti u fokusu ove nastave, dok robotika služi kao sredstvo za kataliziranje takvih vještina.

Po pitanju učenja i transfera znanja rezultati pojedinih istraživanja ukazuju na to da nastava robotike može pomoći učenicima u učenju i konstruiraju novog znanja kroz ispitivanje, istraživanje i stvaranje kognitivne povezanosti s prethodnim iskustvom (Anwar i sur., 2019). Tako određena istraživanja ukazuju na to da praktično iskustvo učenja s robotima omogućuje učenicima bolje razumijevanje apstraktnih pojmova i koncepata bez obzira na dob i spol (Krishnamoorthy i Kapila, 2016), pod uvjetom da su aktivnosti usklađene s razvojnom dobi učenika te

primjereno provedene. Istraživanja također ukazuju na to da se primjena inženjerskog dizajna u nastavi robotike pozitivno odražava na učenikovo razumijevanje znanstvenih koncepata i vještina programiranja, te na samouvjerenost učitelja i učenika u vlastita postignuća (McKay i sur., 2015), iako se to ne odražava uvijek i na njihove ocjene. Također je uočeno da nastava robotike može biti dobar alat za bolje razumijevanje matematičkih koncepata i specijalne inteligencije te za povećanje interesa i motivacije za učenje matematike (Williams i sur., 2012; Julià i Antolí, 2016), ali pod pretpostavkom da učenici provode timske aktivnosti tijekom kojih primjenjuju matematičke koncepte u „stvarnom svijetu“. Istraživanja također ukazuju da obrazovna robotika olakšava učenje učenicima, neovisno o tome što se ustvari uči (Wang i sur., 2023) te da tijekom učenja i poučavanja učenici steknu iskustvo i vještine koje im pomažu primijeniti stečeno znanje u novim situacijama ili u drugom kontekstu (Okita, 2015; Kálózi-Szabó i sur., 2022).

Kad je riječ o interesu i motivaciji učenika za učenje robotike pojedina istraživanja pokazuju da je osnovnoškolskim učenicima ovo područje učenja i poučavanja među najpopularnijim (Purković i sur., 2022). Istraživanja ujedno pokazuju da robotika može biti alat za poticanje i jačanje interesa i motivacije učenika za učenje tehnologije i STEM koncepata (Cuellar i sur., 2014; Rubenstein i sur., 2015; Wu i sur., 2018). Također se ustanovilo da obrazovna robotika ima potencijal za promicanje kreativnosti učenika (Rubenstein i sur., 2015; Nemiro i sur., 2017; Tzagkaraki i sur., 2021). Istraživanja uglavnom ukazuju na to da uključivanje kreativnih (stvaralačkih) aktivnosti u ranim fazama ovog obrazovanja djeluje kao katalizator koji ipak umanjuje krivulju učenja, a povećava interes učenika. No, interes i kreativnost učenika se smanjuju kako učenici napreduju (Anwar i sur., 2019). Možda bi zbog toga nastava robotike mogla pomoći učiteljima u osmišljavanju društveno i kulturno relevantnih aktivnosti učenja koje mogu poboljšati kreativnost i motivaciju učenika (Anwar i sur., 2019). Drugim riječima, učenje i poučavanje robotike isključivo kao tehničke discipline ili samo zbog razvoja IT vještina, vjerojatno će tijekom sazrijevanja učenika umanjiti njihov interes za ovo područje, što je možda i razlog uočenog opadanja interesa kod učenika osnovne škole s njihovim sazrijevanjem (Purković i sur., 2022).

Studije koje su istraživale učinak radionica obrazovne robotike na profesionalni razvoj učitelja su pokazale da se takve radionice mogu učinkovito koristiti za uvođenje učitelja u ovo područje, da doprinose usvajanju znanja i samoučinkovitosti u vlastitoj nastavi, te pomažu u poboljšanju i razvoju kurikuluma vlastite nastave (Anwar i sur., 2019). Ipak, za postizanje većeg uspjeha je nužno pronaći načine

obrazovanja učitelja o učinkovitim metodologijama za poticanje učenja učenika putem fizičkih i virtualnih platformi, neovisno o tome hoće li se takvo usavršavanje provoditi izravno ili online (Bascou i Menekse, 2016). Naime, istraživanja i nadalje otkrivaju da poteškoće nastaju na tehničkoj razini, zbog nedostatnog znanja učitelja, ili pak zbog nedostatnih relevantnih odredbi za učinkovitu integraciju obrazovne robotike u kurikulum osnovnoškolske nastave (Tzagkaraki i sur. 2021).

4 Obrazovna robotika i promicanje različitosti učenika

Istraživanja utjecaja obrazovne robotike na promicanje različitosti i zadržavanje učenika u tzv. STEM područjima provedena su uglavnom na programima koji su bili ciljano integrirani u školski kurikulum, ili su bili intervencijsko sredstvo za uključivanje ugroženih ili nedovoljno zastupljenih skupina, ili pak kao dio platforme za neformalno učenje. Istraživanja sugeriraju da primjerena nastava obrazovne robotike može pozitivno utjecati na promjenu stavova ženske djece prema računalnim znanostima i inženjerstvu, te povećati njihovo povjerenje u vlastite sposobnosti (Mason i sur., 2011; Master i sur., 2017). Također je uočeno da su obrazovni programi u kojima je integrirana robotika uspješniji u promicanju različitosti učenika, poticanju interesa te zadržavanju u tzv. STEM području od drugih oblika aktivnosti temeljenih na kreativnosti (Searle i sur., 2014; Anwar i sur., 2019). Određena istraživanja primjene programa obrazovne robotike na manjinskim i drugim podzastupljenim skupinama također pokazuju pozitivan utjecaj na stavove i interesa prema robotici i STEM području (Bascou i Menekse, 2016; Anwar i sur., 2019), pri čemu je poželjno uključiti kulturne, društvene i estetske elemente specifične za tu zajednicu, pa i učitelja koji je pripadnik takve zajednice.

5 Tehnologija i mentalno zdravlje učenika

Rijetka istraživanja naglašavaju važnost obrazovne robotike za mentalno zdravlje učenika, čije očuvanje bi danas trebalo biti jedan od prioriteta odgoja i obrazovanja. Naime, neodgovarajuće korištenje tehnologije u smislu sadržaja, trajanja, učestalosti i tjelesnog držanja koje učenici zauzimaju dok se koriste tehnologijom predstavlja niz zdravstvenih rizika, uključujući probleme u razvoju, probleme s mišićno-koštanim sustavom, tjelesnu neaktivnost, pretilost, poremećaj spavanja (Mustafaoglu i sur., 2018), ali i brojne mentalne probleme. Tako među današnjom

djecom i mladima kognitivne i psihoemocionalne poteškoće postaju vrlo izražene. U tom smislu oko 2 % djece i adolescenata pati od depresije i oko 5 % od anksioznosti" (UNESCO, 2021). Također, raste i broj učenika s posebnim obrazovnim potrebama, a velike razlike su uočene s obzirom na nacionalni kontekst, ali i po pitanju shvaćanja ovog pojma (Sannicandro, 2022). Osim toga istraživanja su ustanovila značajnu povezanost između veće učestalosti korištenja modernih digitalnih medija i naknadnih simptoma ADHD-a (Ra i sur., 2018), kao poremećaja pažnje i hiperaktivnosti učenika. Poremećaj pažnje učenika navode i učitelji tehničke kulture u Hrvatskoj kao jedan od značajnih distraktora nastave u posljednjih nekoliko godina. Ipak, iako moderna tehnologija uzrokuje komunikacijski hendikep mladih naraštaja (Petrina, 2007), brzi gubitak interesa učenika prema složenim područjima kao što je robotika (Purković i sur., 2023) te sveprisutni nedostatak usredotočenosti učenika na aktivnosti koje zahtijevaju pažnju i strpljivost, djecu nije moguće izolirati od tehnologije. Stoga stručnjaci smatraju da bi povezanost između pedagogije (didaktike i metodike) i digitalnih tehnologija mogla olakšati izgradnju smislenog učenja, kao alata i resursa koji će poticati autonomiju kod djece i mladih te poboljšati procese povezane s načelima uključenosti i personalizacije (Sannicandro i sur., 2022). S obzirom na multidisciplinarnu i transdisciplinarnu prirodu obrazovne robotike, primjerena implementacija u nastavni proces može stvoriti okruženje za učenje u kojem djeca mogu komunicirati sa svojom okolinom i raditi na problemima iz stvarnog svijeta (Alimisis, 2013). Drugim riječima, obrazovna robotika uključuje brojne discipline, ali je i primjenjiva na različita područja ljudskog djelovanja, što predstavlja odgojno-obrazovni potencijal za razvoj učenika u skladu s njihovim razvojnim mogućnostima i odgojno-obrazovnim potrebama.

6 Diskusija

Iz ovdje predočenih, ali i brojnih drugih istraživanja, razvidno je da se učenje i poučavanje robotike u osnovnoj školi provodi uglavnom zbog nekoliko razloga. Prvi razlog je razvoj računalnog razmišljanja učenika, odnosno, njihovih vještina programiranja. Iako je ovo važan i legitiman razlog, potrebno je istaknuti da je to ujedno često i razlog odustajanja dijela učenika od takvih aktivnosti. Drugi razlog učenja i poučavanja robotike usmjeren je razvoju sposobnosti korištenja informacijske tehnologije ili akademskih postignuća i vještina učenika u tzv. STEM području. To se često odnosi na postignuća iz prirodoslovlja (fizike i matematike) te elektrotehnike i elektronike. Treći razlog je usmjeren na poticanje interesa za tehnologiju

i STEM područje i zadržavanje učenika u tom području. Četvrti razlog je razvoj kritičkog razmišljanja, komunikacije, suradnje i kreativnosti, tzv. 4C vještine učenika za 21. stoljeće (Kivunja, 2015). Pritom obrazovna robotika može pospješiti razvoj kognitivnih vještina i kreativnosti učenika, ali ne može toliko olakšati njihovu interakciju u pogledu emocionalnog izražavanja (Rapti i Sapounidis, 2024). To znači da je razvoj komunikacijskih vještina i suradnje među učenicima i nadalje vrlo upitan. Zbog svega navedenog jasno se može zaključiti da su primarni razlozi i ciljevi obrazovne robotike u osnovnoškolskom obrazovanju danas ipak usmjereni razvoju onih učenika čije im dispozicijske sposobnosti omogućuju uspjeh u vrlo uskom području programiranja, računalnog razmišljanja i matematičke logike. Drugim riječima, učenje i poučavanje robotike u osnovnoj školi se primarno uči i poučava zbog onih koji to mogu pa se može zaključiti da je otkrivanje talenata u fokusu ovakve nastave. No, pritom se uvelike zapostavljaju učenici koji nisu prirodno skloni područjima matematike, računalnog razmišljanja i programiranja, ali bi zasigurno tijekom ovakvog učenja i poučavanja mogli pokazati da su dobri u nekim drugim segmentima robotike.

Drugi problem na koji se nailazi u istraživanjima je problem tretiranja različitosti i uključenosti. Naime, različitosti među učenicima, osobito u osnovnoškolskom odgoju i obrazovanju, nisu samo one dobne, spolne, rodne, nacionalne, rasne ili razlike koje se odnose na druge osjetljive i ugrožene skupine društva. Razlike su ponajprije one povezane s načinom na koji svaki pojedini ljudski mozak funkcionira, a koje se onda manifestiraju kroz interese, sklonosti, načine na koji najbolje usvaja znanje i vještine te postiže uspjeh, a koje su povezane s njegovim dispozicijskim sposobnostima i razinom kognitivnog razvoja koju može doseći. Naime razine kognitivnog razvoja čovjeka, koje u svojoj teoriji iznosi Jean Piaget (1973) pretpostavljaju četiri faze razvoja: senzomotornu (do 2. godine života), predoperacijsku (od 2. do 7. godine), fazu konkretnih operacija (od 7. do 11. godine), te fazu formalnih operacija (od 12. godine nadalje) (Piaget, 1973). Završna faza Piagetove teorije uključuje povećanje logike, sposobnost korištenja deduktivnog zaključivanja i razumijevanje apstraktnih ideja (McLeod, 2009; Scott i Cogburn, 2024). Sposobnost razmišljanja o apstraktnim idejama i situacijama ključno je obilježje formalne operativne faze kognitivnog razvoja, kao i sposobnost sustavnog planiranja budućnosti i razmišljanja o hipotetskim situacijama (McLeod, 2009). Međutim, istraživanja pokazuju da napredak do formalne operativne faze nije zajamčen, nije uvijek povezan s dobi učenika, a vjerojatno niti ostvariv kod svakog pojedinca. U prilog tome idu istraživanja koja pokazuju da 40 - 60% učenika ne uspijeva u formalnim operativnim

zadacima (Keating, 1979), te da samo jedna trećina odraslih ikada dosegne fazu formalnih operacija (Dasen, 1994). S obzirom da učenje i poučavanje robotike uključuje kognitivne vještine koje korespondiraju s razvijenom fazom formalnih operacija, jasno je da dio, a možda i većina učenika, neće uspješno ovladati zahtjevima takve nastave i učenja. To može samo biti dodatni izvor frustracija za učenike, razlog odustajanja, ali i razlog za stvaranje negativnih osjećaja i odnosa prema onima koji u tome s lakoćom uspijevaju. Među djecom se također pritom stvori i određena polarizacija na one koji mogu i one koji ne mogu, što samo produbljuje nerazumijevanje međusobnih kvaliteta i tako narušava mogućnost međusobnog nadopunjavanja u aktivnostima, suradnje i uvažavanja različitosti. Osim razlika povezanih s kognitivnim razvojem, razlike među učenicima su prisutne i u dispozicijskim sposobnostima koje su povezane s vrstom inteligencije s kojom se svatko od nas rodi. Naime, teorija višestrukih inteligencija (Gardner i Hatch, 1989; Gardner, 1993) razlikuje barem sedam različitih tipova inteligencije, kao mogućih prirodnih prednosti pojedinca koji determiniraju njegove stilove ponašanja, rada i učenja. Tako se razlikuju lingvistički, glazbeni, matematičko-logički, tjelesno-kinestetički, prostorno-vizualni, interpersonalni i intrapersonalni tip inteligencije (Gardner i Hatch, 1989). Pritom je važno istaknuti da će pojedinac uspješnije učiti ako je način učenja prilagođen njegovom tipu inteligencije. Suprotno tome, ako je prisiljen djelovati i misliti na njemu neprirodan način, to će imati značajan negativni utjecaj na učinkovitost učenja, ali i izazvati negativne emocije prema takvom učenju. Drugim riječima, netko će nešto bolje shvatiti ako mu se nacrt, netko ako mu se opiše, netko će na temelju nekog dijagrama ili računске operacije to shvatiti, a postoje i oni koji će to shvatiti zbog nekoga ili za nekoga itd. S obzirom na kompleksnost robotike i njenu široku primjenu, na temelju izloženosti učenika različitim (višestrukim) manifestacijama i tumačenjima (Black i McClintock, 1995) učitelj bi najprije trebao otkriti tip inteligencije učenika ili skupine učenika. Potom bi trebao podržati način učenja primjeren tipovima inteligencije svojih učenika, ali i primijeniti to što učenici rade na područja koja odgovaraju tim tipovima inteligencije. Na taj način bi podržao različite načine na koji učenici grade spoznaju o nekoj stvarnosti te pružio priliku „različitim mozgovima“ za postizanje sličnih spoznaja. Pritom je vrlo važno shvatiti da učenje i razmišljanje ne mogu postojati bez sadržaja, pa se niti generičke vještine mišljenja ne mogu razvijati bez konteksta (Slangen, 2016). Zbog toga je raznolikost u korištenju različitih kategorija misaonog ponašanja i procesa uvjetovana vrstom sadržaja. U obrazovnoj robotici je zbog toga važno provoditi puno više istraživačkih zadataka na

rješavanju problema, ali i složenih aktivnosti temeljenih na projektima (Purković i Salopek, 2015), pri čemu se mogu koristiti različiti alati i simulacije. Učitelj stoga treba znati da se vještine učenika ne mogu razvijati zasebno, već da je učenje i ljudsko razmišljanje više od zbroja sastavnih vještina (Slangen, 2016).

Treći uočeni problem predstavljaju vrste nastavnih aktivnosti koje se provode u obrazovnoj robotici, kao i oblici (načini) integracije robotike u osnovnoškolsko obrazovanje. Aktivnosti koje su primjerene razvojnoj dobi učenika, a koje su predstavljene u istraživanjima, ipak su provedene u eksperimentalnim kontekstima takve nastave. Ujedno su ciljano ispitivale učinak na određene vještine i postignuća, a ne na cjeloviti razvoj učenika. U stvarnosti se ova nastava uglavnom provodi uz pomoć komercijalno dostupnih robotskih platformi namijenjenih obrazovanju, pri čemu učenici na temelju zadatka sastavljaju sklop i realiziraju programsko rješenje njegove funkcionalnosti uz pomoć učitelja. Nerijetko se učenicima daje i programsko rješenje, umjesto da oni to rješenje sami pronađu. Iako su i takve aktivnosti korisne za početno učenje, one nisu dostatne za kognitivni razvoj učenika. Stoga bi u obrazovnoj robotici aktivnosti trebale biti usmjerene na iznalaženje rješenja (dizajna, konstrukcije i funkcionalnosti robota) istraživanjem, vlastitim eksperimentiranjem, rješavanjem problema, te primjenom složenih projektnih aktivnosti (Purković i Salopek, 2015). Osim toga, istraživanja su uglavnom temeljena na intervencijskim, izvannastavnim, pa i izvanškolskim aktivnostima, a vrlo rijetko su dio formalnog obveznog obrazovanja. Zbog toga je teško generalizirati učinak takve nastave na učenike, jer se u pravilu ne radi o široj populaciji učenika. Ujedno ne postoji jedinstveni koncept integracije obrazovne robotike u obvezno osnovnoškolsko obrazovanje. Iako koncept ne mora biti isti za svaki tradicijski i kulturološki odgojno-obrazovni kontekst, ipak bi do njega trebalo doći.

Četvrti problem koji je analizom istraživanja uočen je problem vještina i kompetencija učitelja. Pritom se često uočava da učitelji uglavnom nisu pripremljeni za poučavanje robotike u školi tako da učenici mogu razviti konceptualno razumijevanje robotike. Ujedno se učitelji teško nose s tjeskobom i vještinama koje se odnose na programiranje robota (Slangen, 2016). Pritom često ne shvaćaju da je za učenika važniji pristup temeljen na dizajnu i istraživanju u kojem sam proces i rezultirajući konceptualni razvoj imaju veću vrijednost od ispravnih rješenja problema. Drugim riječima, učitelj ne mora „iz rukava“ izvlačiti gotova rješenja problema, već će biti puno korisnije da prizna da ne zna i prepusti učenicima da istraže i dođu do rješenja. S druge strane, učitelji koji su „jaki“ u vještinama programiranja često nemaju dostatna konceptualna ni proceduralna znanja i vještine iz

područja mehaničkih konstrukcija i dizajna, iz elektrotehnike i elektronike, koncepata robotike ili nemaju dostatne spoznaje o primjeni robotike u „stvarnom svijetu“. Ujedno često nemaju dostatna znanja o sadržaju samog predmeta (engl. Subject Matter Knowledge – SMK), često ni pedagoških znanja (engl. Pedagogical Knowledge - PK), a osobito pedagoškog znanja o sadržaju (engl. Pedagogical Content Knowledge – PCK) i tehnološko-pedagoških znanja (engl. Technological-Pedagogical Knowledge - TPK). U tom smislu je tijekom stručnog usavršavanja učitelja važno razvijati njihovo pedagoško znanje o sadržaju i tehnološko-pedagoško znanje. Pedagoško znanje o sadržaju (PCK) se odnosi na razumijevanje kako organizirati, predstaviti i prilagoditi određene teme, probleme ili pitanja kako bi se zadovoljili različiti interesi i sposobnosti učenika (Huang i sur., 2022; Purković i Kovačević, 2024). Tehnološko-pedagoško znanje (TPK) je znanje o interakciji između tehnoloških alata i specifičnih pedagoških praksi (Mishra i Koehler, 2006; Purković, 2024). Učitelj pedagoško znanje treba steći tijekom formalnog obrazovanja i takvo znanje ne bi trebalo biti upitno, kao i znanje o sadržaju nastavnog predmeta. Proces usvajanja tehnološko-pedagoškog znanja te osobito pedagoškog znanja o sadržaju je puno složeniji i često dugotrajan. Ovakva znanja učitelj može steći tek primjerenim stručnim usavršavanjem, tijekom kojega će učiti na brojnim primjerima dobre prakse u kombinaciji s vlastitom nastavnom praksom i tako doći do željenih spoznaja.

6 Obrazovna robotika kao sredstvo za promicanje različitosti i mentalnog zdravlja učenika

6.1 Multidisciplinarna i transdisciplinarna priroda robotike

Robotika je zbog svoje sadržajne kompleksnosti vrlo pogodno područje za integraciju u osnovnoškolsko obrazovanje. Multidisciplinarna priroda robotike pretpostavlja sinergiju različitih sadržaja u nastavnom procesu u osnovnoj školi. Ovi sadržaji uključuju spoznaje iz prirodnih znanosti (zakovitosti iz fizike, kemijski i biološki procesi), matematike (jednostavni i složeniji izračuni, geometrija itd.), strojarstva (mehaničke konstrukcije, elementi i mehanizmi, materijali, tehnički dizajn i konstruiranje, mehanički pogoni i aktuatori), elektrotehnike (strujni krugovi, električni, elektromehanički i elektrokemijski pogoni i aktuatori, senzori, električni i elektronički elementi i sklopovi, električne i elektroničke sheme), računalstva (računalno i logičko razmišljanje, algoritmi, računalni sklopovi, sučelja i procesi, mikroupravljači i razvojne platforme, programiranje), te informatike

(informacijski sustavi, podatci, aplikacije i razvojna okruženja itd.). Ovako široka lepeza sadržaja se u obrazovnoj robotici ne može učiti i poučavati zasebno i sistematski, već se usvaja putem aktivnosti učenika na osmišljavanju, dizajniranju, izradi i rješavanju problema tijekom projektne nastave i učenja. Ovdje navedeni sadržaji ustvari govore o tome da se svaki učenik može pronaći u određenom dijelu takvih aktivnosti, neki u svima, a poneki samo u vrlo ograničenom segmentu. Tako će npr. pojedini učenici biti izuzetno motivirani i postati vješti u dizajniranju robota i predviđanju rješenja problema, ali možda neće biti dobri u izradi ili sastavljanju tog rješenja, dok će drugi biti dobri pri osmišljavanju konstrukcije, izboru materijala i izradi robota, ali možda neće biti dobri u programiranju itd. Zbog toga je važno da učenici rade u timovima ili grupama te da se njihove vještine i sklonosti međusobno nadopunjavaju tijekom realizacije projekta ili rješenja određenog problema. U tom smislu učitelj ne može vrednovati svakog učenika na isti način, već njegov individualni doprinos u onome u čemu se iskazao (kao njegovo postignuće), te treba vrednovati rezultate skupne aktivnosti učenika (rješenje, dokumente, prezentaciju i sl.). Ovakva kompleksnost sadržaja ujedno nameće pojedina zapostavljena područja i učenicima manje atraktivna, poput strojarstva, obrade metala, graditeljstva i sl. (Purković i sur., 2022), koje će učenici na ovaj način upoznati, a možda će se neki od njih i otkriti u takvim područjima.

Transdisciplinarna priroda robotike govori o tome da se robotika danas primjenjuje u svim područjima ljudskog djelovanja, od poljoprivrede, medicine, proizvodnje, pa do sporta, umjetnosti i zabave. Takva primjena učitelju treba biti orijentir za pronalaženje izazova, problema ili primjera koje će učenicima predstaviti i približiti u nastavi robotike. Učitelj stoga mora istražiti i učenicima na dovoljno atraktivan način predstaviti primjenu, mogućnosti, ali i problemske situacije koje će učenicima biti motivacijski „okidač“ za promišljanje i djelovanje. To je ujedno jedan od važnih motivacijskih čimbenika u nastavi robotike. Npr., pojedini učenici će pozitivno reagirati i htjeti sudjelovati u temama koje su povezane sa sportom, dok će drugi možda više biti zainteresirani za teme koje su povezane s umjetnošću ili matematikom itd. Zbog toga je učiteljevo istraživanje i analiza preferencija vlastitih učenika važan početni segment svakog nastavnog rada (Purković, 2013; Purković i sur., 2020).

6.2 Koncept nastave robotike u osnovnoj školi

Koncept nastave robotike u osnovnoškolskom odgoju i obrazovanju primarno bi svakom učeniku trebao

pružiti priliku za samoostvarivanje, odnosno, to bi trebao biti sraz „različitih mozgova“ koji bi kroz zanimljive, smislene, zabavne i suradničke aktivnosti ostvarivali predviđene ciljeve nastave. Ujedno je važno da učitelj osigura takve aktivnosti u kojima će svaki učenik otkriti vlastite sklonosti i slabosti, da se može razvijati i preuzeti odgovornost za ono u čemu je bolji, ali i da se može osloniti i na druge učenike i učitelja pri takvom razvoju. Dakle, važno je osigurati učenikov osjećaj uspješnosti i važnosti u nekom segmentu postignuća (ne u svima) te tako poticati njegovu sigurnost i samosvijest, ali i prihvaćanje i uvažavanje drugih i drugačijih učenika. Na taj način će nastava ujedno biti i primjereno sredstvo za prevenciju različitih mentalnih poremećaja i neprimjerenih ponašanja učenika.

Tijekom realizacije nastave učitelj treba znati zašto su i koja pojmovna znanja iz predmetnog sadržaja bitna za učenike. To su primarno znanja koja uključuju učenikovo razumijevanje temeljnih koncepata robota, njegove funkcije, sustava, kontrole i ponavljanje (petlju) na relaciji osjećaj-rasudivanje-djelovanje (engl. Sense-Reason-Act) (prema: Slangen, 2016). Kad je riječ o konceptu robot, treba ga tretirati kao materijalnu konstrukciju senzora, procesora, aktuatora i algoritama koja obavlja unaprijed definirane zadatke u interakciji s vanjskim okruženjem koje se stalno mijenja (Wisse, 2008; Slangen i sur., 2011). Istraživanja pritom ukazuju na to da učenici često imaju tendenciju pristupati robotima kao animiranim entitetima s ljudskim ili životinjskim karakteristikama kao što su volja, svijest, namjera, emocije ili refleksi, što posljedično može spriječiti njihovo razumijevanje robotike (Ackermann, 2000). Zbog toga učitelj treba pomoći učenicima da takvu „više psihološku konceptualizaciju“ usmjeri ka više tehnološkoj konceptualizaciji (Slangen, 2016). Iz tehnološke perspektive, funkcija je radnja ili svrha za koju je nešto dizajnirano ili koju korisnici tome pripisuju (Hacker i sur., 2009). Funkcija u robotici se može odnositi na: temeljne procese koji čine unutarnju aktivnost robota, vanjske aktivnosti ili uloge robota, glavni cilj kao zbroj svih unutarnjih i vanjskih funkcija, doprinos nekom većem sustavu, značajka za prilagodbu ili reprodukciju (Mahner i Bunge, 2001). Dobro razvijen koncept funkcija robota u nastavi pomaže učiteljima da podrže učenike u analizi radnji koje robot mora izvršiti kako bi služio svojoj svrsi (Slangen, 2016). Sustav predstavlja skupinu međusobno povezanih ili međuovisnih komponenti koje tvore složenu i jedinstvenu cjelinu (Anderson i Johnson, 1997), pa se tako i robot sastoji od fizičkih (materijalnih), međusobno povezanih i međuovisnih komponenti, ali i nematerijalnih procesa, interakcija, odnosa i protoka informacija (Slangen, 2016). Ovakvim pristupom učenike treba suočiti s fenomenima koji im pomažu da razviju uvid u ciljeve ili

funkcije, poredak unutar i između robota, njegovu temeljnu strukturu, protok informacija i odnose između elemenata i (pod)sustava te procese povratne veze sustava. Učenici tako razumiju da sustavi imaju ulaz, procese i izlaz te da je sustav dinamička struktura u kojoj su radnje rezultat njegovog dizajna, a učitelj im treba pomoći da istraže i analiziraju fenomene koji se odnose na učinke sustava te otkriju i prepoznaju obrasce (Slangen, 2016). Koncept kontrole se temelji na razumijevanju specifične prirode automatiziranih ili robotskih sustava, a odnosi se na proces ili mogućnost utjecaja na radnje sustava, njegovih komponenti ili povezanih sustava. Kontrola se također odnosi i na uređaj koji je dizajniran za regulaciju sustava, poput mikroupravljača ili računala, pri čemu se stanje sustava regulira uspoređujući vrijednost unaprijed postavljenih varijabli sa stvarnim ulaznim vrijednostima i izvršavajući unaprijed definirane algoritme koji generiraju izlaz. Učenikovo razumijevanje koncepta kontrole znači da je učenik u stanju prevesti namjeravanu funkcionalnost u pravilo, slijed ili algoritam, neovisno o tome je li potpuno ispravno izradio programsko rješenje. Petlja Osjećaj-Rasudivanje-Djelovanje se temelji na sposobnostima osjeta robota (senzorima), rasuđivanja ugrađenog u program i djelovanja (izvršnicima, aktuatorima) prema zadanom algoritmu, što se sve skupa uzastopno ponavlja te robot uspostavlja interakciju s promjenjivom ili (djelomično) nepoznatom okolinom (Slangen, 2016). To također znači da osjetila robota (senzori) kontinuirano generiraju nove informacije koje se unose u proces te omogućuju radnje robota kao posljedicu tog procesa. U ovom segmentu učitelj može usporediti proces s onim što se zbiva u čovjeku, ali nikako ne smije poistovjetiti ta dva procesa.

Sam koncept robotike ipak nije dovoljan za primjenu u nastavi robotike u osnovnoj školi te je potrebno odabrati primjerene strategije i pristupe s obzirom na razvojnu dob učenika, njihove interese, sklonosti i mogućnosti. Pritom treba razmotriti koji su primarno motivirajući, a koji demotivirajući elementi poučavanja. Interes i uspjeh učenika zasigurno će ih motivirati za daljnje aktivnosti, dok će neuspjeh, dosada, ali i kognitivna zasićenost biti vjerojatni demotivirajući prediktori. Pritom se realizacija programskih rješenja često navodi kao nešto što pojedinim učenicima može biti izazov, ali je za većinu njih (te za većinu učitelja) često predmet frustracije i neuspjeha, a time i demotivirajuće. U tom smislu se suvremena tehnologija, poput dostupnih sustava umjetne inteligencije (engl. Artificial Intelligence – AI) nameće kao uspješan alat za učenikovo učenje, ali i za učiteljevo poučavanje (Chiu i sur., 2023). Učitelju može AI tehnologija koristiti u odabiru prilagodljivih strategija poučavanja te prijedlozima nastavnih sadržaja i zadataka prikladnih za potrebe nastave (Standen i sur., 2020; Adelman i sur., 2021). Također

se može koristiti za poboljšanje sposobnosti učitelja za poučavanje, te kao pomoć učiteljima u upravljanju poučavanjem u učionici (Jarke i Macgilchrist, 2021; Zhang, 2021). Ova tehnologija ujedno može biti potpora profesionalnom razvoju i usavršavanju učitelja (Li i Su, 2020; Gunawan i sur., 2021), pri čemu AI agenti mogu učiteljima davati prijedloge i komentare na njihovo poučavanje na temelju analize podatke iz nastave u stvarnom vremenu. To se može odnositi na ponašanje učitelja, vještine postavljanja pitanja, davanja odgovora, te na dijagnostičke testove znanja o njihovom pedagoškom sadržaju (Chiu i sur., 2023). U procesu učenja AI može doprinijeti individualizaciji zadataka te personaliziranom okruženju za učenje koje je usklađeno s kompetencijama i osobinama učenika te s njegovom dinamikom napredovanja (Yang i Shulruf, 2019; Hiranker i Kittisunthonphisarn, 2020). U tom procesu učenik može razgovarati s chatbootom te tako razvijati svoje komunikacijske vještine (Vazquez-Cano i sur., 2021). Pri učenju se AI može koristiti za davanje smjernica i povratnih informacija učenicima na temelju analize njihova rada i procesa učenja (Fu i sur., 2020), te za povećanje prilagodljivosti i interaktivnosti u digitalnim okruženjima za učenje (Westera i sur., 2020; Chiu i sur., 2023). Suvremena istraživanja ujedno ukazuju da se učenikove vještine računalnog razmišljanja, samoučinkovitost u programiranju te motivacija za nastavu može poboljšati primjenom AI tehnologije tijekom učenja (Yilmaz i sur., 2023). Drugim riječima, učenicima treba dopustiti da traže rješenja putem AI tehnologije, jer to može ubrzati aktivnosti na nastavi te, umjesto da troši puno vremena na često ispravljanje sintaktičkih pogrešaka, razvija svoje metakognitivne vještine kako bi postavljao „prava“ pitanja takvom sustavu. Ipak, primjena AI-a za učenje od učenika traži određene vještine korištenja takvih sustava i vještine brzog pisanja (Yilmaz i sur., 2023), pa bi mogućnost primjene ovakvih sustava učitelj trebao dopustiti i omogućiti, ali i prepustiti interesima i mogućnostima učenika.

Među strategijama koje su primjenjive za osnovnoškolski odgoj i obrazovanje, a kojima se učenike upoznaje s tehnologijama i konceptima robotike, treba istaknuti one koje naglašavaju važnost pružanja višestrukih „ulaznih točaka“ u robotiku. Takve strategije su se pokazale uspješnim pri uključivanju širokog spektra učenika, a odnose se na (Rusk i sur., 2008):

- 1) fokusiranje na teme, a ne samo na izazove;
- 2) kombiniranje umjetnosti i inženjerstva;
- 3) poticanje pripovijedanja;
- 4) organiziranje izložbi, a ne natjecanja.

Navedene strategije omogućuju mladim ljudima da dizajniraju i programiraju umjetničke kreacije koje integriraju svjetlo, zvuk, glazbu i pokret (Rusk i sur.,

2008), a osobito su pogodne za učenike mlađe razvojne dobi (od 1. do 6. razreda), te za one učenike koje umjetnost puno bolje motivira za aktivnosti. Učitelj može, ovisno o preferencijama učenika, umjesto umjetnosti odabrati i neki drugi motivirajući sadržaj kojim će se učenici voditi u aktivnostima. Iskustva iz prakse pokazuju da su ovakve strategije pogodne i za učenike starijih dobnih skupina, jer se njihova zahtjevnost može prilagođavati razini razvijenih kognitivnih vještina učenika.

7 Zaključak

Obrazovna robotika se danas nameće kao popularni, izazovni i sveobuhvatni „alat“ za cjeloviti razvoj učenika, na što u mnogim segmentima ukazuju i istraživanja. Međutim, istraživanja pokazuju da se u nastavi robotike uglavnom naglašavaju postignuća povezana s računalnim razmišljanjem, programiranjem te partikularnim tehničkim znanjima i vještinama, pri čemu se zapostavljaju različitosti učenika, njihovo mentalno zdravlje i postignuća iz širokog spektra koji uključuje robotika.

Iz provedene analize aktualnih istraživanja može se zaključiti da obrazovnu robotiku u osnovnoškolskom odgoju i obrazovanju treba primijeniti kao integrativnu i povezuju (transdisciplinarnu) nastavu, zasnovanu na temeljnom konceptu robotike i strategijama za uključivanje širokog spektra učenika. Takva nastava treba uključivati i znatno širi spektar ciljanih kompetencija i vještina učenika od usvajanja znanja iz programiranja, matematike ili tehnike. Pritom se učeničke aktivnosti ne mogu svesti tek na jednostavno upravljanje i programiranje gotovih sklopova, već svim učenicima trebaju pružiti priliku za suradničko konstruktivno djelovanje, za učenje nedovoljno atraktivnih sadržaja na atraktivan način, te za postizanje uspjeha u onom segmentu u kojem učenik može polučiti uspjeh. To naravno pretpostavlja osiguravanje dovoljnog vremena učenicima za prilagodbu, za realizaciju složenih aktivnosti, ali i za predstavljanje vlastitog uspjeha. Takav pristup treba biti odmak od postojećeg, konzumerskog, elitističkog, populističkog ili konformističkog pristupa tehnologiji, te putem demistifikacije tehnologije i rješavanja primjerenih i njima smislenih problema i izazova razvijati mentalne mehanizme učenika te tako doprinijeti njihovu mentalnom zdravlju. Suvremene tehnologije, poput AI sustava, mogu samo doprinijeti razvoju vještina učenika i motivirati ih za rad, ali i olakšati učiteljima pripremanje, planiranje i vođenje nastavnog procesa u ovom kompleksnom području.

Unatoč tome, na tehničkoj razini učitelji i nadalje trebaju pronalaziti i nadopunjavati platforme primjerene odgojno-obrazovnim potrebama, ali i

usavršavati vlastito znanje i vještine. Također je, s obzirom na odgojno-obrazovni potencijal robotike, i nadalje potrebno razvijati koncepte primjerene i prihvatljive integracije obrazovne robotike u kurikulum osnovnoškolske nastave.

Literatura

- Ackermann, E. (2000). Relating to things that think. *Play of Ideas and Ideas of Play*, 13, 2-4.
- Aldeman, N. L. S., Aita, K., Machado, V. P., da Mata Sousa, L. C. D., Coelho, A. G. B., da Silva, A. S., Mendes, A. P. D., Neres, F. J. D., do Monte, S. J. H. (2021). Smartpath: A platform for teaching glomerulopathies using machine learning. *BMC Medical Education*, 21, 248. doi: <https://doi.org/10.1186/s12909-021-02680-1>
- Alimisis, D., Alimisi, R., Loukatos, D., Zoulias, E. (2019). Introducing Maker Movement in Educational Robotics: Beyond Prefabricated Robots and "Black Boxes". In: Daniela, L. (eds) *Smart Learning with Educational Robotics*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19913-5_4
- Alimisis, D., Kynigos, C. (2009). Constructionism and robotics in education. In Alimisis, D. (Ed.) *Teacher education on robotic-enhanced constructivist pedagogical methods* (pp. 11–26). Athens (Greece): School of Pedagogical and Technological Education (ASPETE).
- Amo, D., Fox, P., Fonseca, D., Poyatos, C. (2021). Systematic Review on Which Analytics and Learning Methodologies Are Applied in Primary and Secondary Education in the Learning of Robotics Sensors. *Sensors*, 21, 153. doi: <https://doi.org/10.3390/s21010153>
- Anderson, V., Johnson, L. (1997). *Systems thinking basics*. Waltham, MA: Pegasus.
- Anwar, S., Bascou, N. A., Menekse, M., Kardgar, A. A. (2019). Systematic review of studies on educational robotics. *J. Pre-Coll. Eng. Educ. Res.*, 9, 19–42. doi: <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1223>
- Bakala, E., Gerosa, A., Hourcade, J.P., Tejera, G. (2021). Preschool children robots and computational thinking: A systematic review. *Int. J. Child-Comput. Interact.*, 29, 100337. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100337>
- Barreto, F., Benitti, V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(2), 978-988. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- Bascou, N. A., Menekse, M. (2016). Robotics in K-12 formal and informal learning environments: A review of literature. In *Proceedings of the 2016 ASEE Annual Conference and Exposition*. doi: <https://doi.org/10.18260/p.26119>
- Black, J. B., McClintock, R. O. (1995). An Interpretation Construction Approach to Constructivist Design. In B. Wilson (ed.) *Constructivist learning environments*. Englewood Cliffs, NJ: Education Technology Publications.
- Camargo, C., Gonçalves, J., Conde, M., Rodríguez-Sedano, F. J., Costa, P., García-Peñalvo, F. J. (2021). Systematic literature review of realistic simulators applied in educational robotics context. *Sensors*, 21 (12), 4031. doi: <https://doi.org/10.3390/s21124031>
- Chiu, T. K.F., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. S., Cheng, M. (2023). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence* 4 (2023), 100118. doi: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>
- Dasen, P. (1994). Culture and cognitive development from a Piagetian perspective. In W. J. Lonner, R.S. Malpass (Eds.), *Psychology and Culture*. Boston: Allyn and Bacon.
- Eguchi, A. (2015). Educational Robotics as a Learning Tool for Promoting Rich Environments for Active Learning (REALs). In J. Keengwe (Ed.), *Handbook of Research on Educational Technology Integration and Active Learning* (pp. 19-47). IGI Global. doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8363-1.ch002>
- Fu, S., Gu, H., Yang, B. (2020). The affordances of AI-enabled automatic scoring applications on learners' continuous learning intention: An empirical study in China. *British Journal of Educational Technology*, 0(0), 1-19. doi: <https://doi.org/10.1111/bjet.12995>
- Gabriele, L., Tavernise, A., Bertacchini, F. (2012). Active learning in a robotics laboratory with university students. In C. Wankel, P. Blessinger (Eds.), *Increasing student engagement and retention using immersive interfaces: Virtual worlds, gaming, and simulation, Cutting-edge technologies in higher education, Vol. 6 Part C* (pp. 315–339). Bingley: Emerald Group Publishing Limited. doi: [https://doi.org/10.1108/S2044-9968\(2012\)000006C014](https://doi.org/10.1108/S2044-9968(2012)000006C014)
- Gardner, H. (1993). *Multiple intelligences: The theory in practice*. New York: Basic Books/Hachette Book Group.

- Gardner, H., Hutch, T. (1989). Multiple Intelligences Go to School: Educational Implications of the Theory of Multiple Intelligences. *Educational Researcher*, 18(8), 4-10.
- Gunawan, K. D. H., Liliyasi, L., Kaniawati, I., Setiawan, W. (2021). Implementation of competency enhancement program for science teachers assisted by artificial intelligence in designing HOTS-based integrated science learning. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 7(1), 55–65. doi: <https://doi.org/10.30870/jppi.v7i1.8655>
- Hacker, M., de Vries, M. J., Rossouw, A. (2009). CCETE Project: Concepts and Contexts in Engineering and Technology Education (DUE 0314910). Deflt (NL): University of Technology; New York: Hofstra University.
- Hiranker, K., Kittisunthonphisarn, N. (2020). E-learning management system based on reality technology with AI. *International Journal of Information and Education Technology*, 10(4), 259–264. doi: <https://doi.org/10.18178/ijiet.2020.10.4.1373>
- Jarke, J., Macgilchrist, F. (2021). Dashboard stories: How narratives told by predictive analytics reconfigure roles, risk and sociality in education. *Big Data and Society*, 8(1). doi: <https://doi.org/10.1177/20539517211025561>
- Julià, C., Antolí, J. Ò. (2016). Spatial ability learning through educational robotics. *Int. J. Technol. Des. Educ.*, 26(2), 185-203. doi: <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9307-2>
- Kálózi-Szabó, C., Mohai, K. Cottini, M. (2022). Employing Robotics in Education to Enhance Cognitive Development—A Pilot Study. *Sustainability*, 14, 15951. doi: <https://doi.org/10.3390/su142315951>
- Keating, D. (1979). Adolescent thinking. In J. Adelson (Ed.), *Handbook of adolescent psychology*, pp. 211-246. New York: Wiley
- Kynigos, C. (2008). Black-and-white-box perspectives to distributed control and constructionism in learning with robotics. *Workshop Proceedings of SIMPAR 2008. Intl. Conf. on SIMULATION, MODELING and PROGRAMMING for AUTONOMOUS ROBOTS*, Venice (Italy) 2008. 3.-4. November, ISBN 978-88-95872-01-8, pp. 1-9.
- Kivunja, C. (2015). Exploring the Pedagogical Meaning and Implications of the 4Cs “Super Skills” for the 21st Century through Bruner’s 5E Lenses of Knowledge Construction to Improve Pedagogies of the New Learning Paradigm. *Creative Education*, 6, 224-239. doi: <http://dx.doi.org/10.4236/ce.2015.62021>
- Krishnamoorthy, S. P., Kapila, V. (2016). Using a Visual Programming Environment and Custom Robots to Learn C Programming and K-12 STEM Concepts. In *FabLearn '16: Proceedings of the 6th Annual Conference on Creativity and Fabrication in Education* (pp. 41–48). Stanford, CA: ACM. doi: <https://doi.org/10.1145/3003397.3003403>
- Lammer, L., Vincze, M., Kandlhofer, M., Steinbauer, G. (2017). The Educational Robotics Landscape Exploring Common Ground and Contact Points. In: Merdan, M., Lepuschitz, W., Koppensteiner, G., Balogh, R. (eds) *Robotics in Education. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 457. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42975-5_10
- Lapov-Padovan, Z., Kovačević, S., Purković, D. (2018). Razvoj kurikuluma osnovnoškolske nastave robotike. *Politehnika*, 2 (1), 7-34.
- Li, M., Su, Y. (2020). Evaluation of online teaching quality of basic education based on artificial intelligence. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(16), 147–161. doi: <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i16.15937>
- Mac Iver, M. A., Mac Iver, D. J. (2019). “STEMming” the Swell of Absenteeism in the Middle Years: Impacts of an Urban District Summer Robotics Program. *Urban Education*, 54(1), 65-88. doi: <https://doi.org/10.1177/0042085915618712>
- Mahner, M., Bunge, M. (2001). Function and functionalism: A synthetic perspective. *Philosophy of Science*, 68(1), 75-94.
- Mangina, E., Psyrra, G., Screpanti, L., Scaradozzi, D. (2024). Robotics in the Context of Primary and Preschool Education: A Scoping Review, in *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 17 (pp. 342-363), 2024. doi: <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3266631>.
- Mason, R., Cooper, G., Comber, T. (2011). Girlsgetit. *ACM Inroads*, 2(3), 71–77. doi: <https://doi.org/10.1145/2003616.2003638>
- Master, A., Cheryan, S., Moscatelli, A., Meltzoff, A. N. (2017). Programming experience promotes higher STEM motivation among first-grade girls. *Journal of Experimental Child Psychology*, 160, 92–106. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.03.013>
- Mayerová, K., Veselovská, M. (2012). Robotic kits and key competences in primary school. *Information and Communication Technology in Education*, pp. 175–183, 2012.

- McKay, M. M., Lowes, S., Tirthali, D., Camins, A. H. (2015). Student Learning of STEM Concepts Using a Challenge-based Robotics Curriculum. In *2015 ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle, Washington*. doi: <https://doi.org/10.18260/p.24756>
- McLeod, S. A. (2009). *Jean Piaget*. Preuzeto s <http://www.simplypsychology.org/piaget.html>
- Mishra, P., Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Mosley, P., Ardito, G., Scollins, L. (2016). Robotic Cooperative learning promotes student STEM interest. *American Journal of Engineering Education*, 7(2), 117–128. doi: <https://doi.org/10.19030/ajee.v7i2.9895>
- Mustafaoglu, R., Zirek, E., Yasaci, Z., Özdingler, A. R. (2018). The Negative Effects of Digital Technology Usage on Children's Development and Health. *Addicta*, 5(2), 227-247. doi: <https://doi.org/10.15805/addicta.2018.5.2.0051>
- Negrini, L., Bernaschina, S. (2018). *La robotica educativa nella scuola dell'obbligo ticinese. Locarno* (SUI): Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana, SUPSI Dipartimento formazione e apprendimento (ISBN 978-88-85585-29-4).
- Nemiro, J., Larriva, C., Jawaharlal, M. (2017). Developing creative behavior in elementary school students with robotics. *Journal of Creative Behavior*, 51(1), 70–90. doi: <https://doi.org/10.1002/jocb.87>
- Okita, S.O. (2014). The relative merits of transparency: Investigating situations that support these of robotics in developing student learning adaptability across virtual and physical computing platforms. *British Journal of Educational Technology*, 45(5), 844-862. doi: <https://doi.org/10.1111/bjet.12101>
- Papadakis, S., Vaiopoulou, J., Sifaki, E., Stamovlasis, D., and Kalogiannakis, M. (2021). Attitudes towards the use of educational robotics: Exploring pre-service and in-service early childhood teacher profiles. *Educ. Sci.* 11, 204. doi: <https://doi.org/10.3390/educsci11050204>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. New York: Basic Books.
- Piaget, J., Duckworth, E. (1970). Genetic Epistemology. *American Behavioral Scientist*, 13(3), 459-480. doi: <https://doi.org/10.1177/000276427001300320>
- Piaget, J. (1972). *The principles of genetic epistemology*. New York: Basic Books.
- Purković, D. (2013). Konstruktivistički pristup operacionalizaciji kurikuluma tehničke kulture. *Pedagogijska istraživanja*, 1 (2013), 49-62.
- Purković, D., Salopek, G. (2015). *Osnove mehatronike: Za početno učenje i buduće nastavnike*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci.
- Purković, D. (2016). *Elementi kontekstualnog pristupa učenju i poučavanju kao čimbenici uspješnosti nastave tehničke kulture* (doktorski rad). Split: Prirodoslovno-matematički fakultet u Splitu.
- Purković, D., Suman, D., Jelaska, I. (2020). Age and gender differences between pupils' preferences in teaching general and compulsory technology education in Croatia. *International journal of technology and design education*, 17 (234), 19. doi: <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09586-x>
- Purković, D., Delač, D., Kovačević, S. (2022). Interests of Croatian primary school pupils about elective technology teaching and school activities. *Metodički ogledi*, 29 (1), 167-189. doi: <https://doi.org/10.21464/mo.29.1.6>
- Purković, D., Kovačević, S. (2024). The relationship between the teacher's approach to teaching and the student's attitude toward technology in Croatian primary schools. *International journal of technology and design education*, 34 (4), doi: <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09875-1>
- Ra, C. K., Cho, J., Stone M. D., De La Cerda, J., Goldenson, N. I., Moroney, E., Tung, I., Lee, S. S., Leventhal, A. M. (2018). Association of Digital Media Use With Subsequent Symptoms of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Among Adolescents. *JAMA*, 320(3), 255–263. doi: <https://doi.org/10.1001/jama.2018.8931>
- Rapti, S., Sapounidis, T. (2024). Critical thinking, Communication, Collaboration, Creativity in kindergarten with Educational Robotics: A scoping review (2012–2023). *Computers & Education*, 210, 104968. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104968>
- Resnick, L. B. (1991). Shared cognition: Thinking as social practice. In Resnick, L. B., Levine, J. M., Teasley, S. D. (eds.), *Perspectives on Socially Shared Cognition* (str. 1–20), Washington: American Psychological Association.

- Reyes Mury, S., Negrini L., Assaf D., Skweres M. (2022). How to support teachers to carry out educational robotics activities in school? The case of Roteco, the Swiss robotic teacher community. *Frontiers in Education*, 7. doi: <https://doi.org/10.3389/educ.2022.968675>
- Rubenstein, M., Cimino, B., Nagpal, G., Werfe, J. (2015). AERobot: An Affordable One-Robot-Per-Student System for Early Robotics Education. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, Washington State Convention Center, Seattle, Washington, May 26-30, 2015.
- Rusk, N., Resnick, M., Berg, R., Pezalla-Granlund, M. (2008). New Pathways into Robotics: Strategies for Broadening Participation. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 59–69. doi: <https://doi.org/10.1007/s10956-007-9082-2>
- Sahin, A., Ayar, M. C., Adiguzel, T. (2014). STEM-related after-school program activities and associated outcomes on student learning. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 14(1), 309–322. doi: <https://doi.org/10.12738/estp.2014.1.1876>
- Sannicandro, K., De Santis, A., Bellini, C., Minerva, T. (2022). A scoping review on the relationship between robotics in educational contexts and e-health. *Front. Educ.* 7, 955572. doi: <https://doi.org/10.3389/educ.2022.955572>
- Scott, H.K., Cogburn M. (2024). *Piaget*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, PMID: 28846231.
- Slangen, L. A. M. P., Keulen, J.v., Gravemeijer, K. (2011). Preparing Teachers to Teach Robotics in Primary Schools. In: Vries, M.J.d., Kuelen, H.v., Peters, S., Molen, J.W.v.d. (eds) *Professional Development for Primary Teachers in Science and Technology. International Technology Education Studies*, vol 9. SensePublishers. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-6091-713-4_14
- Slangen, L. A. M. P. (2016). *Teaching robotics in primary school*. (Phd Thesis), Eindhoven (NL): Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven School of Education.
- Standen, P. J., Brown, D. J., Taheri, M., Trigo, M. J. G., Boulton, H., Burton, A., Hallewell, M. J., Lathe, J. G., Shopland, N., Gonzalez, M. A. B., Kwiatkowska, G. M., Milli, E., Cobello, S., Mazzucato, A., Traversi, M., & Hortal, E. (2020). An evaluation of an adaptive learning system based on multimodal affect recognition for learners with intellectual disabilities. *British Journal of Educational Technology*, 51(5), 1748–1765. doi: <https://doi.org/10.1111/bjet.13010>
- Tzagkaraki, E., Papadakis, S., Kalogiannakis, M. (2021). Exploring the Use of Educational Robotics in Primary School and Its Possible Place in the Curricula. In Malvezzi, M., Alimisis, D., Moro, M. (eds) *Education in & with Robotics to Foster 21st-Century Skills. EDUROBOTICS 2021. Studies in Computational Intelligence*, vol 982. Springer, Cham. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77022-8_19
- UNESCO (2021). *Global Education Monitoring Report (2021). Central and Eastern Europe, Caucasus and Central Asia: Inclusion and education: All means all*. Paris: UNESCO. Preuzeto s <https://en.unesco.org/gem-report/eurasia2021inclusion>
- Vazquez-Cano, E., Mengual-Andres, S., Lopez-Meneses, E. (2021). Chatbot to improve learning punctuation in Spanish and to enhance open and flexible learning environments. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00269-8>
- Wang, K., Sang, G.-Y., Huang, L.-Z., Li, S.-H., Guo, J.-W. (2023). The Effectiveness of Educational Robots in Improving Learning Outcomes: A Meta-Analysis. *Sustainability*, 15, 4637. doi: <https://doi.org/10.3390/su15054637>
- Westera, W., Prada, R., Mascarenhas, S., Santos, P. A., Dias, J., Guimaraes, M., Georgiadis, K., Nyamsuren, E., Bahreini, K., Yumak, Z., Christyowidiasmoro, C., Dascalu, M., Gutu-Robu, G., & Ruseti, S. (2020). Artificial intelligence moving serious gaming: Presenting reusable game AI components. *Education and Information Technologies*, 25(1), 351–380. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09968-2>
- Williams, K., Igel, I., Poveda, R., Kapila, V., Iskander, M. (2012). Enriching K–12 science and mathematics education using LEGOs. *Advances in Engineering Education*, 3(2). Preuzeto s <https://eric.ed.gov/?id=EJ1076110>
- Wisse, M. (2008). Robots, sensoren, algoritmes en motoren (robots, sensors, algorithms and engines). In R. Dijkgraaf, L. Fresco, T. Gualthé'rie van Weezel, & M. van Calmthout (Eds.), *De be'tacanon, wat iedereen moet weten van de natuurwetenschappen (the science canon, what everyone should know about science)* (pp. 185–187). Amsterdam: De Volkskrant en Meulenhoff b.v
- Wu, P.-J., Chiu, F.-Y., Mayerova, K., Kubincova, Z. (2018). Educational robotics at primary school: Comparison of two research studies. In *2018 17th*

International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), Olhao, Portugal, (pp. 1-5). doi: <https://doi.org/10.1109/ITHET.2018.8424621>

Yang, Y. Y., Shulruf, B. (2019). Expert-led and artificial intelligence (AI) system-assisted tutoring course increase confidence of Chinese medical interns on suturing and ligature skills: Prospective pilot study. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions, 16*. doi: <https://doi.org/10.3352/jeehp.2019.16.7>

Yilmaz, R., Gizem, F., Yilmaz, K. (2023). The effect of generative artificial intelligence (AI)-based tool use on students' computational thinking skills, programming self-efficacy and motivation. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 4*, 100147. doi: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100147>

Zhang, J. J. (2021). Computer assisted instruction system under artificial intelligence technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning, 16(5)*, 4–16. doi: <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i05.20307>