

# UMJETNA INTELIGENCIJA U OBRAZOVANJU

---

Srdelić, Dea

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Split / Sveučilište u Splitu, Filozofski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:172:662726>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-28**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of humanities and social sciences](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FILOZOFSKI FAKULTET U SPLITU

DIPLOMSKI RAD

**UMJETNA INTELIGENCIJA U OBRAZOVANJU**

**DEA SRDELIĆ**

**Split, 2022.**

**Odsjek za pedagogiju**

**Filozofski fakultet u Splitu**

**DIPLOMSKI RAD**

**UMJETNA INTELIGENCIJA U OBRAZOVANJU**

**Studentica:**

Dea Srdelić

**Mentorica:**

doc. dr. sc. Ines Blažević

**Split, rujan, 2022.**

# Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Umjetna inteligencija .....	3
2.1. Povijesni razvoj umjetne inteligencije .....	5
2.2. Sustavi umjetne inteligencije .....	9
2.2.1. Ekspertni sustavi.....	10
2.2.2. Neuronske mreže .....	11
2.2.3. Genetski algoritmi .....	12
2.2.4. Tehnologije temeljene na agentima.....	13
2.2.5. Inteligentni agenti u obrazovanju .....	15
3. Primjena umjetne inteligencije u obrazovanju.....	20
3.1. Prednosti umjetne inteligencije .....	21
3.1.1. Učenici.....	21
3.1.2. Nastavnici .....	23
3.1.3. Roditelji .....	24
3.2. Nedostaci umjetne inteligencije .....	25
4. Robotika kao oblik umjetne inteligencije .....	27
4.1. Edukativni roboti u obrazovanju .....	30
4.1.1. Klasifikacija edukativnih robota.....	31
4.1.2. Karakteristike edukativnih robota .....	32
4.2. Utjecaj edukativnih robota na dijete.....	34
4.3. Primjeri edukativnih robota.....	37
4.3.1. Elias .....	37
4.3.2. Yuki .....	38

4.3.3. mBot .....	40
5. Robotika u kurikulumu škole.....	42
5.1. Tehnička kultura.....	42
5.2. Informatika.....	43
5.3. Izborna nastava i izvannastavne aktivnosti iz područja robotike.....	48
5.4. Udruge i radionice iz područja robotike.....	49
5.5. Natjecanja iz područja robotike.....	51
6. Empirijsko istraživanje .....	55
6.1. Cilj i problem istraživanja .....	55
6.2. Metodologija istraživanja.....	55
6.2.1. Instrument istraživanja .....	55
6.2.2. Uzorak i postupak istraživanja te metode analize podataka .....	56
6.3. Analiza i interpretacija podataka.....	58
6.3.1. Uloga robotike i informacijskih tehnologija (R & IT) u kognitivnom razvoju djece..	58
6.3.2. Uloga robotike i informacijskih tehnologija (R & IT) u socijalnom razvoju djece ....	66
6.3.3. Obrazovne politike .....	74
7. Zaključak.....	80
Sažetak .....	82
Abstract.....	83
Literatura.....	84
Prilozi.....	94

# 1. Uvod

Umjetna inteligencija je područje koje se izuzetno brzo razvija. Svaka godina dovodi do novih otkrića i mogućnosti. Danas umjetna inteligencija čini dio svakodnevnog života ljudi, što je pridonijelo i razvoju društva u cjelini. Prisutna je u kućanstvu, na poslu, na digitalnim uređajima, prijevoznim sredstvima, ali i u obrazovanju. Unatoč tome što određeni aspekti obrazovanja izgledaju stoljećima jednako, tehnologija je ipak uvelike unaprijedila obrazovni sustav. Obrazovanje je postalo šire i lakše dostupno. Informacije, knjige, slike te videozapisi sada su dostupni svima, dok su u prošlosti samo neki imali privilegiju pristupa navedenom. Također, olakšana je komunikacija između nastavnika i učenika, s obzirom na to da nije više ograničena na prostor učionice. Sada je komunikacija s nastavnicima moguća putem različitih medija i alata. Umjetna inteligencija također ima utjecaj i na motivaciju učenika, što pridonosi boljoj i kvalitetnijoj nastavi. Obrazovne institucije i njeni djelatnici trebaju biti u koraku s tehnološkim razvojem, stoga se robotika sve više primjenjuje kako bi se stvorilo motivacijsko okruženje. Dok je u inozemstvu obrazovna robotika mnogo zastupljenija u kurikulumima, u Republici Hrvatskoj ona je i dalje slabo proučeno područje. U budućnosti će obrazovna robotika i u Republici Hrvatskoj morati dosegnuti viši nivo kako bi učenici imali priliku opismeniti se u tom području. Učenici ne samo da trebaju učiti o robotima, već i o radu s njima. Učenici kroz rad s edukativnim robotima istražuju i rješavaju probleme. Rad s robotima im također omogućava da s apstraktnog prijeđu na konkretno, te se potiče aktivno i suradničko učenje. Edukativni roboti iznimno su korisni i kod djece s poremećajem iz spektra autizma, razvojnim poremećajima te nedostatkom pažnje. Oni im pomažu u lakšem razvijanju socijalnih vještina. Učenicima se kroz umjetnu inteligenciju, odnosno obrazovnu robotiku omogućava individualizirano učenje. Nastavnici kroz takvo učenje zadovoljavaju učenikove individualne potrebe, pritom im dajući do znanja da im je stalo. Promatrajući stanje u hrvatskim školama, umjetna inteligencija uvelike je prisutna u nastavi i kurikulumu, iako mnogi nisu ni svjesni da ju koriste svakodnevno. Nažalost, obrazovna robotika još uvijek je loše zastupljena u nastavi i skoro nepostojeća u kurikulumu. Održavaju se najčešće kroz izbornu nastavu, izvannastavne aktivnosti, udruge ili radionice iz područja robotike.

U teorijskom dijelu daje se pregled područja umjetne inteligencije, što uključuje razvoj, sustave te primjenu umjetne inteligencije u obrazovanju. Nadalje, objašnjava se robotika kao oblik umjetne inteligencije. Prvo se daje pregled edukativnih robota u obrazovanju, što uključuje

klasifikaciju edukativnih robota te njihove najvažnije karakteristike koje bi trebali imati. Nakon toga, objašnjava se kako edukativni roboti utječu na razvoj djece, a zatim se prikazuju primjeri popularnih edukativnih robota u nastavi. Za kraj teorijskog dijela, analizira se prisutnost robotike u kurikulumu škole, odnosno u predmetima Tehnička kultura i Informatika. Također se daje i prikaz robotike kroz izbornu nastavu, izvannastavne aktivnosti, udruge, radionice te natjecanja iz područja robotike. U empirijskom dijelu rada prikazani su rezultati kvantitativnog istraživanja provedenog s ciljem utvrđivanja stavova i iskustava nastavnika, stručnjaka i studenata u radu i učenju s edukativnim robotima.

## 2. Umjetna inteligencija

Pojam umjetne inteligencije nema jednoznačnu i čvrsto prihvaćenu definiciju. Svaki stručnjak koji istražuje područje umjetne inteligencije ima svoje vlastito viđenje umjetne inteligencije. Na službenoj stranici IBM-a<sup>1</sup>, umjetnu inteligenciju opisuju kao područje koje „koristi računala i strojeve kako bi oponašali sposobnosti ljudskog uma za rješavanje problema i donošenje odluka“ (IBM Cloud Education, 2020). U svojoj knjizi, Russell i Norvig (2020: 1) pak navode kako se „područje umjetne inteligencije, ili UI, ne bavi samo razumijevanjem, već i izgradnjom inteligentnih entiteta – strojeva koji mogu izračunati kako djelovati učinkovito i sigurno u širokom spektru novih situacija.“ Umjetna inteligencija je područje koje se često ističe u današnjem moderniziranom svijetu. Mnogi su za ovo područje čuli, ali su isto tako svjesni da o njemu posjeduju jako malo znanja. Umjetnu inteligenciju se vrlo često poistovjećuje s humanoidnim robotima, koji svojim oblikom podsjećaju na ljudsko tijelo. Holmes, Bialik i Fadel (2019: 13) razlog tome vide u činjenici da se „vijesti o umjetnoj inteligenciji uvijek potkrjepljuju slikama robota ili digitalnog mozga.“ Robotika je samo jedna od (pod)domena koje spadaju pod umjetnu inteligenciju. Uz nju još se ističu „kognitivno računalstvo (algoritmi zaključivanja i razumijevanja na višoj (ljudskoj) razini), strojno učenje (algoritmi koji sami sebe uče zadacima), proširena inteligencija (suradnja čovjeka i stroja)“ (Europski gospodarski i socijalni odbor, 2017).

Umjetna inteligencija može biti kategorizirana kao slaba ili jaka. Slaba umjetna inteligencija podrazumijeva sustav koji je sposoban izvesti unaprijed planirane poteze temeljene na nekim pravilima i primijeniti ih kako bi se postigao određeni cilj. Kao dobar primjer slabe umjetne inteligencije možemo uzeti Siri, virtualnog osobnog asistenta kojeg je razvio Apple, i Alexu, virtualnog osobnog asistenta kojeg je razvio Amazon. Iako Siri i Alexu možemo doživjeti kao izuzetno inteligentnima zbog svojih sposobnosti vođenja razgovora sa stvarnim ljudima te davanja primjedbi i šala, one zapravo djeluju na uski i unaprijed definirani način. Jaka umjetna inteligencija podrazumijeva sustav koji je osposobljen da razmišlja, rasuđuje i funkcionira slično kao i ljudi, a ne da samo oponaša ljudsko ponašanje. Kao dobar primjer jake umjetne inteligencije možemo istaknuti pokerskog računalnog igrača koji ima sposobnost prilagoditi se i nadmudriti vještine ljudskih protivnika. Također, postoji primjer u kojem je program umjetne inteligencije

---

<sup>1</sup> Kratica za International Business Machines, poznatu američku tvrtku koja je jedna od pionira u razvoju računarstva i informacijskih tehnologija.



samostalno naučio igrati 49 klasičnih Atari igara. Kada je program dobio naredbu da ostvari najviši rezultat u igrici *Breakout*, nadmašio je ljudske igrače za samo 2 i pol sata. Istraživači su pustili program da nastavi, a potom su uočili kako je program razvio strategiju koja nije bila programirana u sustavu. BBC News izvijestile su kako je program umjetne inteligencije nadmašio profesionalnog igrača u pola od 49 igara (Kerns, 2017). Iako je jaka umjetna inteligencija još uvijek u početnim fazama, razvojem nanotehnologije uvelike obećava. Nanobotovi koji se dizajniraju mogu pomoći u borbi protiv bolesti te nas ujedno učiniti i inteligentnima. Također, kao buduću primjenu jake umjetne inteligencije možemo gledati i razvoj umjetne neuronske mreže koja može funkcionirati kao ljudsko biće.

Prema Hintze (2016), umjetnu inteligenciju dijelimo na četiri skupine koje se karakteriziraju prema vremenu nastanka, osobinama i mogućnostima svakog sustava, a to su:

- **Reaktivni strojevi** – ovi sustavi umjetne inteligencije nemaju memoriju, kao ni sposobnost korištenja prethodnih iskustava za donošenje trenutnih odluka. Kao primjer ovakvog sustava možemo istaknuti IBM-ov šahovski program pod nazivom *Deep Blue*. Ovo superračunalo pobijedilo je međunarodnog velemajstora Garryja Kasparova kasnih 1990-ih godina. *Deep Blue* može prepoznati figure na šahovskoj ploči i zna kako se svaka od njih može pomicati. Može stvarati pretpostavke o vlastitim i protivnikovim budućim pokretima te odabrati optimalne poteze od postojećih mogućnosti. Ipak, ne posjeduje nikakav koncept prošlosti niti memoriju, već ignorira sve prije trenutačnog momenta. Googleov program *AlphaGo* također je sustav koji ne može procijeniti sve potencijalne buduće poteze, a pobjeđivao je i najbolje *Go* eksperte. Metoda analize kod ovog programa sofisticiranija je od programa *Deep Blue*, s obzirom da koristi neuronsku mrežu za procjenu razvoja igre (Hintze, 2016).
- **Ograničena memorija** – ovi sustavi imaju memoriju pa mogu koristiti prethodna iskustva za donošenje budućih odluka. Autonomni automobili projektirani su da koriste prošlost kako bi donosili buduće odluke. Primjerice, promatraju brzinu i smjer drugih automobila. Autonomni automobili imaju već unaprijed programirane prikaze svijeta u koje se pridodaju spomenuta promatranja, što uključuje oznake traka, semafore, zavoje na cesti i ostale važne elemente. Pridodaju se kada automobil donosi odluku o tome kada treba promijeniti traku, kako izbjeći oduzimanje prednosti drugom vozaču ili kako izbjeći udarac od drugog

automobila. Ipak, ovi jednostavni podatci o prošlosti su prolazni. Nisu sačuvani u knjižicu iskustva automobila iz koje bi se moglo učiti, za razliku od ljudskih vozača koji godinama skupljaju iskustvo upravljajući automobilom (Hintze, 2016).

- **Teorija uma** – kod primjene u području umjetne inteligencije, ovaj psihološki pojam podrazumijeva da bi sustav imao sposobnost razumijevanja emocija, odnosno socijalnu inteligenciju. Ovakav sustav imao bi sposobnost prepoznavanja ljudskih namjera i predviđanje ponašanja. Te vještine su neophodne za sustave umjetne inteligencije kako bi se uspješno integrirali u ljudska društva. Ljudska društva formiraju se razumijevanjem da drugi ljudi imaju stavove, želje i emocije koje imaju utjecaj na njihova ponašanja i odluke koje donose. Ta sposobnost nam omogućava ostvarivanje socijalnih interakcija (Hintze, 2016). Ovaj tip sustava još uvijek ne postoji, ali bi se mogao pojaviti kod autonomnih automobila. Primjerice, Cuzzolin, Sahakian, Cirstea i Langley (2022) ističu da će autonomni automobili morati moći procijeniti mentalno stanje ljudskih vozača i pješaka kako bi mogli predvidjeti njihova ponašanja.
- **Samosvijest** – kao posljednji korak razvoja umjetne inteligencije navodi se dizajniranje sustava koji će moći reprezentirati samog sebe. Istraživači umjetne inteligencije morat će razumjeti svijest te izraditi strojeve koji će ju imati. Strojevi koji imaju samosvijest razumiju svoje trenutno stanje, svjesni su sebe te mogu predvidjeti tuđe osjećaje. Ovaj tip sustava još uvijek ne postoji (Hintze, 2016).

## 2.1. Povijesni razvoj umjetne inteligencije

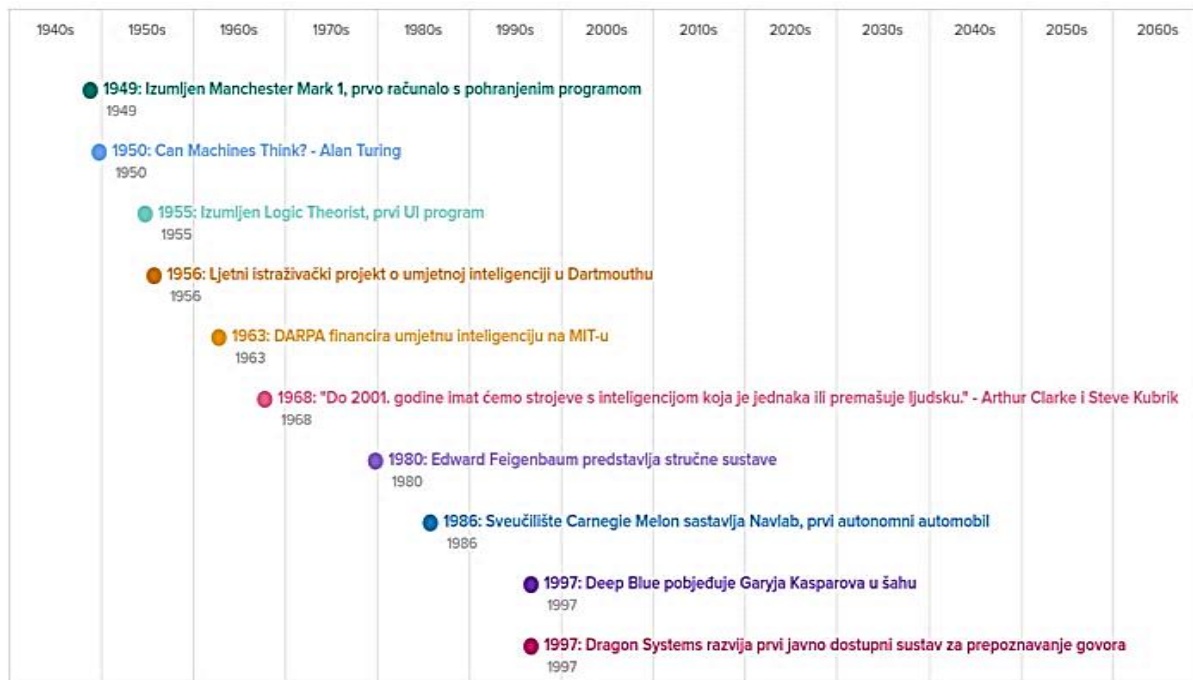
Unazad sedamdeset godina započinje povezivanje računala s konceptom umjetne inteligencije. U tom periodu ističe se Alan Turing, svjetski priznat britanski matematičar, kriptograf i teoretičar računalstva. Turing objavljuje rad *Intelligent Machinery* 1948. godine u kojem predstavlja brojne koncepte poput logičkog pristupa rješavanju problema te ideju da se „intelektualna aktivnost sastoji uglavnom od raznih načina pretraživanja“ (Turing i Copeland, 2004: 354). Turing (1948) u svom radu predstavlja pojam „genetskog ili evolucijskog pretraživanja“ koji se tokom godina razvijao, stoga ga danas poznajemo pod nazivom „genetski algoritam“. Isto tako, u radu je prikazan i najraniji opis Turingovog testa, izvorno nazvanog „igra

imitacije“ (Turing, 1948). Turingov test metoda je ispitivanja umjetne inteligencije na način da određuje je li računalo sposobno razmišljati kao ljudsko biće ili ne. Turing objavljuje rad *Computing Machinery and Intelligence* dvije godine kasnije u kojem opisuje načine na koje se inteligentni strojevi trebaju izrađivati te načine na koje treba testirati njihovu inteligenciju. Kao što to Karácsonyi (2020) ističe, Alan Turing bio je uistinu godinama ispred svoga vremena. Ipak, veliki pomak u području informatike nije mogao sam napraviti. Za vrijeme njegovog života računala nisu imala sposobnost spremanja naredbi, što se pokazalo kao ključan preduvjet za potencijalnu inteligenciju, već su bila sposobna samo izvršavati te naredbe. Također, cijena najma računala bile su velike tijekom njegovog života. One su iznosile „više od dvjesto tisuća dolara na mjesec“, što ni obični ni poznati ljudi nisu mogli sebi priuštiti (Karácsonyi, 2020: 7).

Turing je jedan od najpoznatijih predstavnika teoretične računarske znanosti i umjetne inteligencije, ali sam naziv „umjetna inteligencija“ ne polazi od njega. Za osmišljavanje pojma „umjetna inteligencija“ zaslužan je John McCarthy, istaknuti matematičar i računalni znanstvenik kojeg se često naziva ocem umjetne inteligencije. Naziv je nastao kad ga je McCarthy 1955. godine naveo u prijedlogu kao temu seminara kojeg je održao godinu dana kasnije na konferenciji u Dartmouthu. Juršić (2020) navodi kako je McCarthy dodjeljivanjem ovog naziva nastojao osvijestiti razliku između kibernetike i umjetne inteligencije. Na konferenciji je također predstavljen i program Herberta Simona i Allena Newella pod nazivom *Logic Theorist* koji oponaša ljudske vještine rješavanja problema (History Computer Staff, 2021). Njihov cilj bio je dobiti program koji razmišlja kao pravi ljudski matematičar, stoga su ga koristili kako bi dokazivali matematičke teoreme iz drugog poglavlja *Principie Mathematice* (History Computer Staff, 2021). *Logic Theorist* danas se smatra prvim programom umjetne inteligencije, a ujedno i začetnikom područja heurističkog programiranja (History Computer Staff, 2021). Uz Simona i Newella, neophodno je spomenuti Marvinu Minskyja i Arthura Samuela, koji su uz pomoć svojih studenata također započeli razvijati programe. Prvo su osposobili računalo za igranje Dame, a računalo je izuzetno brzo počelo ostvarivati bolje rezultate od čovjeka. Uz to su osposobili računala i za algebarskih problema te razumijevanje engleskoga jezika.

Novi pomaci u razvoju umjetne inteligencije dešavali su se 80-ih godina 20. stoljeća. Jedna od novosti je bila metoda „dubokog učenja“ koju su John Hopfield i David Rumelhart popularizirali. Duboko učenje je metoda koja omogućava računalima da sami sebe treniraju i

uvježbavaju. Ukratko, računala uče iz iskustva. Druga novost veže se uz otkriće Edwarda Feigenbauma. On je otkrio stručne sustave koji funkcioniraju tako da oponašaju način na koji stručnjaci iz pojedinih područja donose odluke. Japan je u stručne sustave i ostale pothvate vezane uz umjetnu inteligenciju, koji su djelovali pod projektom *Fifth Generation Computer Project*, ulagao velike količine novca. Japanci su kroz taj projekt nastojali revolucionirati procesuiranje računala, primijeniti logičko programiranje te unaprijediti razvoj umjetne inteligencije. Većina ciljeva nije dostignuta te je financiranje projekta prestalo 1990. godine. Fokus više nije bio na umjetnoj inteligenciji, no taj period bilježi najveća postignuća. Razvijen je šahovski program *Deep Blue* koji bilježi pobjedu u igri protiv svjetskog prvaka Garryja Kasparova. Iste godine, razvijen je sustav za prepoznavanje govora. Operativni sustav Windows ima ugrađen taj sustav. Ovaj period rezultirao je velikim napretkom u području umjetne inteligencije koje se bavi razvojem programa koji umjetnom inteligencijom donosi odluke te govorom. Nadalje, predstavljen je robot *Kismet* koji ima sposobnost poput ljudi komunicirati s ljudima putem brojnih facijalnih ekspresija, položaja glave i tonova glasa. *Kismet* imitira i reagira na ljudske emocije. Robot također koristi i više senzora kako bi dobio predodžbu njegova okruženja i reagirao sukladno tome (Thomson, 2001).



Slika 1. Vremenska crta razvoja umjetne inteligencije (Karácsonyi, 2020)

Umjetna inteligencija u današnje vrijeme primjenjuje se u skoro svim aspektima društva. Koristi se u zdravstvu, agrikulturi i uzgoju, maloprodaji, autonomnim automobilima, sigurnosti i nadzoru, analitici u sportu, proizvodnji, virtualnim asistentima, bankarstvu i obrazovanju. Prisutnost umjetne inteligencije dovodi do značajnih društvenih i ekonomskih promjena. Pozitivan utjecaj umjetne inteligencije možemo vidjeti na primjeru grupe studenata sveučilišta u Južnoj Karolini. Ova grupa studenata iskoristila je umjetnu inteligenciju kako bi ukazala na problem sve većeg broja beskućnika čime postižu društvenu promjenu (Juršić, 2020). Također, na Stanfordu istraživači primjenjuju umjetnu inteligenciju kako bi analizirali satelitske fotografije s namjerom da otkriju najsiromašnija područja kako bi mogli unijeti promjenu na bolje (Juršić, 2020).

Umjetna inteligencija nas okružuje, te ju možemo prepoznati svuda oko sebe. Najbliži softveri su nam virtualni osobni asistenti poput Siri i Alexe. One su osmišljene tako da nam organiziraju sastanke, traže željene informacije, uređuju kalendar i ostale administrativne zadatke. Sustavi poput Alexe i Siri rade po principu strojnog učenja. Takav princip rada podrazumijeva da sustavi postaju s vremenom sve pametniji rješavanjem što više zadataka koji su im zadani. Nadalje, sve više su rasprostranjeniji autonomni automobili. Najpoznatiji proizvođač autonomnih automobila je Tesla. Njihovi automobili su zbog svoje sposobnosti sigurnog upravljanja dobili na popularnosti, stoga ne čudi da je Internet prepun slika i videa vozača koji spavaju za volanom. Ipak, treba ukazati da službena stranica Tesla upozorava vozače da ne spavaju za volanom za vrijeme kada je uključen način autopilota jer trenutne značajke autopilota zahtijevaju od vozača aktivan nazor (Tesla, n.d.). Neophodno je spomenuti Netflix i Pandoru, sustave koji služe za prijenos video i audio sadržaja. Ovi sustavi pohranjuju filmove ili glazbu koju korisnici slušaju te na temelju prethodno predloženih i ocjenjenih filmova i glazbe analiziraju što bi korisnici htjeli sljedeće gledati ili slušati. Svakim novim korištenjem, preciznost preporuka ovih sustava postaje sve kvalitetnija. Ipak, to ima i svoju manu koja se ogleda u tome što se niskobudžetni filmovi i manje poznati glazbenici zagube u tom mnoštvu preporuka.

Umjetna inteligencija danas je jedno od brzorastućih područja u koje tehnološke korporacije i vlasti ulažu mnogo novaca, što nekoć nije bio slučaj. Europski gospodarski i socijalni odbor uočava trend ulaganja u područje umjetne inteligencije u posljednje vrijeme. U svom samoinicijativnom mišljenju, Europski gospodarski i socijalni odbor (2017) pojašnjava kako

„tržište umjetne inteligencije trenutačno iznosi otprilike 664 milijuna USD<sup>2</sup>, a očekuje se da bi se do 2025. taj udio mogao povećati na 38,8 milijardi.“ Poticaj investiranja u područje umjetne inteligencije nije samo u profitu, već i u činjenici da raste interes za istraživanje i rad u tom području. World Economic Forum i Indeed su u istraživanju provedenom 2017. godine prepoznali razvoj područja umjetne inteligencije. U razdoblju od 2013. do 2018. godine uviđa se „porast od 1500% za poslove koji zahtijevaju vještine vezane za umjetnu inteligenciju. U samo 5 godina je udio poslova koji zahtijevaju znanje o umjetnoj inteligenciji i rad u tom području porastao s manje od 1% na 15%“ (Šikić, 2021: 5-6). Iz ovoga možemo zaključiti kako je trend investiranja brži nego ikada.

## 2.2. Sustavi umjetne inteligencije

Umjetna inteligencija dio je ljudskog svakodnevnog života. Tehnološki razvoj omogućio je da umjetna inteligencija postane dostupnija raznim institucijama i industrijama. Tako bolnice danas imaju mogućnost organiziranja smjena, raspoređivanja kreveta te dijagnosticiranja i liječenja bolesti zahvaljujući primjeni umjetne inteligencije. Umjetna inteligencija bankama pomaže u razotkrivanju prevara koje se vežu uz kreditne kartice, dok se u osiguravajućoj industriji koristi kako bi se otkrili pokušaji prevare same industrije. Mnoge vladine organizacije, poput IRS-a<sup>3</sup> i vojske koriste umjetnu inteligenciju. Umjetna inteligencija se koristi za izvršavanje različitih zadataka. Primjerice, za određivanje cijena avionskih karata u aviokompanijama, pripremu hrane, istraživanja nafte te zaštitu djece. Prema Haag i Cummings (2012: 110), „sustavi umjetne inteligencije mogu biti neovisni, samostalni sustavi za donošenje odluka, ili mogu biti ugrađeni u većem analitičkom sistemu, obavljajući i izvršavajući određene funkcije.“ Shodno tome, razlikujemo četiri kategorije sustava umjetne inteligencije:

- Ekspertni sustavi
- Neuronske mreže (i neizrazita logika)
- Genetski algoritmi
- Tehnologije temeljene na agentima (Haag i Cummings, 2012: 110)

---

<sup>2</sup> Kratica za United States Dollar, što u prijevodu znači američki dolar

<sup>3</sup> Kratica za Internal Revenue Service, odnosno Službu unutarnjih prihoda u Sjedinjenim Američkim Državama

### 2.2.1. Ekspertni sustavi

Ekspertne sustave nazivamo još i sustavima za upravljanje znanjem. Ova vrsta sustava umjetne inteligencije koristi sposobnost rasuđivanja kako bi došla do zaključka. Haag i Cummings (2012: 110) ističu kako su ovi sustavi „izvrsni za dijagnostičke i preskriptivne probleme.“ S jedne strane imamo dijagnostički problemi koji zahtijevaju odgovor na pitanje „Što nije u redu?“, dok s druge strane imamo preskriptivne probleme koji pak zahtijevaju odgovor na pitanje „Što učiniti?“ (Haag i Cummings, 2012). Ekspertni sustavi se generalno izrađuju za određeno područje primjene, odnosno domenu. Primjerice, moguće ih je pronaći u domeni ljudskih resursa kako bi se ustanovilo poštuje li tvrtka niz saveznih zakona o zapošljavanju, potom u domeni računovodstva gdje se koriste za porezno planiranje, reviziju i slično te u mnogim drugima. Turing i Copeland (2004) navode bazu znanja, mehanizam zaključivanja i tražilicu za pretraživanje baze znanja kao osnovne komponente ekspertnih sustava. Baza znanja se širi putem intervjuiranja ljudskih stručnjaka u području od interesa, a potom te prikupljene informacije organizira takozvani inženjer znanja u sustav prijedloga koji obično bude u obliku *if-then* (Turing i Copeland, 2004).

Ekspertni sustavi, kao i sve drugo, ima svoje prednosti i mane. Pružanje dosljednih rješenja jedna je od prednosti. Ovaj tip sustava umjetne inteligencije može pružati dosljedne odgovore kod ponavljajućih odluka, procesa i zadataka. Ukoliko se baza pravila ne mijenja, izvedeni zaključci ostaju isti bez obzira koliko puta se testiraju slični problemi. Prednost je i što pruža razumna objašnjenja. Ekspertni sustavi mogu razjasniti razlog izvučenog zaključka i zbog čega se ono smatra najlogičnijim izborom među alternativama. Ekspertni sustavi nadvladavaju ljudska ograničenja. Za razliku od ljudi, oni mogu raditi neprekidno. U skladu s tim, korisnici ga često mogu koristiti kako bi tražili rješenja. Znanje stručnjaka neprocjenjivo je za tvrtku pošto ga mogu pohraniti i koristiti dok god je to tvrtki potrebno. Isto tako, ekspertni sustavi se lako prilagođavaju novim uvjetima što je u suprotnosti s ljudima koji se često bore s problemom prilagodbe na novo okruženje. Ovi sustavi imaju visoku prilagodljivost te su sposobni nove zahtjeve ispuniti u vrlo kratkom roku (Das, 2018).

S druge strane, nedostatak zdravog razuma ističe se kao mana ekspertnih sustava. Ovi sustavi nemaju zdrav razum koji je neophodan za neke odluke, s obzirom da se donošenje svih odluka temelji na pravilima zaključivanja koja su programirana unutar sustava. Sustavi također nemaju sposobnost stvaranja kreativnih i inovativnih odgovora koje ljudski stručnjaci mogu

osmisлити u netipičnim okolnostima. Važno je i naglasiti da su troškovi implementacije i održavanja visoki što stvara financijski teret manjim organizacijama. Sami troškovi razvoja su visoki, a kada se pridodaju naknadni troškovi nadogradnje sustava za prilagodbu novom okruženju koji se ponavljaju kroz godine, to je veliki udarac na financije jednoj manjoj tvrtki. Poteškoće u stvaranju pravila zaključivanja su također jedna od mana. Stručnjaci određene domene neće uvijek znati objasniti svoje razmišljanje i logiku koji su potrebni za proces inženjeringa znanja. Također, može se desiti situacija da ekspertnih sustava ponude pogrešna rješenja. Nijedan sustav nije bez grešaka, pa tako ni ovaj. Postoji mogućnost da dođe do pogreški u obradi izazvane nekakvim logičkim pogreškama napravljene u bazama znanja što u konačnici rezultira nuđenjem pogrešnih rješenja (Das, 2018).

### **2.2.2. Neuronske mreže**

Neuronska mreža ima sposobnost pronalaska i razlikovanja uzoraka. Ljudski mozak je naučio uzimati u obzir razne čimbenika u kombinaciji kako bi bio u stanju prepoznati i razlikovati objekte, a neuronska mreža funkcionira na isti način. Ona uči na primjeru i prilagođava se novim znanjima i konceptima. Neuronske mreže se upotrebljavaju kod sustava za vizualno prepoznavanje uzoraka i govora. Primjerice, ukoliko ikada koristimo tablet koji dešifrira naš rukopis, onda vrlo vjerojatno svjedočimo djelovanju neuronske mreže koja analizira znakove koje smo napisali (Haag i Cummings, 2012). Neuronska mreža izuzetno je korisna. Koristi se u policijskoj upravi Chicago za identifikaciju korupcije među činovima, u medicini za otkrivanje anomalija u uzorcima tkiva koji mogu ukazivati na pojavu raka i drugih bolesti te u poslovnom svijetu za trgovanje vrijednosnim papirima, otkrivanjem prijevara, procjenu nekretnina i ciljani marketing (Haag i Cummings, 2012). To su samo neke od mnogobrojnih situacija u kojima je korištenje neuronske mreže popularno.

David Rumelhart i James McClelland (1986) proveli su eksperiment u kojem su istrenirali sustav neuronske mreže da stvara točne glagolske oblike u engleskom jeziku za prošla vremena. Sustav je pohranio otprilike četiristo engleskih glagola. Rumelhart i McClelland provukli su sve te glagole kroz neuronsku mrežu, nakon čega je ona mogla sama proizvesti točan oblik engleskih glagola. Ovaj eksperiment jedan je od najznačajnijih za područje obrade jezika te se iz tog razloga mnogo radilo na unapređenju neuronskih mreža u području obrade prirodnih jezika. Danas postoje



sustavi s mogućnošću prepoznavanja pisanog, izgovorenog i slikanog teksta koji odmah taj tekst mogu prevesti na veliki broj stranih jezika (Grad, 2020; Pires i sur., 2011; Prasad i sur., 2007). Na područje razumijevanja prirodnog jezika i dalje se gleda kao na jedno od najzanimljivijih područja umjetne inteligencije, stoga ne čudi što se ono konstantno razvija. Nadalje, neuronske mreže pogoduju i vizualnom percipiranju linija i likova. Marr (2019) ukazuje na jedan od najkontroverznijih i najpoznatijih slučajeva vezanih uz ovo područje. Naime, riječ je o Megvii sustavu *Face++* koji je razvijen i implementiran u Kini. To je sustav s umjetnom inteligencijom koji ima sposobnost prepoznavanja ljudskih lica i praćenja svega što ljudi rade, a pritom im dodjeljujući takozvane društvene bodove za ponašanje. Kineska policija koristi *Face++* sustav kako bi pronasla kriminalce i odgovorila na pitanja koja nastaju dok ljudi promišljaju o tome kako se ova ista tehnologija može primjenjivati i za nadzor građana koji poštuju zakon. Osim navedenog, ovaj sustav ima koristi i za brojne druge situacije te je zbog toga stekao popularnost i izvan Kine. Mnoge zemlje i tvrtke surađuju s Megvii u sklopu raznoraznih projekata. Uzimajući u obzir činjenicu da ovaj sustav ima izrazito visoku i preciznu sposobnost prepoznavanja lica te je riječ o otvorenoj platformi preko koje svaki programer može kreirati aplikacije koristeći se *Face++* algoritmima, nimalo ne čudi što ju koristi više od 300 000 programera iz 150 zemalja (Marr, 2019).

### **2.2.3. Genetski algoritmi**

Haag i Cummings (2012: 113) genetski algoritam definiraju kao „sustav umjetne inteligencije koji oponaša evolucijski proces opstanka najboljih kako bi generirao sve bolja rješenja problema.“ Drugim riječima, genetski algoritam koristi se za rješavanje kompliciranih problema s većim brojem varijabli i mogućih rješenja. On pronalazi kombinaciju ulaznih podataka koja potom daje najbolje izlazne podatke. Lošija rješenja zamjenjuju se potomcima dobrih rješenja (Vadapalli, 2021). Ukoliko želimo da genetski algoritam dođe do rezultata kojeg želimo, potrebno mu je ukazati na što dobro rješenje treba sadržavati kako bi znao na što obratiti pozornost za vrijeme simulacija (Haag i Cummings, 2012). Rješenja koja su stvorena pomoću genetskih algoritama su jaka i pouzdana u usporedbi s drugim rješenjima te ne odstupaju puno pri manjoj promjeni ulaznih podataka. Genetski algoritam može upravljati velikom populacijom. Isto tako, ovaj algoritam može raditi u bučnim okruženjima te u slučaju nekakvih složenih i diskretnih

problema. „Genetski algoritmi imaju mnoge primjene poput neuronskih mreža, neizrazite logike, razbijanja kodova, filtriranja i obrade signala“, za što je zaslužna učinkovitost ovog algoritma (Vadapalli, 2021).

Istraživački laboratorij pomorskog centra u Washingtonu koristio je genetski algoritam kako bi trenirali navigaciju robota i izbjegavali njihov sudar s preprekama (Shultz, 1994). U početku se test odvijao u virtualnoj simulaciji da ne bi došlo do grešaka u stvarnim sustavima pošto bi one bile opasne ili preskupe. Sustavu *SAMUEL* programirana su određena pravila koja se „odnose na robotove senzore i koji, prilikom dolaska u kontakt s podražajem koji odgovara pravilu, određuju radnju koju bi robot trebao poduzeti“ (Karácsonyi, 2020: 17). Trenutačno se stanje senzora provjerava čitačem za vrijeme svakog ciklusa kada se robot nalazi u određenoj situaciji kako bi pronašao pravilo koje odgovara trenutačnom stanju robota. Dok god je zadatak neriješen ili neuspješan, svaki ciklus se ponavlja. Shodno tome, utječe se na promjenu pravila kod pojave nove generacije (Shultz, 1994).

#### 2.2.4. Tehnologije temeljene na agentima

Tehnologiju temeljenu na agentima nazivamo još i softverskim agentom. Ovaj sustav umjetne inteligencije predstavlja mali softver koji djeluje u vaše ime (ili nekog drugog softvera) tako da izvršava sve zadatke koji su mu dodijeljeni. Haag i Cummings (2012: 114) pojednostavljaju pojašnjenje sustava opisujući ga kao sličnog agentu „koji predstavlja filmsku zvijezdu ili sportaša, obavljajući dodijeljene zadatke kao što su pregovaranje o ugovornim uvjetima i postavljanje medijskih bliceva.“ Oni nam također ističu kako postoji pet glavnih tipova tehnologija temeljenih na agentima, a to su:

- **Autonomni agent** – softverski agent koji se može prilagoditi i promijeniti način na koji pokušava postići dodijeljeni zadatak (Haag i Cummings, 2012: 114).
- **Distribuirani agent** – softverski agent koji radi na više različitih računalnih sustava (Haag i Cummings, 2012: 114).
- **Mobilni agent** – softverski agent koji se može premjestiti na različite računalne sustave (Haag i Cummings, 2012: 114).

- **Inteligentni agent** – softverski agent koji zahvaća sposobnosti umjetne inteligencije poput učenja i rasuđivanja (Haag i Cummings, 2012: 114).
- **Sustav s više agenata** – grupa inteligentnih agenata koji imaju sposobnost samostalnog rada, ali isto tako moraju i surađivati jedni s drugima kako bi ostvarili svoje dodijeljeni zadatak (Haag i Cummings, 2012: 114).

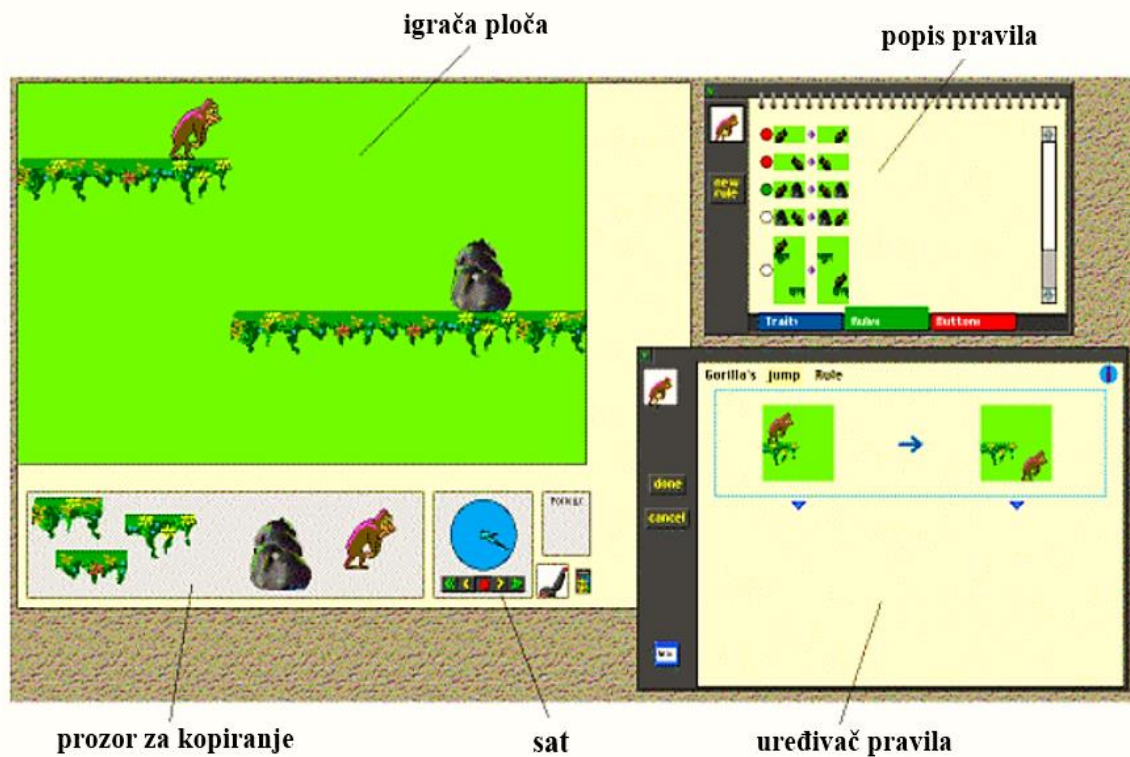
Za potrebe ovog rada, fokusirat ćemo se na kategoriju inteligentnih agenata. Inteligentni agenti zahvaćaju neki oblik umjetne inteligencije, poput rasuđivanja i učenja. Njihova svrha je pomoći ili u vaše ime djelovati pri obavljanju ponavljajućih zadataka vezanih uz računalo. Prema Haag i Cummings (2012: 115), postoje četiri vrste inteligentnih agenata, a to su:

- **Informacijski agenti** – inteligentni agenti koji traže neku vrstu informacija i vraćaju ih natrag. Najpoznatiji od njih su agenti za kupnju koji na web stranici kupcima pomažu pronaći željene proizvode i usluge (Haag i Cummings, 2012: 115).
- **Agenti za praćenje i nadzor** – inteligentni agenti koji neprestano promatraju i izvješćuju o nekom entitetu od interesa, mreži ili proizvodnoj opremi (Haag i Cummings, 2012: 115).
- **Agenti za rudarenje podataka** – inteligentni agenti koji rade u skladištu podataka otkrivajući informacije. Jedna od najčešćih vrsta rudarenja podataka je klasifikacija, čija je svrha pronalaženje uzorka u informacijama i kategoriziranje stavki u te klase. Neuronske mreže upravo to rade najbolje, stoga nije iznenađujuća činjenica da su one dio mnogih alata za rudarenje podataka. Agenti za rudarenje podataka mogu otkriti veliki pomak u trendu ili ključnog pokazatelja. Također, oni mogu otkriti prisutnost novih informacija i obavijestiti vas (Haag i Cummings, 2012: 115).
- **Korisnički agenti** – inteligentni agenti koji djeluju u vaše ime, poput sortiranja vaše e-pošte po prioritetu, bacanja neželjene e-pošte u vašu spam mapu te igranja računalnih igara kao vaš protivnik (Haag i Cummings, 2012: 115).

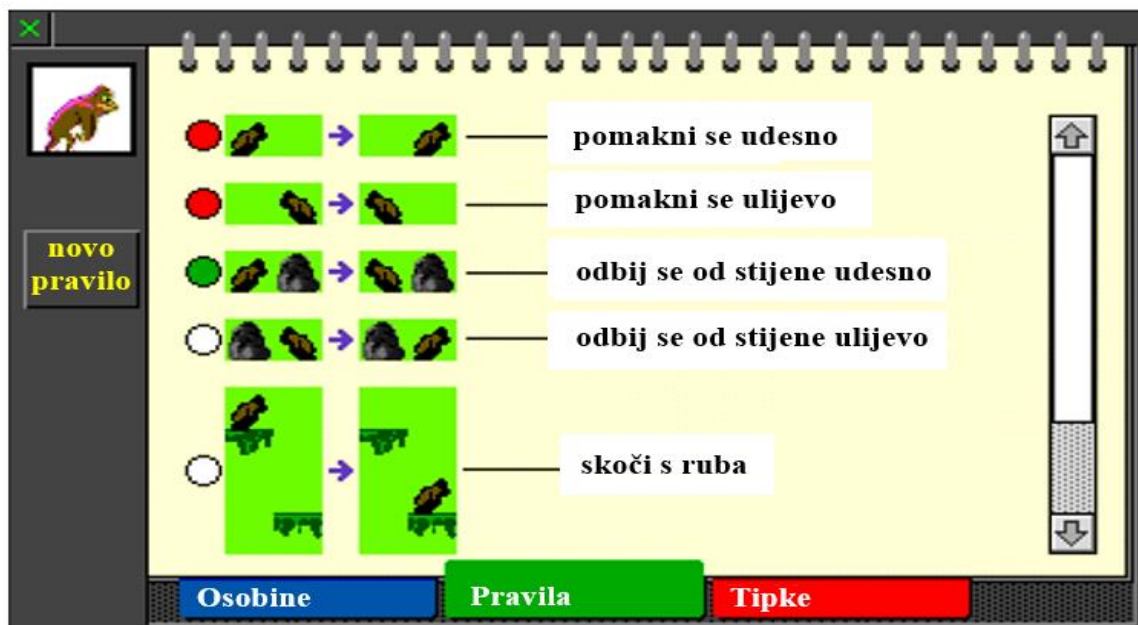
### 2.2.5. Inteligentni agenti u obrazovanju

Inteligentni agenti se sve više pojavljuju i u obrazovanju. Inteligentni agenti služe kao kognitivni alati uz pomoć kojih se učenicima olakšava sami proces učenja. Kognitivne alate može se opisati kao „mentalne i računalne uređaje koji podupiru, vode i proširuju procese razmišljanja učenika“ (Baylor, 1999: 37, prema Derry, 1990). Prema Baylor (1999: 38), primjena inteligentnih agenata kao obrazovnih alata moguća je u tri područja:

1. **Upravljanje velikim količinama informacija** – inteligentni agenti u ovom području mogu poslužiti za filtriranje, uređivanje i pripremanje velikog broja informacija koji su dostupni učeniku na način da ih se prilagodi učenikovim specifikacijama. Učenik na taj način može odabrati što sve želi pronaći, dok agent neovisno odrađuje svoje procese i dostavlja učeniku krajnji rezultat (Baylor, 1999: 38).
2. **Agent u ulozi pedagoškog stručnjaka** – inteligentni agenti u ovoj ulozi mogu nadzirati i procjenjivati kako i kada intervenirati kod učenika (primjerice, ukoliko je učeniku potrebno nešto dodatno pojasniti, pomoći ili pružiti povratnu informaciju). Prilikom suradnje učenika i inteligentnog agenta, poželjno je da se učenik razvija i napreduje, a da agent postupno prelazi u drugi plan i omogućava učeniku da preuzme više inicijative (Baylor, 1999: 38).
3. **Stvaranje programskog okruženja za učenika** – učenici u ovom području mogu izrađivati inteligentne agente kao iskustvo učenja. Smith, Cypher i Spohrer su 1997. godine osmislili grafičko sučelje za *KidSim* program. Program je osmišljen za djecu i odrasle koji nemaju iskustva u programiranju. Cilj programa je da korisnici nauče stvarati i uređivati simulacije ovisno o zadatku (Baylor, 1999: 38).



Slika 2. Izgled glavnog sučelja *KidSim* programa  
<http://acypher.com/Publications/CACM/KidSimCACM.html>



Slika 3. Prikaz objašnjenja pravila za majmuna u *KidSim* programu  
<http://acypher.com/Publications/CACM/KidSimCACM.html>

Učenik se treba aktivno služiti sustavom kao kognitivnim alatom umjesto da proces izvlačenja informacija prepusti agentu jer samo na taj način inteligentni agent može na najbolji način pripomoći procesu učenja. Sustav tada stvara okruženje koje potiče učenika da dublje promišlja o problemu te je funkcija sustava u tom slučaju motivirati učenika da se upusti u analizu vlastitih kognitivnih procesa. Ne smije doći do toga da sustav razmišlja umjesto učenika jer bi to predstavljalo ozbiljan problem. Ovaj način učenja, potpomognut inteligentnim agentima, nazivamo e-učenje. E-učenje podrazumijeva da učenici uče tako da kod kuće ponove gradivo koristeći se literaturom koju mogu pronaći na web stranicama koje nastavnik upotrebljava (Mijić, 2019). Web stranice omogućavaju pristup elektronskim udžbenicima i drugim pomoćnim materijalima što učenicima, nastavnicima i roditeljima olakšava učenje i podučavanje jer imaju pristup raznovrsnim materijalima istovremeno. Ukoliko im jedan od materijala nije dovoljno sadržajan ili nema ono što traže, tada mogu s lakoćom pristupiti drugim materijalima. Postoji mnoštvo ovakvih sustava, a neki od njih su *Wolfram Alpha*, *Mozaik education* i *Izzi*.

*Wolfram Alpha* smatra se računalnim sustavom znanja koji daje kratke odgovore na milijune pitanja. Sustav kombinira značajke uobičajene tražilice, enciklopedije i kalkulatora. Fox (2017) objašnjava kako sustav funkcionira „na principu izračuna, statistike, vizualizacije i računanja.“ Shodno tome, sustav može davati odgovore samo na posebno formulirana i činjenična pitanja. *Wolfram Alpha* postavio si je dugoročni cilj da sustavnom znanju doda dostupnost i izračunljivost. Informacije provjeravaju priznati stručnjaci što osigurava njihovu kvalitetu i pruža mogućnost širem krugu ljudi da se educira putem sustava. Fox (2017) kao glavne značajke usluge ovog sustava ističe slobodan unos podataka i najviša razina jasnoće predloženih podataka. *Wolfram Alpha* web stranica ima poprilično jednostavno i prijateljsko sučelje. Dolaskom na početnu stranicu, odmah je vidljiva tražilica. Ispod tražilice moguće je pregledavati primjere za različite područja kao što su matematika, tehnologija i prirodne znanosti, društvo i kultura te svakodnevni život. Svaki od navedenog područja ima ponuđene različite teme i primjere. *Wolfram Alpha* izvrstan je web sustav, i mobilna aplikacija, za stjecanje novih znanja. Pohranjuje veliku količinu vjerodostojnih informacija i pomaže ljudima da održe korak sa stalnim promjenama i razvojem svijeta (Fox, 2017).







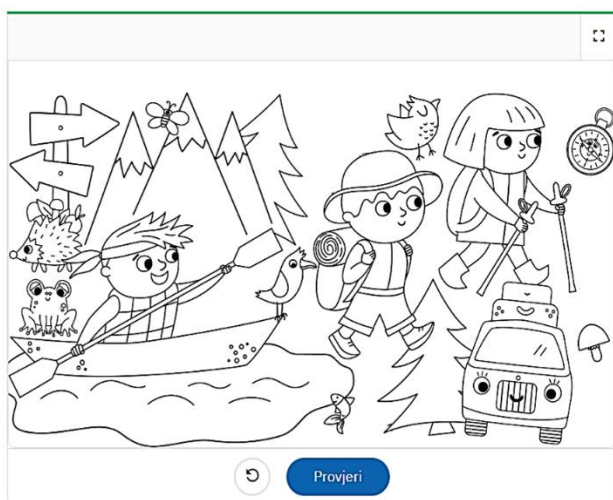
Slika 5. Primjer 3D scene iz geografije na temu zagađenja okoliša

*Izzi* je također interaktivni sustav koji primjenjuje umjetnu inteligenciju. Ovaj sustav veoma je slično koncipiran kao i *Mozaik education*, no *Izzi* se ipak više oslanja na stjecanje znanja kroz igre. Sustav u svom katalogu knjiga obuhvaća digitalne udžbenike koje se koriste u nastavi za osnovnu i srednju školu. Digitalni udžbenici obično sadrže nekakve dodatne digitalne sadržaje, te mnogi od njih imaju audio i video zapise. Uz digitalne udžbenike mogu se pronaći i drugi digitalni materijali za nastavnike, pripreme za učenike za nacionalne ispite, materijale za mentalnu pripremu ispita na državnoj maturi te pripreme za maturu iz Biologije, Kemije, Fizike, Politike i gospodarstva, Matematike (A i B razina), Hrvatskog jezika (A i B razina) i Engleskog jezika (A i B razina).



## Tko treba Sunčevu svjetlost i toplinu?

Promotri ilustraciju. Klikni na ono što treba Sunčevu svjetlost i toplinu.



## Tko treba Sunčevu svjetlost i toplinu?

Promotri ilustraciju. Klikni na ono što treba Sunčevu svjetlost i toplinu.



Slika 6. Učenje o uvjetima života na Izzi

### 3. Primjena umjetne inteligencije u obrazovanju

Umjetna inteligencija u obrazovanju ima mnoge uloge, kao što je pružanje pristupa i poboljšavanje komunikacije između učenika i nastavnika. Trendovi u obrazovanju se mijenjaju s umjetnom inteligencijom. To se događa jer umjetna inteligencija pruža pomoć u „realizaciji obećanog personaliziranog učenja – sposobnosti da se način prenošenja, sadržaj i tempo učenja prilagode specifičnim potrebama svakog pojedinog učenika“ (UNESCO IITE, 2020: 5). Podučavanje uvelike ovisi o razini učenikovog znanja, brzini kojom uči te ciljevima koje želi kroz školovanje postići. Primjenom umjetne inteligencije nastoji se dokučiti način na koji učenici djeluju te razumjeti zbog čega neki učenici ostvaruju lošije rezultate. Cilj je da se na temelju dobivenih rezultata pomogne učenicima tijekom njihova školovanja (Woolf, 2015). Isto tako, primjenom umjetne inteligencije možemo bolje shvatiti proces učenja i podučavanja. To bi proces učenja i podučavanja učinilo boljim i djelotvornijim, što bi u konačnici pozitivno djelovalo na obrazovni sustav (Woolf, 2015). Za postizanje najboljih rezultata, neophodna je suradnja između nastavnika i tehnologije. Postupnim uvođenjem umjetne inteligencije u obrazovanje očekuje se određeni stupanj informatičkih vještina od nastavnika. Mnogi u tehnologiji vide problem ili prijetnju njihovom radnom mjestu, ali činjenica je da je vrlo mala šansa da se to dogodi. Ipak, oni

nastavnici koji odbiju unapređivati svoje informatičke vještine i koristiti tehnologiju kako bi poboljšali obrazovni proces teško će uspjeti zadržati svoje radno mjesto. Tehnologija služi kako bi, u suradnji s nastavnicima, ponudila potencijalna rješenja na određene probleme i pitanja koja se nameću. Danas se tehnologija vrlo brzo razvija i nužno je pratiti korak s njom za bolji život svih. Računala, mobilni uređaji, digitalni mediji, društvene stranice uvelike utječu na percepciju obrazovnog sustava, kao i na proces učenja i podučavanja. Učenici i nastavnici koriste tehnologiju kako bi unaprijedili svoj akademski i profesionalni život.

### **3.1. Prednosti umjetne inteligencije**

#### **3.1.1. Učenici**

Umjetna inteligencija nudi učenicima brojne prednosti, neovisno o njihovoj dobi, razini postignuća i različitim socio-ekonomskim pozadinama. Prvenstveno, primjenom umjetne inteligencije omogućava se osmišljavanje individualiziranog učenja koje se prilagođava učenikovim snagama, slabostima, talentima i izazovima. UNESCO IITE (2020: 15) ističe kako „istinsko personalizirano učenje pruža učenicima optimalno okruženje u kojem mogu ostvariti svoj puni potencijal.“ To se pak pozitivno odražava na njihov akademski uspjeh, stav prema obrazovnoj ustanovi, razinu angažmana, osjećaj o njihovoj vrijednosti, sreću i dobrobit. Umjetna inteligencija također pridonosi poboljšanju kognitivnih, društvenih i emocionalnih vještina (UNESCO IITE, 2020).

Uz pomoć umjetne inteligencije, moguće je prepoznati „rupe u znanju“ kod svakog učenika. Učeniku se tada mogu ponuditi materijali s odgovarajućim sadržajima te korak po korak rješenja za kompleksne probleme. Primjerice, platformu otvorenog koda *iTalk2Learn* razvili su istraživači kao podršku učenju matematike. Platforma je namijenjena učenicima dobi između 5 i 11 godina. *iTalk2Learn* mentor (*engl. tutor*) komunicira s učenicima putem govora te identificira i intervenira kada prepozna da se učenici bore s nekim sadržajem. Slično tome, Pearson je osmislio *AIDA*, alat za učenje infinitezimalnog računa (*engl. calculus*) koji učenicima osigurava korak po korak upute i pomaže im da zadatke iz matematike riješe do kraja. Nadalje, *Cognii* je tvrtka koja razvija alate koje koriste umjetnu inteligenciju. Kao glavni *Cognii* alat, ističe se virtualni asistent koji se oslanja na konverzacijsku tehnologiju ne bi li pomogao učenicima formirati odgovore

otvorenog tipa te poboljšati vještinu kritičkog mišljenja (McFarland, 2022). Također, neizostavno je spomenuti *Knowji* kao jednog od najboljih obrazovnih alata. To je audio-vizualna aplikacija za vokabular koja je dizajnirana za učenike jezika. Aplikacija koristi raznovrsne metode i koncepte ne bi li pomogla učenicima u bržem učenju. Ovaj alat prati napredak svake riječi i predviđa kada bi korisnici mogli zaboraviti, a to postiže korištenjem algoritma ponavljanja razmaka (McFarland, 2022).

Kao jednu od najvažnijih prednosti umjetne inteligencije, možemo istaknuti dostupnost obrazovanja bilo kada. Pametni telefoni, tableti i računala nude sve više aplikacija koje koriste umjetnu inteligenciju koje omogućavaju učenicima učenje u slobodno vrijeme. Isto tako, učenici na taj način odmah dobivaju povratnu informaciju od nastavnika (Guilherme, 2019). Umjetna inteligencija sada omogućava ustanovama za visoko obrazovanje pružanje personalizirane pomoći studentima u bilo kojem trenutku. Na taj način pomaže studentima „u snalaženju svih kompleksnosti života na kampusu te kako bi poboljšali vlastito iskustvo na kampusu“ (Contact North | Contact Nord, 2018). Sustavi omogućavaju studentima postavljanje pitanja, koristeći prirodni jezik, na koje odmah zaprimaju odgovor. Odgovori budu na temu usluga na kampusu, rasporeda predavanja, zahtjeva kolegija za diplomiranje. Kako vrijeme prolazi, ovi sustavi uče pa se tako i preciznost njihovih odgovora poboljšava. *iTuffy* je popularan chatbot koji studentima se koristi na fakultetima. Ovaj chatbot puža studentima platformu za postavljanje pitanja o uslugama na kampusu kroz razgovor. „Koristeći informacije o studentima pohranjenima u mnogobrojnim skladištima podataka, *iTuffy* će moći pokazati ocjene studenata, prikazati njihov trenutni raspored i osigurati im karte kolegija kako bi pomogli studentima da se snađu na putu do diplome“ (California State University Fullerton, n.d.: 1). Studenti imaju samo skinuti aplikaciju *iFullerton* na svoje elektroničke uređaje i imaju pristup *iTuffy* značajkama. Generalna pitanja uključuju sve od informacija o karti za pristup parkiralištu, radnom vremenu rekreacijskih centara, lokacijama restorana, do kontakt podataka zdravstvenih službi. Aplikacija *iFullerton* sadrži niz drugih značajki koje kampusu pomažu provjeriti dostupnost parking mjesta, pristupiti informacijama o kolegijima, pa čak se i upisati na predavanja.

Umjetna inteligencija također može učenicima s teškoćama u razvoju poboljšati iskustvo učenja. Contact North | Contact Nord (2018) ističe kako su „među dostupnim sustavima, ili onima u razvoju, oni sustavi koji mogu učenicima s oštećenjem vida opisati sadržaj fotografija,

automatski kreirati opise videozapisa za gluhe i nagluhe učenike, sintetizirati realističnije glasove na više jezika za tekst-u-govor čitanje te upravljati zaslonskim mišem, tipkovnicom i tekst-u-govor značajkom korištenjem samo pokreta očiju za one učenike koji ne mogu koristiti tipkovnicu zbog tjelesnog oštećenja.“ Umjetna inteligencija učenicima s teškoćama u razvoju otvara vrata, što će duboko promijeniti njihove obrazovne prilike i razine angažmana. UNESCO IITE (2020: 16) navodi kako su „među nedavnim naprecima potaknutim upotrebom umjetne inteligencije bile aplikacije koje mogu promatrati, analizirati i opisati svijet oko sebe učenicima s oštećenjem vida putem njihovog mobilnog telefona, uz mogućnost prepoznavanja učenikovih prijatelja i poznanika, pa čak i opisati njihove emocije na temelju faktora, kao što su izraz lica i držanje.“ Tvrtka *Nuance* proizvela je softver za prepoznavanje govora pod nazivom *Dragon Speech Recognition*. Softver može transkribirati do 160 riječi u minuti, pomažući učenicima koji imaju problem pisati ili tipkati. Isto tako, za učenike sa zahtjevima pristupačnosti, alat podržava verbalne naredbe za upravljanje dokumentima. *Dragon* ima široku ponudu značajki. To uključuje mogućnost diktiranja nastavnih planova, silabusa, radnih listova, popisa za čitanje, itd., tempom koji je tri puta brži od tipkanja (McFarland, 2022). Postiže rezultat točnosti od 99%. Nadalje, *Presentation Translator* je aplikacija koja nudi titlove u stvarnom vremenu (Kengam, 2020). Učenici, primjerice, mogu uz pomoć ove značajke slušati i čitati PowerPoint prezentacije na svom materinjem jeziku. Ova značajka također može koristiti učenicima koji možda „neće moći pohađati školu zbog bolesti ili kojima je potrebno učenje na drugoj razini ili na određenom predmetu koji nije dostupan u njihovoj školi“ (Marr, 2019). Za interaktivnija predavanja, virtualna realnost i gamifikacija veoma su zanimljive i korisne moderne tehnologije (Kengam, 2020).

### **3.1.2. Nastavnici**

Primjena umjetne inteligencije u obrazovanju ima prednosti ne samo za učenike, već i za nastavnike. Dok učenicima umjetna inteligencija personalizira proces učenja, tako nastavnicima ona personalizira pristup podučavanja (Karandish, 2021). Nastavnici imaju uvid u informacije koje sustav umjetne inteligencije prikupi o učenicima. Uvidom u informacije o napretku učenika nastavnicima omogućuje kreiranje najboljeg programa učenja za sve učenike. Nastavnici i profesori mogu prilagoditi svoje programe podučavanja analizirajući individualne potrebe svakog učenika i studenta (Karandish, 2021). To bi im pomoglo u rješavanju najčešćih „rupa u znanju“ ili

problematičnih područja prije nego što učenik ili student previše zaostane. Takav pristup podučavanju rezultira boljim rezultatima učenika i studenata, kao i sretnijim, angažiranijim članovima razreda.

Izradom bogatih izvješća učenika koja se mogu staviti na raspolaganje obrazovnoj ustanovi, roditeljima ili skrbnicima te samim učenicima, umjetna inteligencija može uštedjeti vrijeme nastavnicima. Učenici osjete dobrobiti u svojim učionicama kada nastavnici više posvete svoje vrijeme pripremi i izvođenju nastave. Učenici se osjećaju cijenjeno i osjećaju podršku nastavnika kada osjete da nastavnik prepoznaje i uzima u obzir njihove individualne potrebe. UNESCO IITE (2020: 18) ističe kako „oslobađanje vremena od napornih administrativnih zadataka također može utjecati na zapošljavanje i zadržavanje nastavnika.“ Nastavnici dnevno odvajaju oko 3-5 sati za ocjenjivanje testova i radova, pripremanje nastavnih planova te dovršavanje administrativnih poslova izvan učionice. Upravo to predstavlja vodeći uzrok smanjenja broja nastavnika te uvelike demotivira talentirane i stručne osobe koje neka obrazovna ustanova pokušava privući za rad u toj ustanovi (UNESCO IITE, 2020).

Umjetna inteligencija u obrazovanju čini komunikaciju ugodnijom i praktičnijom za učenike i nastavnike. Postoje učenici kojima nije ugodno postavljati pitanja u razredu, što može biti rezultat straha od primanja povratke informacije u formi kritike (Swain, 2020). U tom su slučaju chatbotovi izuzetno korisni alati. Chatbotovi imaju pristup cijeloj školskoj bazi znanja na temelju koje mogu učenicima odgovarati na različita generalna i ponavljajuća pitanja bez uključivanja nastavnika. Učenici tako mogu postavljati pitanja koja ih zanimaju bez prisutnosti drugih. Nastavnici se pak mogu usredotočiti na motiviranje svakog učenika individualno za kojeg primijete da mu je to potrebno.

### **3.1.3. Roditelji**

Roditelji su ključni sudionici u obrazovanju djece i mladih. Većina roditelja je duboko uključena i zainteresirana za obrazovanje svoje djece od početka osnovne škole pa sve do njihovog završetka fakulteta. UNESCO IITE (2020: 20) objašnjava kako je veća vjerojatnost da će „učenici čiji roditelji aktivno sudjeluju u njihovom obrazovanju redovito pohađati školu, dobro se prilagoditi u školi, pohađati napredne razrede te biti akademski isticani.“ Također, veća je

vjerojatnost da će takvi učenici razviti bolje socijalne vještine, završiti srednju školu i nastaviti svoje obrazovanje na fakultetu. UNESCO IITE (2020) također navodi kako postoje istraživanja koja navode kako uključenost roditelja može biti najvažnija značajka učenikovog uspjeha. Umjetna inteligencija podržava angažman roditelja dopuštajući im da postanu sudionici i osiguravajući im pristup podacima o njihovom djetetu. Roditeljeva mogućnost pristupa informacijama o napretku vlastitog djeteta, interveniranja kada je to nužno i komunikacije s djetetovim nastavnicima, koristi svima – školi, nastavniku, roditeljima i samom djetetu (UNESCO IITE, 2020). Aktivna participacija roditelja u obrazovanje svoje djece potvrđuje važnost obrazovanja. Dijete će vrlo vjerojatno prepoznati vrijednost i važnost obrazovanja. Kako bi aktivna participacija roditelja bila moguća, „škole i fakulteti moraju biti voljni dati pristup ključnim podacima i informacijskim sustavima u kojima se podaci nalaze, u prilog kulturi povjerenja i zajedničke odgovornosti“ (UNESCO IITE, 2020: 21).

### **3.2. Nedostaci umjetne inteligencije**

Umjetna inteligencija ima brojne prednosti, ali isto tako ima i nedostatke. Kao jedan od nedostataka može se navesti ovisnost koju tehnologija i umjetna inteligencija mogu izazvati. Ukoliko se djecu od najranije dobi potiče na upotrebu tehnologije kao primarnog izvora podataka, djeca će početi ovisiti o tehnologiji i konstantno se oslanjati na nju tokom života. Učenici neće moći zamisliti svoj život bez tehnologije ukoliko se ona implementira u svim učionicama (Kumar, 2019). Problem ovisnosti o tehnologiji sa sobom povlači činjenicu da učenici mogu postati socijalno neprilagođeni (Kengam, 2020). Postoje situacije kada obrazovni život učenika zahtjeva ljudske interakcije. Učenici ne mogu sve naučiti od elektroničkih naprava, uređaja i sustava umjetne inteligencije. Učenici za iskustvo i učenje o praktičnom životu trebaju učiti od nastavnika i roditelja (Adil, 2021). Učenici mogu naučiti samo sadržaj predmeta od sustava umjetne inteligencije, dok od ljudi mogu naučiti „duboko znanje o životu, svrsi života, iskustvima, načinima življenja lijepog života i kulturi“ (Adil, 2021).

Velika potrošnja električne energije je također jedan od nedostataka. Električna energija je jedan od neobnovljivih izvora energije, a moderniziranjem svih učionica tehnologijom, robotima, raznovrsnim strojevima i tehničkim pomagalima troši se velika količina električne energije (Juršić,

2020). Također, na uvođenje i održavanje tehnoloških uređaja i umjetne inteligencije, troši se velika novca. Umjetna inteligencija izrazito je skupa, a mnogi obrazovni sustavi nisu u mogućnosti ju financirati. Sama izrada iziskuje velike troškove pošto je riječ o kompleksnim strojevima. Čak i da obrazovni sustavi imaju sredstva financiranja umjetne inteligencije, upitno je da li si financijski mogu priuštiti održavanja i ažuriranja. Kumar (2020) ističe kako se umjetna inteligencija svaki dan ažurira, što bi značilo da bi se hardver i softver morali ažurirati s vremenom na vrijeme kako bi zadovoljavali najnovije zahtjeve. Također, svaki eventualni popravak i održavanje predstavlja novi veliki trošak. Botovi i ostali sustavi umjetne inteligencije za učenje zahtijevaju od učenika posjedovanje tableta ili prijenosnog računala. Učenici, koji sebi ne mogu priuštiti kupovinu potrebnih uređaja, ostaju zakinuti. U ovom slučaju, ovi učenici bi imali šansu da ne ostanu zakinuti samo ako Vlada financira tehnološku implementaciju.

Ogromne količine podataka su potrebne sustavu umjetne inteligencije kako bi što bolje radio. Ti podatci uključuju podatke o učenicima i osoblju obrazovnih sustava. S obzirom da su podatci povjerljivi, tu nailazimo na problem s privatnošću. Upotreba umjetne inteligencije dovodi do bezbroj etičkih i moralnih pitanja. Contact North | Contact Nord (2018) ukazuje na važnost rješavanja pitanja vezana uz „sigurnost podataka, pristanak za korištenje osobnih podataka, tko može pristupiti podacima, mogućoj pogrešnoj procjeni učenikovog učenja, potencijalno pogrešnog savjetovanja učenika te latentnoj pristranosti i stereotipima u algoritmima umjetne inteligencije.“ Primjerice, ukoliko umjetna inteligencija pogrešno predvidi da neki učenik neće dobro proći na završnim ispitima ili da bi mogao odustati od školovanja dogodne, ugled tog učenika može biti ozbiljno narušen pred nastavnicima i roditeljima (Chaudhry i Kazim, 2022). Sustav umjetne inteligencije također može utjecati na percepciju nastavnika o napretku učenika, što pak „može dovesti do pristranosti automatizacije i problema s odgovornošću gdje se nastavnici počnu slijepo oslanjati na alate umjetne inteligencije i preferirati rezultate alata umjesto vlastite prosudbe, kad god postoji sukob“ (Chaudhry i Kazim, 2022: 162). Nadalje, umjetna inteligencija vrlo je ranjiva na kibernetičke napade. Kako umjetna inteligencija pohranjuje veliku količinu podataka, hakeri neprestano smišljaju nove načine napada (Swain, 2020). Ukoliko zamislimo da je cijela baza podataka o učenicima, nastavnicima, roditeljima i ostalom osoblju obrazovnog sustava napadnuta, svjesni smo koliko bi štetno bilo da njihovi osobni podaci budu otvoreni. Ono što obrazovne institucije mogu napraviti kako bi spriječili takve situacije jest instalirati softver za zaštitu podataka

i osloniti na njega. Ipak, nerijetko hakeri i pored toga uspješno provale u sustav umjetne inteligencije.

## 4. Robotika kao oblik umjetne inteligencije

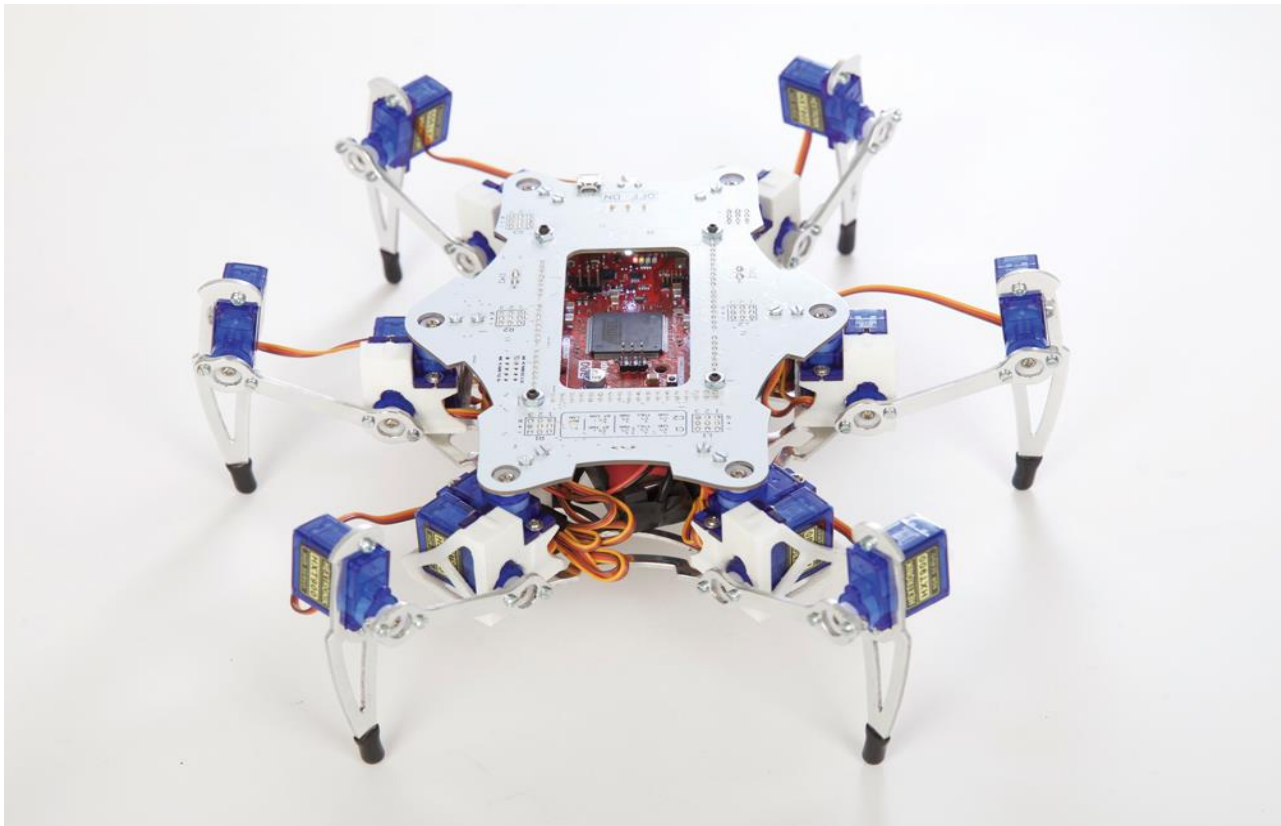
Robotiku je teško definirati, odnosno ne postoji univerzalna definicija. Za mnoge robotika predstavlja drugačije stvari. Primjerice, Kovačić, Bogdan i Krajči (2002) područje robotike definiraju kao višedisciplinarnu znanstvenu granu koja bavi istraživanjem, dizajniranjem, izradom te primjenom robota, pri čemu objedinjuje znanja iz područja elektronike, računarstva, mehanike i automatike. Birk (2011: 94) područje robotike pak definira kao interdisciplinarnu znanstvenu granu koja kombinira „električne i mehaničke komponente „tijela“ s računalnim „mozgovima“. Shodno tome, strojarstvo, elektrotehnika i računalna znanost temeljne su discipline uključene u robotiku.“ Slično tome, Tech Might (2021) područje robotike definira kao „sjecište znanosti, inženjerstva i tehnologije koja proizvodi strojeve zvane roboti koji zamjenjuju ili ponavljaju ljudske radnje.“ Iz navedenih definicija, možemo zaključiti kako se svi slažu da robotika koristi znanja mehanike, elektrotehnike i programiranja, no uz ova znanja se vrlo često koriste i znanja iz područja matematike, fizike i drugih znanosti kako bi se riješio problem. Za sam pojam robotike zaslužan je Isaac Asimov koji ju je 1950. godine prvi put upotrijebio u svojoj kratkoj priči *Runaround*. U svojim je pričama Isaac Asimov govorio kako roboti čovjeku pomažu i ne nanose zlo. Tako je 1942. predstavio tri zakona robotike koja se i danas poštuju pri konstruiranju, a ona su:

- 1) Robot ne smije ozlijediti ljudsko biće, ili svojom neaktivnošću dopustiti da ljudsko biće bude ozlijeđeno
- 2) Robot se mora pokoravati naredbama koje mu zada ljudsko biće, osim ako su takve naredbe u sukobu s prvim zakonom
- 3) Robot mora štiti vlastito postojanje dokle god takva zaštita nije u sukobu s prvim ili drugim zakonom (Anderson, 2008: 477).

Kovačić i sur. (2002) navode kako se pod pojmom robota generalno podrazumijeva industrijski robot. Industrijskog robota može se još prepoznati i pod nazivom *robotski manipulator*

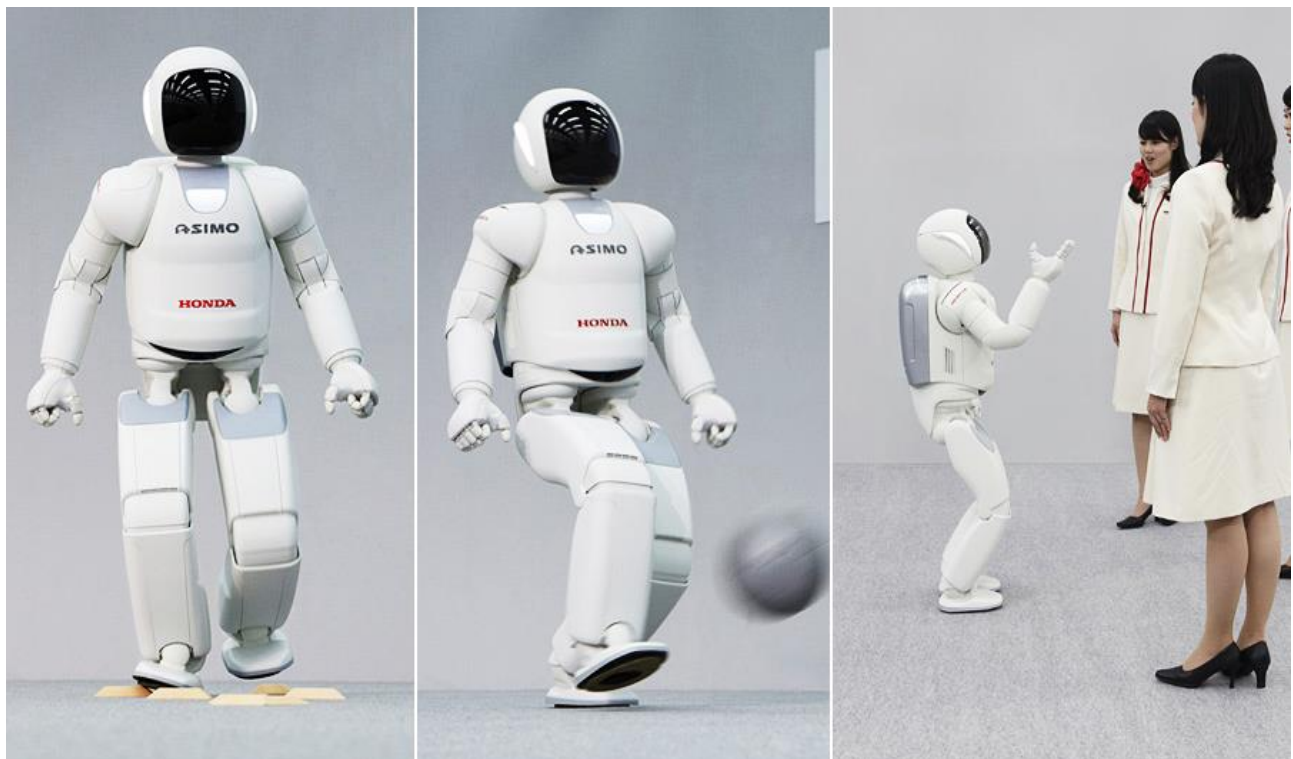


ili *robotska ruka*, a sastoji se od krutih članaka koje međusobno povezuju pokretljivi zglobovi (Kovačić i sur., 2002). Ipak, tehnologija je danas toliko uznapredovala da današnji roboti jednostavno više ne spadaju pod nekadašnje definicije. Današnji roboti podrazumijevaju uređaje koji se služe senzorskim, aktuatorskim i upravljačkim sustavima kako bi obavljali svoju funkciju (Raguž, 2019). Razvojem tehnologije i umjetne inteligencije, funkcija robota se mijenja. Od industrijskih strojeva koje se po svojim karakteristikama smatralo „neinteligentnima“, roboti postaju „inteligentni“ radni partneri ljudskim bićima (Raguž, 2019). Danas je popularna izrada modernog robot pauka pod nazivom *STEMI*. *STEMI* je platforma za djecu stariju od 13 godina i početnike u svijetu robotike putem koje mogu usvojiti vještine vezane uz STEM područja (Hruškovec, 2015). Hrvatska udruga *Bura znanja* je pokrenula ovaj projekt kako bi popularizirala STEM područje.



Slika 7. *STEMI* robot pauk (<https://www.vidilab.com teme/cool-prica/1536-stemi-robot-pauk-i-platforma-za-ucenje-i-inovaciju>)

Roboti se danas koriste za obavljanje poslova u području medicine, uslužnih djelatnosti, agrikulture, istraživanja svemira, sigurnosti, za transport, proizvodnju, kućanske poslove i dr., čineći sastavni dio ljudskog života. Kako se robotika razvija, tako će roboti sve više nalikovati ljudima. Osim fizički, roboti će nalikovati ljudima i intelektualno jer će posjedovati znanje, sposobnost rasuđivanja i druge intelektualne mogućnosti. Roboti razvijeni tako da nalikuju čovjeku već postoje. Riječ je o humanoidnim robotima koji se dizajniraju na sliku čovjeka radi funkcionalnosti, lakše interakcije robota s okolinom, eksperimentalnih razloga i sl. (Raguž, 2019). Humanoidni roboti su dizajnirani i izrađeni tako da imaju glavu, oči, usta, torzo, dvije ruke i noge. Kao primjere jednih od najsavršenijih humanoidnih robota danas možemo izdvojiti *ASIMO*, proizvedenog u Hondi, i *QRIO*, proizvedenog u Sonyju. Ovi humanoidni roboti imaju široki spektar mogućnosti koji uključuje obavljanje različitih zadataka, kao što su trčanje, penjanje, plesanje, sviranje, posluživanje, komuniciranje na raznim jezicima i sl. (Raguž, 2019).



Slika 8. *ASIMO* humanoidni robot (<https://wonderfulengineering.com/new-version-of-asimo-released-by-honda-is-the-most-advanced-humanoid-robot-ever/>)



Slika 9. *QRIO* humanoidni robot  
(<https://www.yougoodha.cf/ProductDetail.aspx?iid=151791743&pr=49.88>)

#### **4.1. Edukativni roboti u obrazovanju**

Pojam „računalna pismenost“ svima je već dobro poznat, no vrijeme nalaže da se sada uvede „robotska pismenost“ kao novi pojam. U današnje vrijeme, djeca već rade s mobitelom, tabletom i/ili računalom u osnovnim školama, a u razvoju računalne pismenosti „ključnu ulogu imaju roditelji, obrazovni sustav i šira društvena okolina“ (Blažević i Klein, 2022: 128). Oni su generacija koja tehnološke inovacije prihvaća s lakoćom. Trendovi tehnoloških inovacija se brzo mijenjaju. Nešto što je nekoć bilo nezamislivo, u današnje vrijeme je nužno za život i rad. Informatika i robotika sve se više isprepliću i nadopunjavaju. Kroz robotsku edukaciju se stječu

znanja o robotima, informatici, mehanici i elektronici, na temelju čega zaključujemo kako robot predstavlja najkompletniji i najkompleksniji mehatronički objekt (Nikolić, 2016).

Grana robotike koja se primjenjuje u obrazovnom sustavu naziva se obrazovna robotika. Ona podrazumijeva korištenje edukativnih robota u sklopu nastavnog procesa putem kojih potiče složene koncepte i apstraktno učenje kod učenika. Prilikom uvođenja robotike u obrazovni sustav nije riječ samo o učenju o robotima, nego i o učenju s robotima. Učenici zapravo najbolje uče o robotima kroz njihovu izradu i rješavanje problema. U sklopu obrazovne robotike, učenici razvijaju nove vještine, koncepte i jačaju sustav razmišljanja. Također, u pedagoškom se pristupu robotiku povezuje s timskim radom, projektnim učenjem i rješavanjem problema kroz koje učenik razvija kreativnost (Ruiz Rey, Hernández Hernández i Cebrián de la Serna, 2018). Dok se kod mlađih učenika potiče razvijanje mašte kroz proces sastavljanja robota, starijih učenici sami slažu, spajaju elektroniku koju posjeduju i programiraju mobilnog robota (Piperčević, 2018). Uvođenjem robotike u obrazovni sustav, učenike se nastoji potaknuti na razvijanje tehnološkog stvaralaštva kroz izradu „novih, učinkovitijih i ekološki prihvatljivijih automatiziranih tehničkih tvorevina“ (Lapov-Padovan, 2017: 37).

#### **4.1.1. Klasifikacija edukativnih robota**

Edukativni roboti se razvijaju s ciljem rješavanja stvarnih problema u obrazovnom sustavu (Lenić, 2021). Kako bi to bilo moguće, dizajnirani su tako da imaju tri temeljna sustava (indukcijski sustav, centralni sustav kontrole te sustav za obradu informacija i sustav povratnih informacija) te imaju ugrađene resurse za učenje, sustav analize učenja i sustav svijesti o obrazovnoj situaciji (Pei i Nie, 2018). Svaki edukativni robot ima svoju tehničku oznaku, a najznačajnije su one o njihovom obliku i funkciji.

Prema obliku, razlikujemo virtualne i fizičke edukativne robote (Pei i Nie, 2018). Virtualni roboti nazivamo još i softverski roboti. Riječ je o robotskim datotekama izvora koje se generiraju putem programiranja i kodiranja u okruženju računalnih simulacija (Pei i Nie, 2018). Ovi roboti pomažu pri smanjenju troškova održavanja i upravljanja fizičkim robotima. Iz tog razloga, uspješno povećavaju dostupnost opreme i smanjuju složenost tehnologije. Imaju široku primjenu u obrazovanju, a često služe i kao platforma za učenje te inovativnu praksu. Fizički roboti su vrlo

inteligentni i automatski. Moguće ih je dodirnuti i opipati pošto imaju fizički oblik. Pogodni su za praktično djelovanje učenika pošto mogu pružiti iskustvo interakcije na višoj razini (Pei i Nie, 2018). Najčešće se koriste kao pomoćni nastavni alat, partneri učenika pri učenju i/ili pametni nastavnici.

Nadalje, Pei i Nie (2018: 58) edukativne robote prema njihovoj funkciji u obrazovanju dijele u dvije kategorije:

- **Roboti koji primjenjuju disciplinu** (*engl. discipline-application robots*) – ove robote karakterizira sveobuhvatnost i kompleksnost. Koriste se za disciplinu robota te su povezani sa STEM obrazovanjem u osnovnoj i srednjoj školi te fakultetu, kroz koje nastoje razviti praktičnu sposobnost učenika i sposobnost rješavanja problema (Pei i Nie, 2018: 58).
- **Roboti s uslugom podučavanja** (*engl. instruction-service robots*) – koriste se kao pomoćni element u nastavnoj aktivnosti, s ciljem postizanja učinka edukativne zabave. Uz pomoć inteligentnih igračaka za učenje, ovi roboti mogu pomoći nastavnicima u učinkovitijem završavanju nastavnog sata. Primjerice, mogu se primijeniti u obrazovanju djece s poremećajem iz spektra autizma u učenju jezika (Pei i Nie, 2018: 58).

#### 4.1.2. Karakteristike edukativnih robota

Pei i Nie (2018: 59) u svom istraživanju navode glavne, odnosno najvažnije karakteristike koje edukativni roboti imaju, a to su:

- **Fleksibilnost** – pojedini roboti imaju određenu fleksibilnosti, poput inteligentnih igračaka i građevnih blokova. Učenici imaju slobodu spajanja, mijenjanja oblika i funkcija prema svojim vlastitim željama, što u konačnici i definira fleksibilnost alata za učenje. Također, fleksibilnost robota nastavnicima omogućava redizajniranje i prilagođavanje sadržaja podučavanja i učenja, kako bi se prilagodili nastavnim aktivnostima koje podržavaju roboti. S razvojem umjetne inteligencije, učenici se mogu odlučiti za suradničke aktivnosti učenja s robotima. Roboti u tom slučaju imaju funkciju partnera u učenju ili inteligentnog mentora koji pomaže učeniku u procesu učenja, što pridonosi povećavanju interesa i sudjelovanja učenika u učenju (Pei i Nie, 2018: 59).

- **Digitalizacija** – programi za robote su digitalni. Upotreba robota kao alata za podučavanje može u potpunosti iskoristiti karakteristike robota poput mogućnosti dijeljenja i pohranjivanja podataka. Shodno tome, podaci o učenju učenika mogu se kontinuirano pohranjivati u memoriju računala dok se „igraju“ ili „dizajniraju“ robote i njihovu funkciju. Analizom tih podataka, nastavnici mogu steći bolju sliku o osnovnom ponašanju učenikova učenja te produbiti vlastito razumijevanje učenikovog procesa učenja. Također, roboti mogu komunicirati s računalima preko Bluetootha ili bežičnih kanala, što robotima omogućava komunikaciju s učenicima na velikoj udaljenosti te proširuje funkcionalni opseg edukativnih robota (Pei i Nie, 2018: 59).
- **Ponovljivost** – nastavnici troše mnogo vremena i energije na jednostavne i ponavljajuće mehaničke poslove, zbog čega se ne mogu usredotočiti na neke vrijednije i značajnije aktivnosti. S vremenom nastavnici postaju sve iscrpljeniji i umorniji, ali zato roboti mogu izuzetno dobro obavljati ponavljajuće poslove. Ova karakteristika pomaže nastavnicima da oslobode vrijeme, ali i učenicima u vježbanju neke vještine. Ponovljivost je najznačajnija karakteristika onih robota koji su dizajnirani za tehničku obuku. To bi, primjerice, bila obuka kirurških vještina liječnika, atletskih vještina sportaša, jezičnih vještina za učenike koji uče jezik, itd. (Pei i Nie, 2018: 59).
- **Humanizacija** – motivacija ima važnu ulogu u obrazovanju. Roboti kod učenika potiču radoznalosti i maštu, a roboti s ljudskim karakteristikama ih samo još više privlače. U procesu podučavanja, roboti postaju partneri učenika u učenju. Učenicima to omogućava bolju koncentraciju na komunikaciju s robotima. Osim što mogu voditi dijaloge, postoje humanoidni roboti koji mogu koristiti pokrete i geste kako bi izrazili svoje emocije i znanje tokom dijaloga. Ovi roboti mogu pravim riječima usmjeriti ponašanje učenika. Primjerice, učenici imaju tendenciju proizvesti čudne ili nestandardne slogove kod učenja jezika. Roboti se na to neće smijati, pa to može kod učenika smanjiti anksioznost u učenju i potaknuti ih na sudjelovanje u razgovoru (Pei i Nie, 2018: 59-60).
- **Interakcija s ljudima** – pomoću prepoznavanja govora ili lica, edukativni roboti mogu prepoznati ponašanje ili zahtjeve učenika i obraditi ih s emocijama kako bi mogli dati povratnu informaciju učenikovom ponašanju što nježnije (Pei i Nie, 2018: 60).

## 4.2. Utjecaj edukativnih robota na dijete

Robotiku je u obrazovni sustav potrebno uvoditi postupno i u što ranijoj dobi kako bi ju učenici prihvatili. Kvaliteta nastave i obrazovanja postaje bolja s uvođenjem robotike, a također se i potiče učenike da tehnologiju i znanost iskoriste na najbolji mogući način te razviju socijalne i tehničke vještine (Nikolić, 2016). Za potrebom podučavanja robotike u obrazovnim ustanovama ističe se pet značajnih razloga, a Nikolić (2016: 39-40) navodi da su to:

1. **Djeca je to zabavno** – učenici na robotici uče kroz njima zanimljiv način, a to je kroz igru. Ona se pokazala kao izvrsna motivacijska tehnika koja učenike zainteresira za predmet učenja, a nastavnicima u konačnici omogućiti uspješno održan sat.
2. **To je učinkovit način usvajanja programiranja** – učenici najlakše usvajaju oblikovanje programskih naredbi kroz programiranje i igru. Također, programske naredbe moraju biti precizne kako bi robot ispunjavao zadane naredbe, što pak učenike uči o važnosti preciznih uputa.
3. **Pružaju korisne vještine za buduće zapošljavanje** – potreba za programerima sve više raste kako vrijeme prolazi i kako se tehnologija sve brže razvija. Potrebni su za programiranje mehaničkih uređaja pošto to svi sofisticirani strojevi danas zahtijevaju, a naročito roboti koji će uskoro biti svugdje prisutni. Prilikom izrade i montaže dijelova, razvijaju se brojne vještine, stječu znanja o alatima i njihovoj uporabi, itd.
4. **Prikladno je za djecu različitih sposobnosti** – istraživanja su dokazala kako su roboti prikladni za djecu s poremećajem iz spektra autizma jer ona dobro odgovaraju na mirnu, jasnu i konzistentnu komunikaciju kakvu roboti pružaju. Tu se najviše iskazao robot *NAO* za kojeg su posebno razvijene igre kroz koje će učiti djecu s poremećajem iz spektra autizma.
5. **Demistificiranje kompleksnih tehnologija** – pokazalo se da se strah od nepoznatih novih tehnologija može prebroditi putem rada s robotima.

Korisnost edukativnih robota je u činjenici da se oni mogu prilagoditi uzrastu, znanju i interesu učenika. Svaki uzrast zahtijeva posebne robote s prilagođenim izgledom, funkcijom rada, načinom

gradnje i softvera (Benčak, 2021). Istraživanja su pokazala kako učenici „preferiraju ponašanje ljudskog izgleda i glasa poput *ASIMO* robota“ (Nikolić, 2016: 34). Nadalje, u istraživanju se pokazalo kako mlađa djeca i roditelji radije biraju robotskog psa bez emocija nego humanoidnog robota bez emocija. Ipak, humanoidni roboti s emocijama prikladniji su za asistiranje kod određenih nastavnih predmeta.

Roboti su se pokazali vrlo korisnima kod djece s teškoćama u razvoju. Djeca s teškoćama u razvoju pokazuju veću motivaciju i samopouzdanje u okruženju koje je za njih poticajno (Bulić i Blažević, 2022). Kako bi se stvorilo takvo okruženje i pomoglo djeci u terapiji, razvijen je robot *CosmoBot*. Liječnici ga upotrebljavaju kod terapije djece između 5 i 12 godina. Terapija djeci bude zanimljiva, pa samim time terapija postiže bolje rezultate i dugoročne ciljeve. Osim robota *CosmoBot*, postoje terapijski roboti koji nalikuju plišanim igračkama poput robota *PARO*. Iako je proizveden od strane japanske tvrtke AIST još 1993. godine, prvi put je javnosti predstavljen 2001. godine. Robot *PARO* nalikuje plišanoj igrački za bebe, no njime se ostvaruje terapijsko iskustvo kao ono sa životinjama, ali bez problema koje takav tip terapije vuče sa sobom (Nikolić, 2016). Ovaj robot razvijen je s mogućnošću da izrazi razna raspoloženja koja ovise o njegovoj komunikaciji s pacijentima. Također, robot *PARO* može naučiti „kako reagirati na određeno ime kada ga se s njim pozove nekoliko puta“ (Nikolić, 2016: 34). Osim djece, pacijenti mogu biti i starije dementne osobe.



Slika 10. Robot *CosmoBot* i robot *PARO*



Nikolić (2016) izvještava o robotu *RUBI* koji je namijenjen za djecu predškolskog uzrasta, a služi za učenje i igru. Robot ima sposobnost okretanja glave poput djeteta, stoga može gledati loptu koja poskakuje ako ju i dijete gleda ili pokazuje na nju. Promatrajući robota kako se zanima za iste stvari kao i ono samo, dijete će lako uspostaviti svoj odnos s robotom. Ukratko rečeno, robot ostvaruje neverbalnu komunikaciju s djetetom. Robot *RUBI* ima na trbuhu postavljen zaslon računala na koji je osjetljiv, pa dijete na taj način može učiti odabirati boje, pjesme, itd. Djeca dolaze u igraonicu svaki dan i željno očekuju robota *RUBI*, s obzirom da su se navikli na njega. Djeca su ga prihvatila u svoj život kao prijatelja, radi čega se vidno uznemire ukoliko robot nije prisutan (Nikolić, 2016). Kako bi djeca naučila razumjeti nove pojmove, socijalna komunikacija je presudna. Robot ima mogućnost snimanja svakog djetetovog odgovora te na taj način prati što je dijete s vremenom usvojilo i s čime se muči. Robot potom „omogućuje stvaranje individualiziranog kurikuluma na temelju svih informacija o tom djetetu koje se sakuplja u memoriji robota“ (Nikolić, 2016: 35). Kod apliciranja učenja starije djece s robotom, zadaci su znatno kompleksniji. Učenje se događa dok god robot prolazi ispitivanja komunikacije i angažiranosti djeteta, koji uključuju elemente nesvjesnih izraza lica. Ukoliko ovi socijalni elementi nisu prisutni, učenje se smatra neučinkovitim.

Djeca na drugačiji način od odraslih ostvaruju odnos s robotom i prihvaćaju ga kao nastavnika. Nikolić (2016: 46) navodi kako „djeca imaju tendenciju da pripisuju ljudske osobine objektima poput medvjedića s kojima se igraju.“ U prisustvu socijalnih robota, onaj dio mozga odgovoran za interpersonalne vještine postaje aktivan. Djeca drugačije doživljavaju robote nego odrasli, koji su svjesni da imaju posla s robotima te se u skladu s time i prema njima odnose. Iako se kod procesa učenja smatra da su nastavnici najbolji učitelji, roboti pak imaju prednost pred njima jer pokazuju beskrajno više strpljenja od nastavnika.

Mubin, Stevens, Shahid, Mahmud i Dong (2013: 4) navode kako je „došlo do postupnog pomaka od Piagetove teorije konstruktivizma do Papertovih modernih obrazovnih metoda.“ Prema teoriji konstruktivizma, naučeno znanje oblikovano je onim što učenici znaju i iskuse. Većina robota je programabilna te se na taj način potiče učenike da razmišljaju kako bi uz pomoć vlastite kreativnosti riješili problem. Također, Nikolić (2016: 50) navodi kako postoji obrnuta uloga robota „jer će omogućiti učenicima da preko robota razumiju ljude. Učenici mogu uočiti razlike u govoru ljudi i način kako roboti prepoznaju govor.“ Ovo se uklapa s tumačenjem konstruktivizma gdje

učenje predstavlja funkciju onoga što učenici znaju o svijetu, nasuprot onoga što zaključuju u virtualnom svijetu (Nikolić, 2016).

### **4.3. Primjeri edukativnih robota**

#### **4.3.1. Elias**

Finska je već dugi niz godina na glasu kao zemlja sa jednim od najbolje razvijenih obrazovnih sustava u svijetu. Taj status stekli su zbog svog odnosa prema nastavnicima i učenicima, ali i kurikulumu. Nastavnici su intenzivno uključeni u kreiranje najboljeg kurikuluma. Finski obrazovni sustav nastoji naglasiti jednake obrazovne mogućnosti za sve učenike podučavajući ih bitnim životnim vještinama i temeljnom znanju o osnovnim disciplinama (Team Leverage Edu, 2022). Također, učenicima je pružena potrebna sloboda da eksperimentiraju, istražuju i slijede svoje pozive u kasnijim fazama. Shodno navedenom, ne čudi kako Finska testira primjenu robota u svom obrazovnom sustavu.

*Elias*, društveno-obrazovni robot, koji nastavnicima pomaže u podučavanju jezika, jedan je od robota koji se koristi u finskim školama. Robota se kontrolira putem mobilne aplikacije. Ovaj multilingvalni robot uključuje potpune, spremne i visokokvalitetne tečajeve jezika za osam jezika: engleski, španjolski, francuski, talijanski, njemački, kineski, finski i švedski jezik (Elias, n.d.). Prepoznavanje govora je dostupno za 20+ jezika. Na aplikaciji su ponuđene različite vrste vježba. Primjerice, ima vježbe zagrijavanja koje uključuju pjesme, plesove, priče i igre. Zatim su tu vježbe „Ponovi i zapamti“ u kojima robot pokazuje slike učeniku i traži da se riječ ili izraz ponovi. Učenik može vidjeti pravopis klikom na sliku. U govornim vježbama s robotom se uvježbava interakcijska situacija vezana uz temu lekcije. Razigrane vježbe kviza mogu se koristiti za obnavljanje znanja, na primjer, za vježbanje za ispit (Elias, n.d.). Na početku svake vježbe, robot daje upute ili na materinjem jeziku učenika ili na jeziku kojeg učenik uči. Brzina govora robota može se prilagoditi tako da odgovara razini vještine učenika. Prepoznavanje govora je precizno i učenik stječe iskustvo uspjeha, čak i ako izgovor nije sasvim na razini materinjeg jezika. Kada učenik uspije, robot nudi ohrabrujuću povratnu informaciju, pleše, navija ili mijenja boju očiju (Elias, n.d.). Aplikacija ima značajku pretvaranja teksta u govor koja učeniku pomaže pregledati izgovor pisanog teksta. Ova značajka izuzetno je korisna učenicima s disleksijom. Učenik može ispraviti svoj tekst na temelju

izgovora robota Eliasa. Uz govorne vježbe vezane uz nastavu, učenik također može s robotom vježbati komuniciranje i vještine reagiranja kroz razgovor slobodne forme (Elias, n.d.). Kako bi se dijete povremeno moglo i odmoriti od vježbi, aplikacija učenicima nudi opciju zabave. Pritiskom na zabavne opcije aplikacije, robot *Elias* učenika može zabavljati plešući, pjevajući i svirajući gitaru.

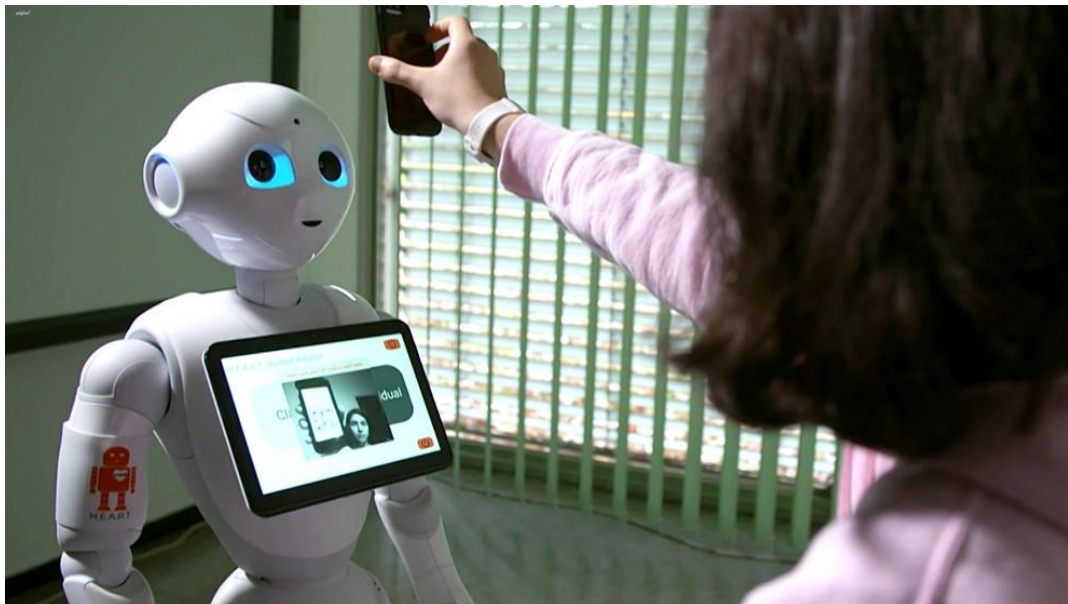


Slika 11. Robot *Elias* (<https://twitter.com/eliasrobotcom/status/918014948281864192>)

#### 4.3.2. Yuki

Robot *Yuki* je predstavljen 2019. godine u Njemačkoj kao prvi edukacijski robot predavač u nastavi (Lenić, 2021). Robot trenutačno djeluje kod profesora Jürgena Handkea kao asistent u nastavi. Profesor Jürgen Handke je pionir u korištenju robota, pa ne čudi činjenica da je među prvim profesorima koji su edukativnog robota počeli koristiti kao asistenta u nastavi (Karácsonyi, 2020). Yuki još uvijek nije u stanju kretati se, stoga mu treba pomoć da bi došao u učionicu (DW, 2019). Također, ovaj edukativni robot koristi umjetnu inteligenciju za učenje i podučavanje, što

pomaže i nastavnicima i učenicima. Profesor Jürgen Handke objašnjava kako je prednost *Yukija* u tome što sam profesor ne mora biti stalno pred pločom te u videozapisu imamo priliku vidjeti *Yukija* kako drži predavanje iz područja lingvistike engleskog jezika (DW, 2019). Profesor Handke ima drugačiji pristup podučavanju, pa tako prepusti *Yukiju* da učenicima zadaje zadatke i određuje vrijeme za rješavanje svakog zadatka. Profesor Handke tada šeta po razredu, prati napredak učenika te im pomaže ukoliko se ukaže potreba za tim. Učenici za vrijeme rješavanja zadataka mogu koristiti svoje mobitele i tablete kako bi došli do točnog rješenja. Profesor Handke ističe da učenici na taj način razvijaju vještinu pronalaska informacija i razumijevanja (DW, 2019). *Yuki* može samo držati nastavu, pokretati i mijenjati slajdove na prezentaciji te računati vrijeme dok nastavnik ima priliku se potpuno posvetiti učenicima. Također, *Yuki* može održavati konzultacije učenicima na kojima učenike izvještava o njihovom uspjehu, napretku te statusu ispita i studija. Ipak, umjetna inteligencija kod ovog robota još uvijek nije dovoljno razvijena da bi mogao odgovarati na spontana pitanja. Robot može odgovoriti jedino na ona pitanja koja su ranije programirana u njegov sustav (DW, 2019). Patrick Heinsch zaslužan je za programiranje *Yukija*. Robot konstantno uči i unapređuje svoje znanje zahvaljujući Heinschu. Studenti sa fakulteta su se u videozapisu izjasnili kako im *Yuki* pomaže naučiti novo gradivo te da ih njegova prisutnost motivira da više ulažu truda u pripremu za predavanje i zadatke koje rješavaju (DW, 2019).



Slika 12. Robot Yuki (<https://www.br.de/fernsehen/ard-alpha/sendungen/campus/roboter-yuki-ki-uni-marburg-professor-100.html>)

### 4.3.3. mBot

*mBot* je edukativni robot koji na zornim i praktičnim primjerima omogućava učenicima da se upoznaju sa svijetom robotike, elektronike, programiranja i automatike. Robotski set sastoji se od 38 dijelova. Da bi se robot mogao koristiti, potrebno je složiti ga. Na taj način učenici stječu iskustvo rada s hardverom, a to bi podrazumijevalo proučavanje uputa, pričvršćivanje dijelova, spajanje žica i senzora (IRIM, n.d.). „Programirati se može način kretanja robota, rad motora, komunikacija među robotima, uključivanje i isključivanje svjetlećih dioda i zujalice, izvršavanje određenih radnji temeljem očitavanja senzora“ (IRIM, n.d.). Robotom se upravlja uz pomoć daljinskog upravljača koji dolazi zajedno u setu. mBlock je grafički softver za programiranje *mBot* robota te ga je moguće preuzeti na računalo ili pametni telefon. U ovom softveru se program izrađuje putem povlačenja i spajanja blokova koda (IRIM, n.d.).



Slika 13. mBot robot (IRIM, n.d.)

*mBot* robot se može koristiti kao nastavno pomagalo od 1. do 8. razreda. Praktičan je za sve nastavne predmete te ga se može koristiti uz dobre ideje kako nastavne teme učiniti zabavnijima i zanimljivijima. Osim dobrih ideja, potrebno je znanje programiranja *mBota*. Robota se može koristiti u nastavi Glazbene kulture, Prirode i društva, Matematike, i dr. Primjerice, Brlek

i Oreški (2020) u svome radu navode kako se na predmetu Prirode i društva u sklopu teme „Promet“ može učiti s *mBot* robotom. Na *mBotu* se programira pojavljivanje triju boja semafora prilikom ponavljanja pravila o ponašanju u prometu vezana uz boju svijetla na semaforu. Kako se one pojavljuju jedna po jedna, učenici trebaju reći kako se ponašati u skladu pojavljene boje semafora. S obzirom da zeleno svijetlo označava mogućnost kretanja, *mBot* kreće naprijed nakon što se na njemu upali zeleno svijetlo (Brlek i Oreški, 2020).



Slika 14. Program semafor (Brlek i Oreški, 2020)

*mBot* se također može koristiti i za igranje kvizova u sklopu bilo kojeg nastavnog predmeta. U ovom slučaju može se koristiti i daljinski upravljač. *mBota* se može programirati da, prilikom pritiska tipke A na daljinskom upravljaču, zasvijetli crveno i daje zvuk netočnog odgovora svaki put kada učenik krivo odgovori na pitanje (Brlek i Oreški, 2020). Isto tako, moguće je programirati *mBota* da, prilikom pritiska tipke B na daljinskom upravljaču, zasvijetli zeleno i daje zvuk točnog odgovora svaki put kada učenik točno odgovori na pitanje (Brlek i Oreški, 2020).

## 5. Robotika u kurikulumu škole

Informatika i Tehnička kultura su nastavni predmeti u kojima se učenike uči o robotici. U školama Republike Hrvatske, Informatika je izborni nastavni predmet za učenike razredne nastave i učenike 7. i 8. razreda. Učenicima 5. i 6. razreda, Informatika je obavezan nastavni predmet. U srednjoj školi, predmet Informatika je obavezan za učenike 1. i 2. razreda srednje škole. S druge strane, imamo Tehničku kulturu koja je obavezan nastavni predmet za sve učenike od 5. – 8. razreda osnovne škole. Teme koje se vezuju uz područje robotike, u kurikulumu Informatike i Tehničke kulture se pojavljuju, ali dosta površno. Iako područje robotike postaje sve naprednije i popularnije, škole u Republici Hrvatskoj uvelike zaostaju s podučavanjem učenika o tom području. Dok je razumljivo što većina škola nema financijska sredstva za nabavu robota pa ni ne može s učenicima učiti uz njih, nije razumljivo zašto se učenike podučava veoma malo teorije o robotici. Fokus je više na podučavanju učenika programiranju. Programiranje čini važan dio područja robotike, no to znanje nije dovoljno. Za robotiku je još potrebno i znanje o mehanici, elektronici i automatici.

### 5.1. Tehnička kultura

Tehničku pismenost učenici stječu „usvajanjem određenih znanja o tehničkim tvorevinama, koje nas okružuju, dobrobiti, koju donose, načinu rada i mogućim opasnostima. Razvijanje vještina omogućuje kreativnost i inovativnost u dizajniranju i izradi tehničkih tvorevina te sigurno korištenje i pravilno održavanje tehničkih tvorevina kao i kritički odnos koji uključuje razmatranje širega konteksta tehnike i njezina utjecaja s ekološkoga, ekonomskoga, kulturološkoga i sociološkoga aspekta“ (MZO, 2019: 8). Predmetni kurikulum nastavnog predmeta Tehnička kultura ishode dijeli prema trima domenama, a to su:

- A. Dizajniranje i dokumentiranje
- B. Tvorevine tehnike i tehnologije
- C. Tehnika i kvaliteta života (MZO, 2019)



Područje robotike se obrađuje samo u 8. razredu. Samo je jedan ishod koji navodi kako učenici uče o automatici i njenoj primjeni. Ishod pripada domeni Tvorevine tehnike i tehnologije.

ISHOD	RAZRADA ISHODA	RAZINA USVOJENOSTI
<p><b>OŠ TK B.8.4.</b></p> <p>Na kraju četvrte godine učenja i poučavanja predmeta Tehnička kultura u domeni Tvorevine tehnike i tehnologije učenik razmatra primjenu automatike s tehničkoga, ekonomskoga i društvenoga stajališta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisuje automatske sustave i područja automatizacije</li> <li>• opisuje razliku upravljanja sustavom s povratnom vezom i bez povratne veze</li> <li>• opisuje tehničke značajke, primjenu i vrste robota u području automatizacije</li> <li>• opisuje ulogu računala u automatskom sustavu</li> <li>• izrađuje model automatizirane tvorevine s povratnom vezom</li> </ul>	<p><b>DOBRA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• navodi područja automatizacije</li> <li>• objašnjava ulogu automatizacije</li> <li>• opisuje razliku upravljanja s povratnom vezom i bez povratne veze</li> <li>• prepoznaje i opisuje sklopove robota</li> <li>• sastavlja model neautomatizirane tvorevine</li> </ul>

Slika 15. Primjer ishoda u domeni Tvorevine tehnike i tehnologije (MZO, 2019)

Na slici 15. možemo vidjeti kako učenici uče opisati tehničke značajke, primjenu i vrste robota. Većina učenika lekcije vezano uz robote odrađuju samo teorijski. Činjenica je da većina škola u Republici Hrvatskoj nema financijska sredstva za nabavu robota i robotskih setova. Iz tog razloga, učenici nemaju priliku primijeniti, ni unaprijediti svoje znanje o automatici i robotima. Domene Dizajniranje i dokumentiranje te Tehnika i kvaliteta života ne sadržavaju nikakav ishod koji se imalo veže uz robotiku u niti jednom od razreda.

## 5.2. Informatika

Svaki pojedinac danas mora posjedovati digitalnu pismenost „kako bi mogao upotrebljavati računala i različite računalne sustave pri obavljanju svakodnevnih obveza. Poznavanje temeljnih informatičkih koncepata kao što su programiranje, algoritmi ili strukture podataka postaje neophodno kako ne bismo bili samo korisnici informacijske i komunikacijske tehnologije (IKT) nego i stvaratelji. Informatičke kompetencije nužne su u rješavanju različitih izazova u svim područjima ljudskoga djelovanja i u svim područjima znanosti“ (MZO, 2018: 5). Predmetni kurikulum nastavnog predmeta Informatika ishode dijeli prema četiri domene, a to su:



- A. Informacije i digitalna tehnologija
- B. Računalno razmišljanje i programiranje
- C. Digitalna pismenost i komunikacija
- D. E-društvo (MZO, 2018)

U nastavnome predmetu Informatika, područje robotike do određene se mjere obrađuje kroz sve razrede osnovne škole i prvom razredu srednje škole. Samo je jedan ishod koji navodi kako učenici uče o ulozi robota i njihovom utjecaju na radna mjesta ljudi, a on se obrađuje u 4. razredu osnovne škole. Ishod pripada domeni Informacije i digitalna tehnologija.

ISHOD	RAZRADA ISHODA	RAZINE USVOJENOSTI
<p><b>OŠ INF A. 4. 2.</b></p> <p>nakon četvrte godine učenja predmeta informatika u domeni informacije i digitalna tehnologija učenik analizira čimbenike koji razlikuju ljude od strojeva te proučava načine interakcije čovjek – stroj.</p>	<p>Uspoređuje djelovanje ljudi i strojeva (što mogu ljudi, a ne mogu strojevi i obratno). Objašnjava ulogu robota i njihov utjecaj na radna mjesta. Analizira načine interakcije između čovjeka i strojeva.</p>	<p><b>ZADOVOLJAVAJUĆA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Učenik uz pomoć učitelja prepoznaje razliku među ljudima i strojevima.</li> </ul> <p><b>DOBRA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Učenik uočava čimbenike koji razlikuju ljude od strojeva.</li> </ul> <p><b>VRLO DOBRA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Učenik uspoređuje djelovanje ljudi i strojeva.</li> </ul> <p><b>IZNIMNA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Učenik proučava i komentira načine interakcije čovjek – stroj.</li> </ul>

Slika 16. Primjer ishoda u domeni Informacije i digitalna tehnologija (MZO, 2018)

Na slici 16. možemo vidjeti kako učenici uče o razlikama između djelovanja ljudi i strojeva, ulozu robota i njihovom utjecaju na radna mjesta te analiziraju načine na koje ljudi i strojevi komuniciraju. Kao i kod ishoda u nastavnome predmetu Tehnička kultura, velika većina učenika odrađuje ovu tematiku isključivo teorijski. Ovo su izvrsne tematike za odrađivanje uz pomoć robota kako bi učenici dobili širu sliku. Veliki broj ljudi zabrinjava činjenica da bi ih roboti mogli zamijeniti na radnim mjestima, a većina tog straha dolazi od vlastitog neznanja o robotima. Roboti nisu ni približno razvijeni do te mjere da bi mogli zamijeniti ljude. Roboti imaju ulogu asistenta ili partnera čovjeku. Kada bi učenici imali mogućnost praktičnog rada i komunikacije s robotima, to bi uvelike pridonijelo njihovom znanju. Također, mnogi bi uvidjeli da nema razloga za strah od gubitka radnog mjesta zbog robota.

Domene Računalno razmišljanje i programiranje, Digitalna pismenost i komunikacija te E-društvo ne sadržavaju nikakav ishod koji se imalo veže uz robotiku u niti jednom od razreda. Ipak, domene spominju robote kao preporuke za ostvarenje određenih odgojno-obrazovnih ishoda. Samo domena E-društvo nema nikakvog spomena ičega vezanog uz robote. Svaki ishod u svim domenama ima svoje preporuke za ostvarenje. Preporuke sadržavaju nekoliko različitih prijedloga koji bi nastavnicima nastavnog predmeta mogli pomoći u ostvarivanju uspješne nastave i ostvarenju postavljenog ishoda. Kroz sve razrede osnovne i srednje škole, pronađeno je samo 7 preporuka koje uključuju robote, a to su:

- 1) **Prema mogućnostima koristiti se i hardverskim rješenjima za vizualizaciju programiranja (roboti i sl.)** – ovaj prijedlog nalazimo kod ishoda OŠ INF B.1.2., OŠ INF B.2.1., OŠ INF B.2.2., OŠ INF B.3.1., OŠ INF B.4.1., OŠ INF B.5.1., OŠ INF B.5.1. te OŠ INF B.6.1. (MZO, 2018: 47-96). Kao što možemo zaključiti prema oznakama ishoda, pojavljuje se u prijedlozima ostvarenja ishoda od 1. do 6. razreda osnovne škole. Ne iznenađuje činjenica da se pojavljuju u sklopu domene Računalno razmišljanje i programiranje, s obzirom da je programiranje neizostavno u radu s robotima. Učenici kroz vizualizaciju programiranja mogu bolje predočiti važnost praćenja i davanja preciznih naredbi. Robot bez preciznih naredbi ne može izvršavati naredbe koje će riješiti određene probleme, pa im to može biti dobar poticaj za usavršavanje svojih vještina i znanja.
- 2) **Vođenje robota labirintom – učenik može glumiti robota** – ovaj prijedlog nalazimo kod ishoda OŠ INF B.2.1. te OŠ INF B.2.2. (MZO, 2018: 54-55). Nalazi se samo u prijedlozima ostvarenja ishoda za 2. razred osnovne škole. Pošto se ovaj ishod tiče programiranja, nije čudno što se nalazi u domeni Računalno razmišljanje i programiranje. Ishodi traže da učenik analizira i stvara niz uputa koje izvršavaju jednostavan zadatak. Isto kao kod prethodnog prijedloga, važno je da učenici shvate važnost uputa kako bi mogli riješiti neki problem. Učenici moraju biti sposobni analizirati i prepoznati ukoliko postoji pogrešan redoslijed uputa. Također, mora znati i ispraviti taj pogrešan redoslijed kako bi rješenje moglo funkcionirati.
- 3) **Primijeniti pomicanje likova računalom ili bez računala (kornjača, roboti)** – ovaj prijedlog nalazimo samo kod ishoda OŠ INF B.2.2. (MZO, 2018: 55). Riječ je o 2. razredu

osnovne škole, a cilj je da učenici pokažu korake rješenja tako da pomiču likove uz ili bez pomoći računala. Ovaj prijedlog uvelike se veže uz prethodna dva.

- 4) **Prema mogućnostima škole učitelj pokazuje učenicima upravljanje robotom unošenjem različitih naredbi** – ovaj prijedlog nalazimo kod ishoda OŠ INF B.2.2., OŠ INF B.3.1. te OŠ INF B.4.1. (MZO, 2018: 55-76). Moguće ga je primijeniti za ostvarivanje ishoda od 2. do 4. razreda osnovne škole. Kako se od učenika u sklopu ovih ishoda očekuje da stvore program koji se koristi slijedom koraka, ponavljanjem i odlukom, najbolje bi bilo da nastavnici učenicima pokažu kako bi to trebalo izgledati na primjeru upravljanja robotom. Učenici kroz taj vizualni dio najbolje razumijevaju i uče. Ipak, kao što to sami prijedlog ističe, nastavnici to rade samo ukoliko škola ima te mogućnosti. Nabavka robota i robotskih setova je skupa te si mnoge škole ne mogu priuštiti to. Učenici tako ispaštaju za jedno iskustvo i mogućnost unapređenja znanja.
- 5) **Pokazati primjere u kojima se računalo koristi modelima inteligentnog ponašanja kao što su pokretanje robota** – ovaj prijedlog nalazimo samo kod ishoda OŠ INF C.6.1. (MZO, 2018: 98). Kao što oznaka naglašava, ovaj prijedlog moguće je primijeniti za ostvarenje ishoda u 6. razredu osnovne škole. Ovaj prijedlog dio je domene Digitalna pismenost i komunikacija. Učenik mora posjedovati digitalnu pismenost, a poznavanje modela inteligentnog učenja spada upravo pod to. S obzirom da se tehnologija i robotika konstantno razvijaju, učenici moraju posjedovati znanje o pokretanju robota i sl. To znanje će im u budućnosti uvelike koristiti.
- 6) **Odabrati zanimljiva dodatna informatička, njoj slična područja ili područja povezana s informatikom te ih ponuditi kao teme samostalnih/zajedničkih učeničkih radova, npr. pregled mehaničkih računala, razvoj elektroničkih računala, umjetna inteligencija, virtualna stvarnost, učenje igrom, robotika, zanimljive povijesne i recentne priče s temom informatike (Ada Lovelace, Steve Jobs)** – ovaj prijedlog nalazimo samo kod ishoda OŠ INF C.8.3. (MZO, 2018: 127). Prijedlog se odnosi za ostvarivanje ishoda u 8. razredu osnovne škole. Pripada domeni Digitalna pismenost i komunikacija. Ishod od učenika traži da dizajnira, razvija, objavljuje i predstavlja radove uz pomoć sredstava informacijske i komunikacijske tehnologije putem suradničkih aktivnosti. Učenicima se kroz ovi prijedlog nude različite tematike koje bi ih mogle

interesirati. Učenici kroz temu umjetne inteligencije i robotike mogu svašta obraditi, dizajnirati i predstaviti. Većinu učenika bi ova tematika zainteresirala da im se na pravilan način predstavi njeno značenje i značaj. Mlađe generacije o ovoj tematici znaju mnogo više, a da toga nisu ni svjesni.

- 7) **Primjeri tema za istraživanje u sklopu projektnog zadatka: umjetna inteligencija, robotika, hologrami, prividna stvarnost, mehatronički sustavi, primjene 3D pisača** – ovaj prijedlog pronalazimo samo kod ishoda SŠ INF C.1.3. (MZO, 2018: 140). Kao što oznaka ishoda ističe, riječ o prijedlogu za ostvarenje ishoda u 1. razredu srednje škole. Dio je domene Digitalna pismenost i komunikacija. Ishod od učenika zahtjeva da surađuje u online okruženju i radi na projektu. Ovaj prijedlog vrlo je sličan prethodnome. Učenici imaju zadatak istražiti neku temu u sklopu projektnog zadatka, a umjetna inteligencija i robotika jedne su od tema. Na taj način, učenicima se nudi prilika za produbljanjem znanja o navedenim tematikama.

Na temelju analiziranih kurikuluma, možemo zaključiti kako se učenike o području robotike uči najviše kroz nastavni predmet Informatike. Kurikulum nastavnoga predmeta Tehnička kultura skoro pa ni ne podučava učenike ništa o području robotike. Ta činjenica je vrlo poražavajuća, s obzirom da bi se kroz Tehničku kulturu o tome trebalo mnogo više podučavati učenike. U kurikulumu nastavnoga predmeta Informatika samo je jedan ishod koji obećava da će učenici učiti o robotima, dok se sve ostalo oslanja na volju nastavnika da učini nastavu zanimljivijom i poučnijom. Također, poražavajuće je da se učenike u srednjoj školi o području robotike i umjetne inteligencije podučava samo ukoliko oni izaberu tu temu za projektni rad u prvom razredu srednje škole. Ostala tri razreda nemaju nikakvog spomena umjetne inteligencije ni robotike u kurikulumu nastavnoga predmeta Informatika.

Trenutačno stanje podučavanja robotike u osnovnim i srednjim školama je nezadovoljavajuće. Neke škole imaju svu potrebnu opremu te uspijevaju sklopiti i po nekoliko natjecateljskih ekipa, dok druge škole ne posjeduju niti minimalne mogućnosti koje bi učenicima omogućavalo učenje o automatici i robotici. Kako bi se robotika mogla uvesti kao izborni predmet u svim osnovnim školama, potrebno je uskladiti navedene razlike. Nastava robotike se trenutno provodi kao izborni predmet u pojedinim školama ili putem klubova mladih tehničara. Što se tiče

izvannastavnih aktivnosti, robotika se podučava kroz različite udruge te putem brojnim privatnih radionica, kampova, ljetnih škola i dr.

### **5.3. Izborna nastava i izvannastavne aktivnosti iz područja robotike**

Nastava robotike se u školama izvodi kao izvannastavna aktivnost ili izborna nastava. Rijetke su škole koje robotiku izvode kao izborni predmet. Češći je slučaj da se robotika provodi kao izvannastavna aktivnost pod nazivom Klub mladih tehničara. Klubovi su namijenjeni učenicima od 5. do 8. razreda. Ove klubove u školama osnivaju nastavnici Tehničke kulture ili nastavnici Informatike. Kompetencije i motiviranost nastavnika značajan je faktor u osnivanju navedenih klubova. Klubovi se provode pod okriljem Hrvatske zajednice tehničke kulture, čiji je fokus na razvoju i promociji tehničke kulture u Republici Hrvatskoj. Učenike se kroz izvannastavnu aktivnost robotike podučava:

- Rješavanju problema
- Praktičnom radu i vježbama, gradnjom različitih uređaja i robota
- Sastavljanju modela raznih strojeva i izrađivanju programa za upravljanje
- Temeljnim principima robotike i vođenju robotskih model pomoću računala
- Osmisliti slobodno vrijeme mladih i time smanjiti rizik od raznih ovisnosti
- Potaknuti učenike na odabir tehničkih zanimanja i fakulteta
- Timskom radu pri rješavanju problema (Osnovna škola „Mejaši“ Split, n.d.)

Učenici klubova mladih tehničara obično sudjeluju u natjecanjima organiziranih od strane Hrvatske zajednice tehničke kulture. To natjecanje je danas najstarije i najbrojnije u sustavu natjecanja Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta te Agencije za odgoj i obrazovanje (Hrvatska zajednica tehničke kulture, n.d.). Na natjecanju generalno sudjeluje oko 7.000 učenika viših razreda osnovnih škola. „Specifičnost natjecanja mladih tehničara je i u tome što su u organizaciju natjecanja ravnopravno s osnovnim školama uključene i udruge tehničke kulture, a mentori iz udruga imaju mogućnost pripremati učenike za natjecanje“ (Hrvatska zajednica tehničke kulture, n.d.).

## 5.4. Udruge i radionice iz područja robotike

Institut za razvoj i inovativnost mladih (IRIM) neprofitna je udruga „koja je razvila i provodi najveći izvannastavni obrazovni program u Europi – kroz pokret Croatian Makers s dosegom od više od 300.000 djece samo u Hrvatskoj“ (Croatian Makers, n.d.). Sjedište udruge je u Hrvatskoj, no svoje aktivnosti IRIM je proširio na Srbiju, Bosnu i Hercegovinu, Kosovo te Švicarsku. IRIM-ov cilj je razviti digitalnu i znanstvenu pismenost, tehnološku i ostale kompetencije u okviru STEM područja. IRIM promatra STEM aktivnosti kao „alat za postizanje još važnijih kompetencija: ključnih vještina kao što su vještine učenja, rješavanja problema, suradnje, komunikacije, kao i osobina ličnosti kao što su znatiželja, inicijativa, upornost, prilagodljivost te društvena i kulturološka osviještenost“ (Croatian Makers, n.d.). Udruga IRIM donira veliku količinu opreme, poput 1.800 robota koji se koriste u 360 škola i drugim ustanovama diljem zemlje (Lendvaj, 2017). IRIM je također robote poklanjao i u susjedne zemlje. U IRIM-u uveo se program Croatian Makers, najveći izvankurikularni STEM program u Europskoj Uniji s aktivnostima iz robotike, automatike, programiranja i tehnologije za djecu. U programu Croatian Makers sudjeluje više od 1.000 škola, udruga, knjižnica i drugih ustanova. Najznačajniji je projekt uvođenja programiranja u osnovne škole i druge ustanove uz korištenje mikrokompjutera micro:bita. U prvoj akciji je donirano 25.000 micro:bita školama i drugim ustanovama. Nadalje, u 85% osnovnih škola uvelo se računalstvo u 6. razredu, zajedno s Ministarstvom znanosti i obrazovanja (MZO) i CARNET-om. IRIM je organizirao edukaciju i radionice za nastavnike prilikom dijeljenja robota i micro:bitova. „Početno i trajno ključno financiranje IRIM-a dolazi od Nenada i Rujane Bakić, a IRIM se financira i donacijama građana, trgovačkih društava i iz drugih izvora, te se uspješno natječe i za nacionalne i europske razvojne fondove. IRIM je do sada već razvio čvrst ekosustav edukatora (ambasadora) i bogate obrazovne platforme, što mu omogućuje uspješan razvoj aktivnosti“ (Croatian Makers, n.d.).

Udruga „Inovatic“ osnovana je 2014. godine kako bi mladima pružili edukacije u područjima robotike, automatike i programiranja. Kao misiju ističu popularizaciju robotike među mladima te priprema mladih za radne i tehnološke izazove budućnosti (Udruga „Inovatic“, n.d.). Udruga djeluje na tri lokacije u Splitu. Kroz svoju edukaciju, udruga „Inovatic“ nastoji da učenici kroz igru uče i stječu korisna znanja i vještine. Koriste alate prilagođene radu s djecom. Programi su osmišljeni i prilagođeni uzrastu i znanju polaznika, a za njih su zaslužni stručnjaci, pedagozi i

metodičari iz područja edukacije iz prirodnih i tehničkih znanosti (Udruga „Inovatic“, n.d.). Tim udruge „Inovatic“ čine „iskusni i stručni voditelji i predavači, redom profesori i studenti Prirodoslovno-matematičkog sveučilišta u Splitu, koji motivirano i sustavno prenose svoja znanja i vještine na svoje učenike“ (Udruga „Inovatic“, n.d.). Učionice su moderno opremljene te su prilagođene radu sa polaznicima u malim grupama. Radionice se održavaju tijekom cijele školske godine, jednom tjedno po dva školska sata. Radionice su namijenjene uzrastu od 6 – 14 godina. Grupe su do 8 polaznika. Za edukaciju mlađeg uzrasta koriste robota *Lego WeDo 2.0*, a za edukaciju starijeg uzrasta koriste robote *Lego Mindstorms Ev3*, *Fischertechnik sa micro:bit robotskim IO FO5 sučeljem* te *Lego Spike Prime* setove. Također, udruga „Inovatic“ organizira i radionice za vrijeme školskih praznika koje su namijenjene isključivo učenicima osnovnih škola. Kroz ove radionice, udruga nastoji učenicima „omogućiti upotpunjene praznike svim zainteresiranim učenicima za robotiku koji zbog ostalih obaveza tijekom školske godine ne stignu pohađati aktivnosti ovakvog karaktera“ (Udruga „Inovatic“, n.d.). Radionice su namijenjene za djecu od 6 – 9 godina. Konačno, udruga nudi i radionice za edukaciju mentora, odnosno učitelja, škola i drugih ustanova koje imaju želju uključiti se u rad sa djecom iz STEM područja.

STEM auto je projekt IRIM-a koji obilazi cijelu zemlju kako bi se i u najmanjim mjestima djeca imala priliku upoznati sa modernom tehnologijom. Instruktori Croatian Makersa putuju po čitavoj Hrvatskoj i početnicima održavaju besplatne radionice digitalne pismenosti. Radionice su namijenjene osnovnoškolskom uzrastu kako bi ih se uvelo u robotiku i programiranje. Radionice obično uključuju do 12 sudionika te traju otprilike dva školska sata. Besplatne su za sudionike i organizatore te opremu nose sa sobom.



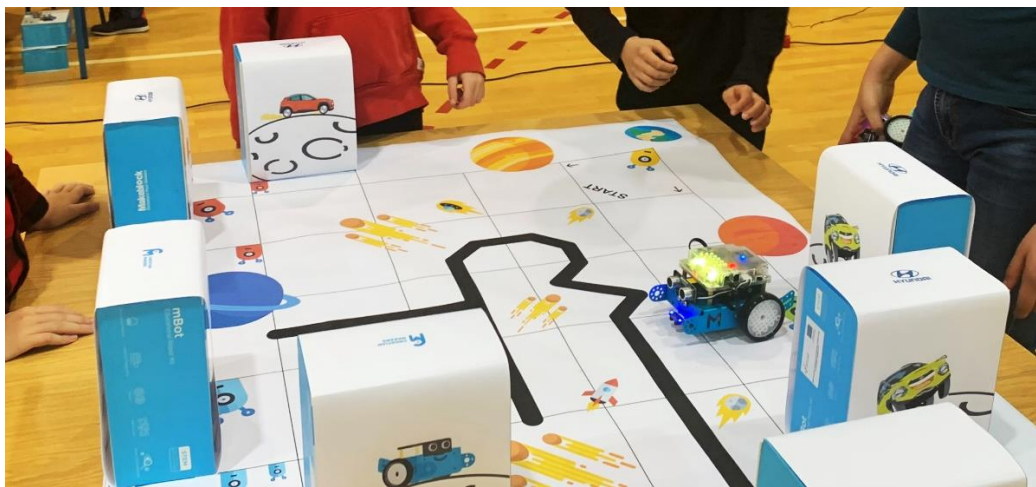
Slika 17. STEM auto (Croatian Makers, n.d.)

## 5.5. Natjecanja iz područja robotike

Robotička liga Croatian Makers je najveće natjecanje u Europskoj Uniji u kojem bude uključeno više od 12.000 djece iz više od 600 škola i neprofitnih organizacija tijekom svake školske godine (Croatian Makers, n.d.). Spomenutim školama i neprofitnim organizacijama donirano je više od 3.000 robota. Natjecanje se provodi u dvije kategorije. Prva kategorija namijenjena je za učenike od 1. do 5. razreda osnovne škole, a druga kategorija je namijenjena za učenike od 6. do 8. razreda. Natjecanje se odvija otprilike jednom mjesečno, pošto je zamišljeno da ono bude u kontinuitetu (Raguž, 2019). Učenici na taj način kontinuirano uče i ponavljaju naučeno. Početkom svake školske godine, Croatian Makers liga otvara novi natječaj putem kojeg se škole mogu pridružiti projektu. Raguž (2019: 34) navodi kako je „od 2015./2016. godine do 2018./2019. broj škola sudionica značajno porastao:

- u 2015./16. školskoj godini uključeno je 220 škola i udruga te podijeljeno više od 1000 robota diljem Hrvatske
- u šk. god. 2016./17. uključeno je 140 dodatnih škola, knjižnica i udruga u projekt
- u šk. god. 2017./18. Liga je proširena na više od 500 edukacijskih ustanova u Hrvatskoj
- u šk. god. 2018./19. na natječaju je uključeno još 50 dodatnih škola, knjižnica i udruga te je ukupno podijeljeno više od 2750 mBot robota“

Natjecanje se organizira tako da se sudionici podijele u regionalne grupe, što pridonosi tome da sudionici iz cijele zemlje odrade sudjelovanje u jednom poslijepodnevu.



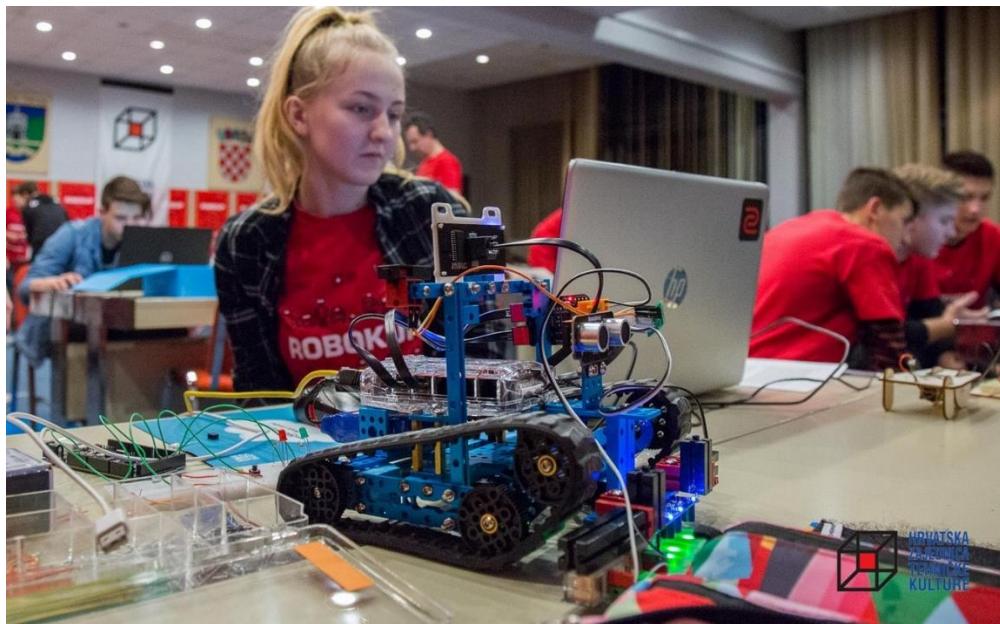
Slika 18. 3. kolo Croatian Makers lige 2019./20. (Croatian Makers, n.d.)



Robokup je ekipno natjecanje koje se održava od 2008. godine. Do sada je održano 14 Robokupa. Namijenjeno je za učenike osnovnih škola iz čitave Hrvatske. Tri učenika osnovnih škola, udruga ili posebnih odjela osnovnih škola od 5. do 8. razreda čine natjecateljsku ekipu, a na natjecanje ih dovodi njihov mentor, što obično bude njihov nastavnik Tehničke kulture. Natjecanje se održava jednom godišnje te se na njemu okupe najbolje ekipe iz cijele Hrvatske (Udruga „Inovatic“, n.d.). Program Robokupa provodi se s ciljem:

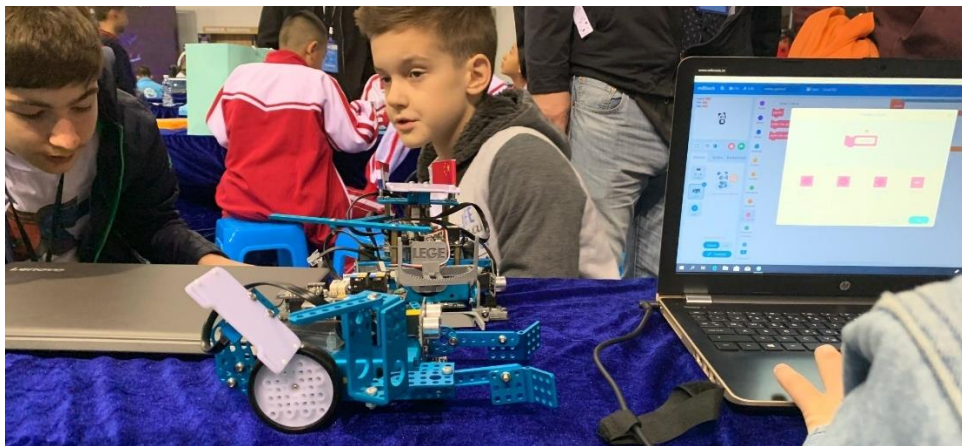
- Cjeloživotno tehničko obrazovanje svih dobnih skupina, s naglaskom na djecu i mlade, i organiziranje manifestacija koje potiču gospodarski rast temeljen na korištenju vlastitog znanja
- Smanjivanje regionalnih nejednakosti u Republici Hrvatskoj provedbom programa tehničke kulture na državnoj ili regionalnoj razini i u suradnji s različitim dionicima,
- Uključivanje socijalno ugroženih skupina te osoba s posebnim potrebama u programe tehničke kulture
- Međunarodna suradnja i popularizacija tehničke kulture u inozemstvu
- Popularizacija tehničke kulture u Republici Hrvatskoj (Hrvatska zajednica tehničke kulture, n.d.).

Robokup se dijeli na županijsku i državnu razinu natjecanja od 2019. godine. Plasman na završnicu državnog Robokup natjecanja ostvaruju najbolje tri ekipe unutar prijavljenih županija (Udruga „Inovatic“, n.d.). Županijsku razinu natjecanja organiziraju županijske zajednice tehničke kulture ili društva pedagoga tehničke kulture, a koordinira ih HZTK (Hrvatska zajednica tehničke kulture, n.d.). S druge strane, državnu razinu natjecanja organizira HZTK u suradnji s Hrvatskim robotičkim savezom i županijskom zajednicom tehničke kulture na čijem se području održava Robokup (Hrvatska zajednica tehničke kulture, n.d.).



Slika 19. Robokup natjecanje (Hrvatska zajednica tehničke kulture, n.d.)

MakeX je svjetsko natjecanje u naprednoj robotici kroz koju se „promovira učenje u raznim poljima znanosti i tehnologije potičući suradnju, interdisciplinarnost i orijentiranost ka rješavanju stvarnih problema“ (Croatian Makers, n.d.). MakeX natjecanje nudi uzbuđujuća, izazovna natjecanja visoke razine u duhu kreativnosti, timskog rada, zabave i dijeljenja. Predan je nadahnuću mladih ljudi da uče STEAM, znanost (S), tehnologiju (T), inženjerstvo (E), umjetnost (A) i matematiku (M), te primjenjuju takvo znanje u rješavanju problema iz stvarnog svijeta (MakeX, n.d.). Na natjecanju mogu sudjelovati svi učenici osnovne škole, od 1. do 8. razreda. Temelji se na tehnologiji *mBot* robota, kao i Croatian Makers liga. Tematika natjecanja se mijenja iz godine u godinu, a vezuje se uz svakodnevne probleme poput recikliranja, zagađenja okoliša, sigurnosti hrane i dr. Prvo MakeX natjecanje u Hrvatskoj održano je u školskoj godini 2017./18., a za njega je zaslužan IRIM. Na natjecanju sudjeluje više od 10.000 učenika iz preko 30 zemalja u svijetu. MakeX Otvoreni kup Hrvatske održava se jednom godišnje, a IRIM im je osigurao napredne robotičke setove za sudjelovanje (Croatian Makers, n.d.). Najbolji natjecatelji nagrađeni su ulaznicama za svjetsko natjecanje koje se održava u Kini. Svi učenici imaju iste setove, pa samim time i iste prilike. Pošto je sva oprema donirana, „rezultati neće ovisiti o financijskoj snazi timova koji stoje iza njih“ (Croatian Makers, n.d.).



Slika 20. MakeX natjecanje (Croatian Makers, n.d.)

First Lego League (FLL) je međunarodno natjecanje iz robotike koje kod učenika želi potaknuti promišljanje o problemima oko sebe te tražiti načine na koje riješiti probleme. Djeca kroz igru „razvijaju i jačaju tehničku pismenost i logički način razmišljanja, moderne tehnologije koriste u humane svrhe, a kroz atraktivne robote koje moraju osmisliti na učinkovit i zabavan način uživaju u znanosti“ (Udruga „Inovatic“, n.d.). Hrvatski robotički savez je zaslužan za organiziranje ovog natjecanja u Hrvatskoj (FIRST LEGO League Croatia, n.d.). Natjecanje je namijenjeno djeci u dobi od 9 – 16 godina. U travnju ove godine održan je FIRST LEGO League, koje se provodilo u 110 zemalja. U natjecanju je sudjelovala 21 ekipa, odnosno 157 djece i 41 mentor (Hrvatska zajednica tehničke kulture, n.d.). Natjecanje se sastoji od četiri kategorije – projekt, robotske igre, tehnički intervju i temeljne vrijednosti. U svibnju ove godine su pobjednici hrvatskog natjecanja sudjelovali na natjecanju Adria regije u Ljubljani te imaju mogućnosti sudjelovanja na online svjetskom natjecanju u Australiji (Hrvatska zajednica tehničke kulture, n.d.).



Slika 21. FIRST LEGO League (FIRST LEGO League Croatia, n.d.)

## **6. Empirijsko istraživanje**

### **6.1. Cilj i problem istraživanja**

Ovim kvantitativnim istraživanjem se nastojalo ispitati stavove i iskustva nastavnika, stručnjaka i studenata u radu i učenju s edukativnim robotima. Anketom za nastavnike, stručnjake i studente željela se utvrditi samoprocjena uloge robotike i informacijske tehnologije u kognitivnom i socijalnom razvoju djece te obrazovnih politika.

Problem istraživanja vezuje se uz umanjenu prisutnost robotike u kurikulumu škole. Slaba prisutnost robotike u kurikulumu škole rezultira nemogućnošću razvijanja kompetencija kod učenika za rad s robotima. Samim time, do kraja svog školovanja nisu dovoljno educirani o robotici da bi mogli raditi u tom području ili ju podučavati. Ukoliko žele priliku educirati se o području robotike, to mogu putem samostalnog učenja ili kroz različite tečajeve udruga iz područja robotike. Brojna istraživanja su pokazala da robotika ima mnoge prednosti koje se vezuju uz razvoj kognitivnih i socijalnih vještina djece. Također, ona uključuje i brojne korisne tehnološke kompetencije koje će im kasnije biti izuzetno korisne u privatnom i poslovnom životu. Stoga je cilj ovog rada bio utvrditi stavove nastavnika, stručnjaka i studenata koji rade s edukativnim robotima u samoprocjeni uloge robotike i informacijske tehnologije u kognitivnom i socijalnom razvoju djece te obrazovnih politika.

### **6.2. Metodologija istraživanja**

#### **6.2.1. Instrument istraživanja**

Za potrebe ovog istraživanja, koristio se upitnik „*Increasing the well being of the population by robotic and ICT based innovative education*“ kojeg su sastavili Musić, Bonković, Kružić, Marasović, Papić, Kostova, Dimitrova, Saeva, Zamfirov, Kaburlasos, Vrochidou, Papakostas i Pachidis (2020). Upitnik se sastoji od četiri dijela: općih podataka, skale uloge robotike i informacijskih tehnologija u kognitivnom razvoju djece, skale uloge robotike i informacijskih tehnologija u socijalnom razvoju djece te skale obrazovnih politika. Za istraživanje u sklopu ovog rada, prilagođen je prvi dio koji se odnosi na opće podatke, dok su ostali dijelovi ostali nepromijenjeni.

U svrhu prikupljanja općih podataka bilo je postavljeno jedanaest pitanja, od kojih su neka od njih uključivala informacije o spolu, dobi, godinama radnog staža, vremenske uključenosti u područje robotike i/ili informacijske tehnologije, zanimanju, radnom mjestu, načinima i količini edukacije iz područja robotike te educiranju iz područja robotike tijekom formalnog obrazovanja. Drugi, treći i četvrti dio se sastojao od skala, a svaka od njih sadržava po 11 pitanja. Musić i sur. (2020) su upitnik sastavili na četiri različita jezika: engleski, bugarski, grčki i hrvatski. Za istraživanje u sklopu ovog rada, koristio se upitnik sastavljen na hrvatskome jeziku.

### **6.2.2. Uzorak i postupak istraživanja te metode analize podataka**

Ovo empirijsko istraživanje je provedeno na uzorku od ukupno 19 ispitanika. Ispitanici su sudjelovali putem ispunjavanja online upitnika na platformi Google Forms. U istraživanju su sudjelovali učitelji razredne i predmetne nastave, stručnjaci koji ne rade u školi te studenti. Među ispitanicima je bilo 15 ženskih sudionika (79%) i 4 muških sudionika (21%). Razlika između postotka spola ispitanika je dosta velika, a činjenica da ima više ženskih sudionika je iznenađujuća pošto su one, prema izvješću World Bank Group (2019), manje zastupljene u STEM<sup>4</sup> području. Što se tiče dobi, 9 ispitanika (47%) ima do 30 godina, 9 ispitanika (48%) ima između 31-50 godina, a 1 ispitanik (5%) ima 51 ili više godina. Ispitanici su potom bili upitani o radnom stažu. Rezultati su pokazali da 5 ispitanika (26%) ima do 5 godina radnog staža, 6 ispitanika (32%) ima 6-20 godina radnog staža, 4 ispitanika (21%) ima 21 ili više godina radnog staža, dok je 4 ispitanika (21%) još uvijek student/-ica. Na pitanje o tome koliko su dugo uključeni u područje robotike i/ili informacijske tehnologije, 7 ispitanika (37%) je odgovorilo da je uključeno 0-1 godinu, 8 ispitanika (42%) je uključeno 2-5 godina, te su 4 ispitanika (21%) uključena već 11 ili više godina. Nadalje, sudionici ankete su se izjasnili o svome zanimanju. Odgovori su pokazali da su 9 ispitanika (48%) učitelji razredne nastave s pojačanim programom iz nastavnoga predmeta Informatike, 3 ispitanika (16%) učitelji predmetne nastave – Informatika, 1 ispitanik (5%) učitelj u školi sa završenim programom Pedagoško-psihološkog-didaktičko-metodičkog obrazovanja, 5 ispitanika (26%) stručnjaci područja koji ne rade u školi (provode edukacije iz područja robotike), te je 1 ispitanik (5%) student/-ica. Iz ovih rezultata izvlačimo zanimljiv podatak da je postotak učitelja razredne nastave s pojačanom Informatikom veći nego postotak učitelja predmetne nastave

---

<sup>4</sup> STEM – akronim koji obuhvaća područje znanosti, tehnologije, inženjerstva i matematike

– Informatika. Za ovaj podatak je dobro napomenuti da je učenike najbolje što ranije uvesti u područje robotike jer to za njih ima brojne prednosti (Sullivan i Umaschi Bers, 2015), a upravo su učitelji razredne nastave u tome najkompetentniji. Što se tiče radnih mjesta ispitanika, 10 njih (53%) radi u osnovnoj školi, 2 ispitanika (11%) su studenti, 3 ispitanika (16%) rade u udruzi za robotiku, 1 ispitanik (5%) radi na fakultetu, 1 ispitanik (5%) radi u privatnoj tvrtki, 1 ispitanik (5%) je nedavno diplomirao/-la, te 1 ispitanik (5%) radi u ATOS-u<sup>5</sup>. Iz ovoga možemo vidjeti kako većina učitelja, koji podučavaju i rade s robotima, radi u osnovnoj školi. To ne čudi, s obzirom da se rad s robotima spominje jedino u kurikulumu za osnovnu školu. Kako bi istražili kako su nastavnici, stručnjaci i studenti educirani o području robotike, u anketi je postavljeno otvoreno pitanje u kojem su sudionici trebali navesti načine i količinu edukacija iz područja robotike. Ispitanici su odgovorili sljedeće:

Tablica 1. Frekventnost odgovora na pitanje “Navedite načine edukacije iz područja robotike te koliko ih je bilo u Vašem dosadašnjem radu?”

Odgovori sudionika	f
IRIM	1
Samostalno educiranje putem interneta	5
Online tečajevi	4
Kroz sudjelovanje u projektima Croatian makers lige	1
ciklusi od 10-12 radionica tijekom semestra te od 5 radionica za vrijeme školskih praznika (Code Club PMF); dodatno sudjelovanje na raznim aktivnostima popularizacije znanosti (festival znanosti, večer matematike, natjecanje dabar, ljetna tvornica znanosti)	1
3 edukacije i tečajeva	4
Radionica sa modernim alatima prilagođenim za rad sa djecom	1
Seminari, webinar i preko 20	1
Edukacija kroz pojačanu informatiku na fakultetu	1
Sastavljanje robota i pokretanje pomoću scratch naredbi	1
Kolegiji na fakultetu (modul IKT)	4

<sup>5</sup> ATOS je globalni lider u području digitalne transformacije (kibernetičke sigurnosti, računarstva u oblaku i računarstva visokih performansi (HPC))

Iz odgovora ispitanika možemo uočiti kako se većina educirala putem raznih tečajeva, uživo i online. Odgovori nam ukazuju na činjenicu da je interes za podučavanje i učenje o području robotike velik. Brojne udruge nude različite edukacije za sve zainteresirane, dok se u obrazovanju tek ponegdje pronade predmet koji podučava o robotici. To možemo vidjeti iz ovih odgovora, ali i iz odgovora na pitanje u anketi koje je ispitanike pitalo da li su se kroz formalno obrazovanje educirali o području robotike. Tek 8 ispitanika (42%) odgovorilo je na to pitanje pozitivno, dok ih je 11 (58%) odgovorilo negativno. Kroz ovaj dio ankete, dobili smo uvid u stanje prisutnosti robotike u obrazovanju, ali i u to koliki je interes ljudi za rad u području robotike.

Istraživanje je provedeno u razdoblju od kolovoza do rujna 2022. godine. Upitnik je bio anonimn a te je za ispunjavanje bilo potrebno 3-5 minuta. Sudjelovanje u istraživanju je bilo u potpunosti dobrovoljno, te su se svi podatci koristili u svrhu izrade ovog diplomskog rada.

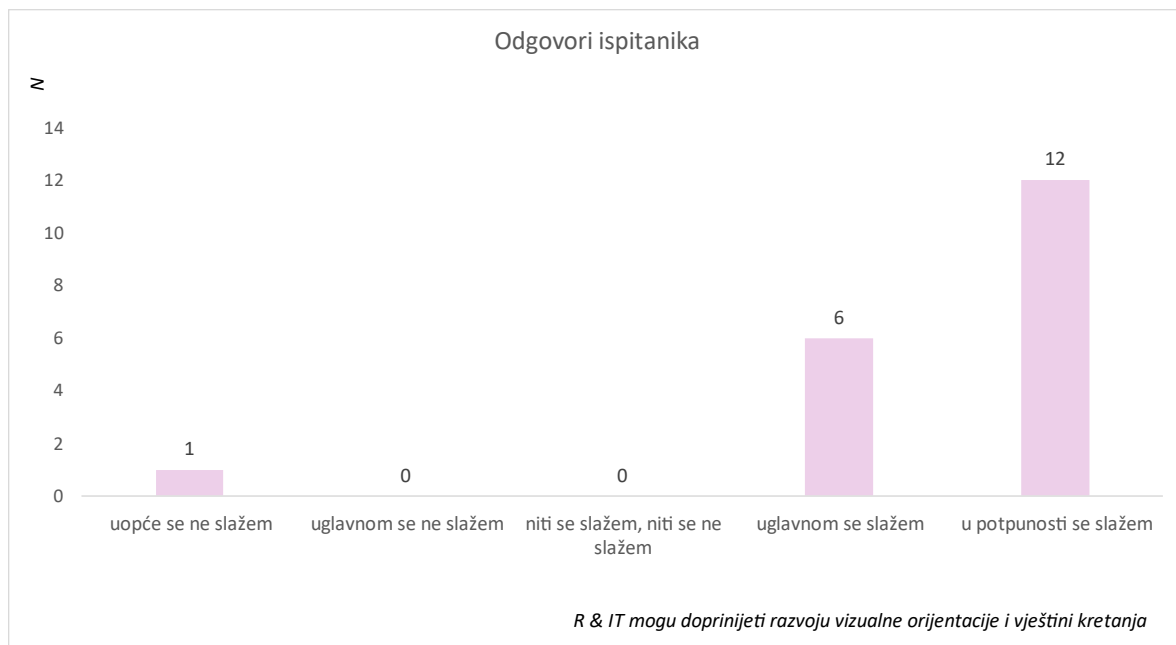
## **6.3. Analiza i interpretacija podataka**

### **6.3.1. Uloga robotike i informacijskih tehnologija (R & IT) u kognitivnom razvoju djece**

Nakon prvog dijela o općim podacima ispitanika, slijedi sljedeći dio u kojem se željelo ispitati njihove stavove o mogućnostima šireg korištenja robota i informacijskih tehnologija u razvijanju kognitivnih vještina kod djece. Ispitanicima su ponuđene različite tvrdnje gdje su trebali označiti u kolikoj se mjeri slažu s njima. Sve tvrdnje su se provjeravale na Likertovoj skali, čije vrijednosti se kreću od 1 = „uopće se ne slažem“ do 5 = „u potpunosti se slažem“.



Stupanj slaganja ispitanika s tvrdnjom „*R & IT mogu doprinijeti razvoju vizualne orijentacije i vještini kretanja*“ prikazan je na slici 22.



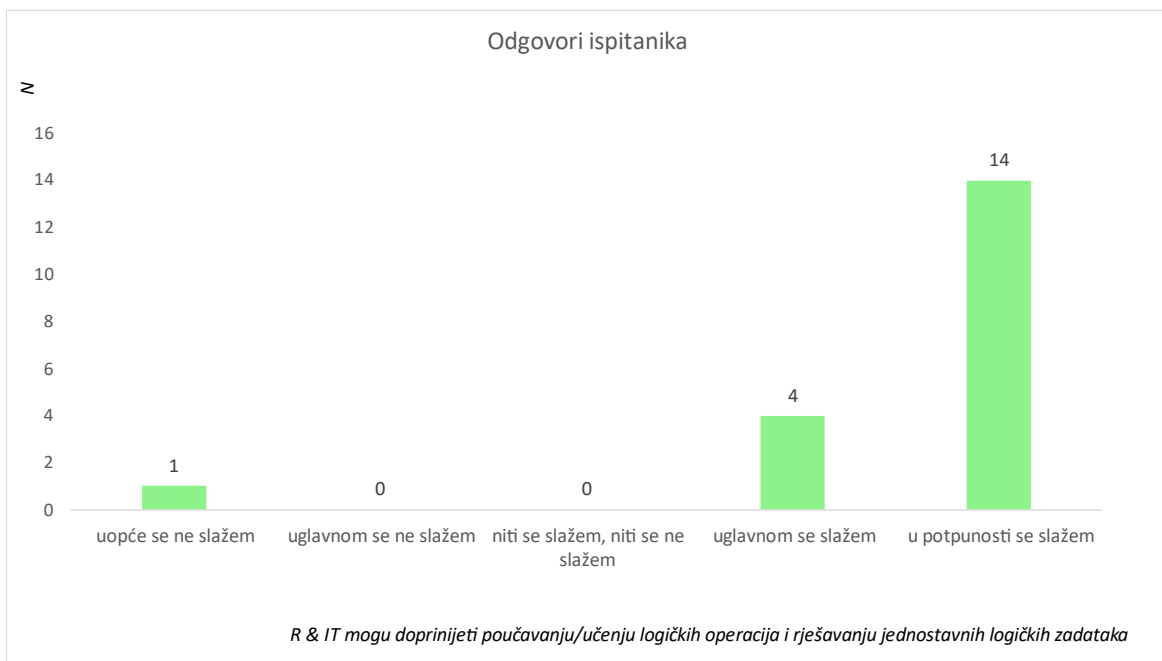
Slika 22. Prikaz rezultata – „*R & IT mogu doprinijeti razvoju vizualne orijentacije i vještini kretanja*“

Iz odgovora ispitanika možemo vidjeti kako se većina (63%) u potpunosti slaže sa tvrdnjom koja nalaže da se razvoju vizualne orijentacije i vještini kretanja može doprinijeti kroz robotiku i informacijsku tehnologiju. S tvrdnjom se uglavnom slaže 32% ispitanika, dok se samo 1 ispitanik (5%) uopće ne slaže s ponuđenom tvrdnjom. Brojna istraživanja su pokazala da edukativni roboti pridonose razvoju vizualne orijentacije i vještini kretanja, pa nam tako Brlek i Oreški (2020) u svom radu predstavljaju primjer kako to ostvariti. U svome radu spominju kako učenici mogu programirati robota da služi kao kompas pomoću kojeg mogu učiti strane svijeta i orijentaciju u prostoru na njima zanimljiv način (Brlek i Oreški, 2020). Također, učenici mogu programirati uređaj kako bi ga koristili kao brojač koraka. Na taj način, učenici mogu pratiti koliko se napravi koraka ili izračunati nečiju udaljenost od nekog mjesta u koracima (Brlek i Oreški, 2020). U razvoju navedenog, edukativni roboti također pomažu učenicima s teškoćama u razvoju. Primjerice, Albogamy, Alotaibi, Alhawdan i Faisal (2021) su u svome radu predstavili sistem pomoću kojeg integriraju slijepe osobe u društvo. Prikazano je i testiranje u radu na učenicima.



Robot je učenika čekao na ulaznim vratima škole. Skenom učenikove iskaznice, robot je pristupio informacijama o učenikovom rasporedu i definirao koordinate razreda kojeg učenik treba slušati (Albogamy, Alotaibi, Alhawdan i Faisal, 2021). Učenik tada ide na sat uz asistenciju robota, nakon čega se robot vrati na ulazna vrata škole kako bi pomogao ostalim učenicima. Iz navedenih primjera, možemo vidjeti kako postoje brojni rezultati istraživanja i prakse u kojima robotika i informacijska tehnologija pozitivno utječu na razvoj vještina kretanja i vizualne orijentacije.

Slika 23. prikazuje stupanj slaganja ispitanika s tvrdnjom „*R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju logičkih operacija i rješavanju jednostavnih logičkih zadataka.*“

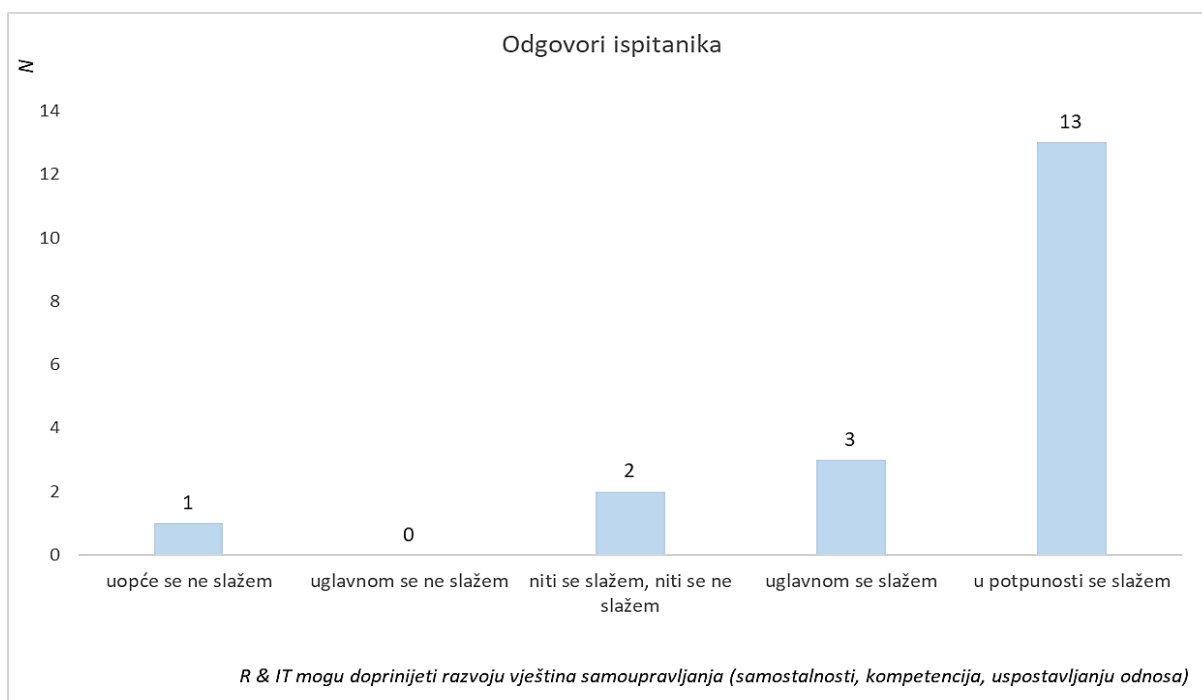


Slika 23. Prikaz rezultata – „*R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju logičkih operacija i rješavanju jednostavnih logičkih zadataka*“

Prema odgovorima ispitanika možemo vidjeti kako se većina (74%) u potpunosti slaže sa tvrdnjom koja nalaže da se poučavanju/učenju logičkih operacija i rješavanju jednostavnih logičkih zadataka može doprinijeti kroz robotiku i informacijsku tehnologiju. S tvrdnjom se

uglavnom slaže 21% ispitanika, dok se samo 1 ispitanik (5%) uopće ne slaže s ponuđenom tvrdnjom. Programiranje je ključan dio edukativnih robota i informacijske tehnologije, koje zahtijeva vještine logičnog razmišljanja kako bi učenici mogli uspješno uočavati i rješavati probleme. Slično rezultatima ovog istraživanja, u istraživanju Baidowi, Noh i Noh (2013) rezultati su pokazali da učenici stječu ključna znanja kroz programiranje, uključujući vještine logičkog razmišljanja i rješavanja problema. Rezultati rada Woods, Hrymak, Marshall, Wood, Crowe, Hoffman, Wright, Taylor, Woodhouse i Bouchard (1997) također podupiru tvrdnju da se kroz poduku o programiranju mogu razviti vještine rješavanja problema i logičkog razmišljanja.

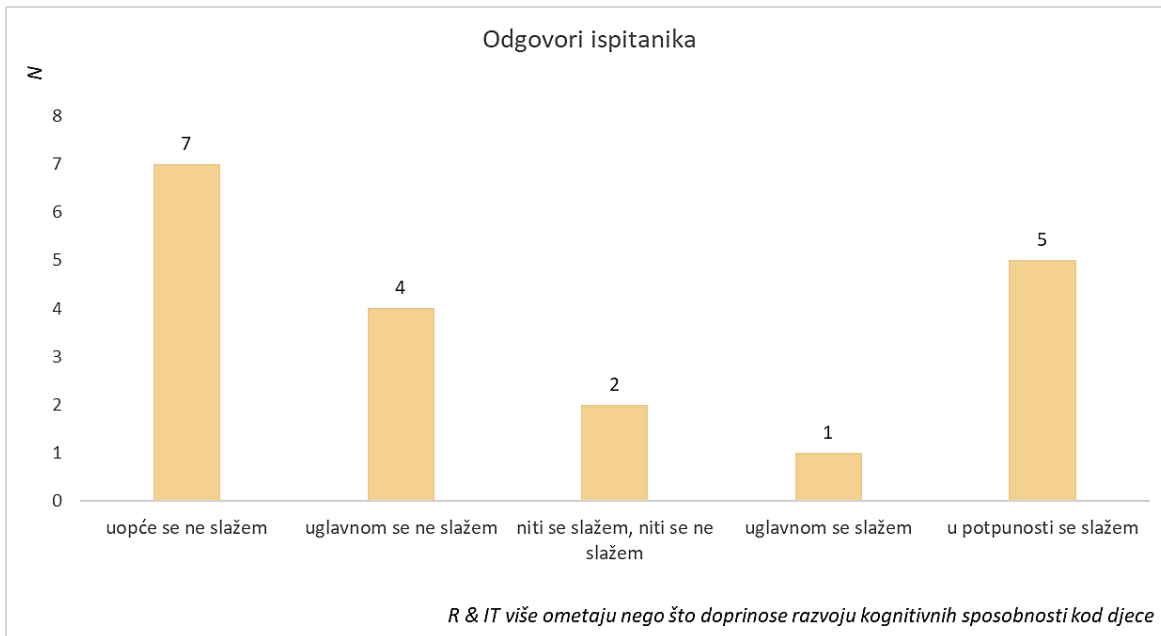
Stupanj slaganja ispitanika s tvrdnjom „*R & IT mogu doprinijeti razvoju vještina samoupravljanja (samostalnosti, kompetencija, uspostavljanju odnosa)*“ prikazan je na slici 24.



Slika 24. Prikaz rezultata – „*R & IT mogu doprinijeti razvoju vještina samoupravljanja (samostalnosti, kompetencija, uspostavljanju odnosa)*“

Iz odgovora ispitanika možemo vidjeti kako se većina (68%) u potpunosti slaže sa tvrdnjom koja nalaže da se razvoju vještina samoupravljanja (samostalnosti, kompetencija, uspostavljanja odnosa) može doprinijeti kroz robotiku i informacijsku tehnologiju. S tvrdnjom se uglavnom slaže 16% ispitanika, a 11% ispitanika se s tvrdnjom niti slaže, niti ne slaže. Samo se 1 ispitanik (5%) uopće ne slaže s ponuđenom tvrdnjom. Brlek i Oreški (2020) podupiru ovu tvrdnju u svome radu, ističući da učenici razvijaju brojne kompetencije, samopouzdanje, odgovornost, samostalnost te poduzetnost kroz područje informacijske tehnologije i robotike. Učenici se uče rukovati edukativnim robotima i informacijskom tehnologijom, razvijajući pritom odgovornost i samostalnost. Ovisno o problemu kojeg moraju riješiti, učenici istražuju i stječu nove kompetencije. S obzirom da dosta učenika osjeća strah pri rađanju greški ispred nastavnika, ne čudi činjenica da se osjećaju opuštenije to raditi ispred edukativnih robota. Učenici možda ponekad strahuju od osuđivanja nastavnika, a edukativni roboti nemaju tu sposobnost. Upravo zbog toga, učenici razvijaju više samopouzdanja. U konačnici, možemo zaključiti kako edukativni roboti i informacijska tehnologija imaju pozitivan utjecaj na cjeloviti razvoj učenika.

Slika 25. prikazuje stupanj slaganja ispitanika s tvrdnjom „*R & IT više ometaju nego što doprinose razvoju kognitivnih sposobnosti kod djece.*“

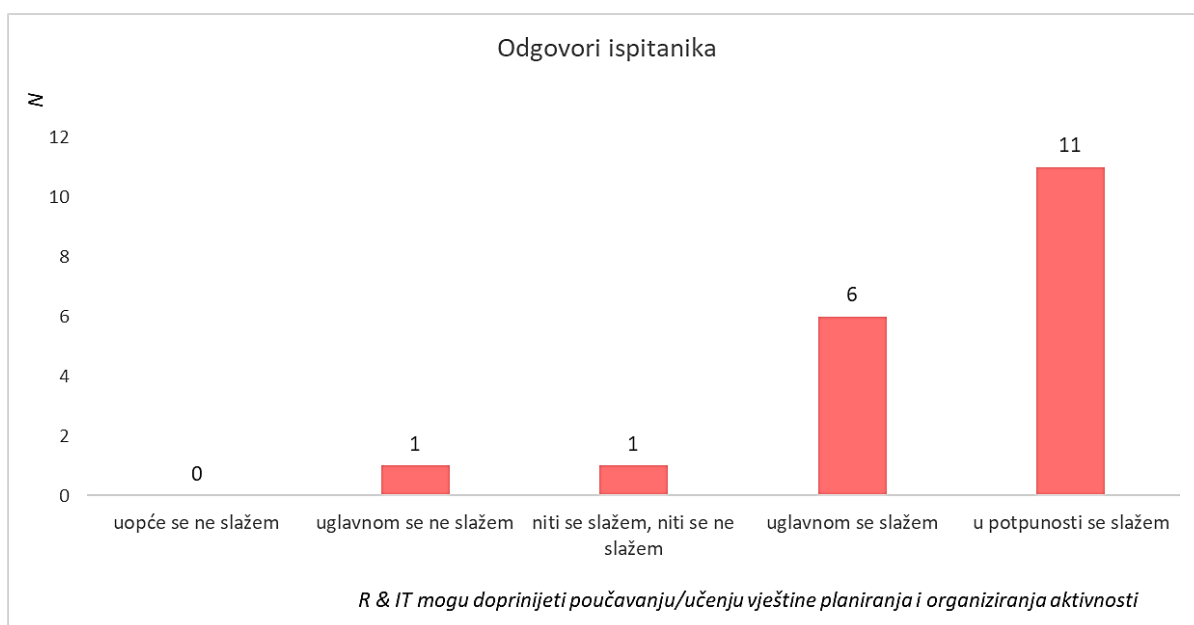


Slika 25. Prikaz rezultata – „*R & IT više ometaju nego doprinose razvoju kognitivnih sposobnosti kod djece*“

Prema odgovorima, možemo vidjeti kako se veliki broj ispitanika (37%) uopće ne slaže s tvrdnjom koja nalaže da robotika i informacijska tehnologija više ometaju učenike nego doprinose razvoju njihovih kognitivnih sposobnosti. S tvrdnjom se uglavnom ne slaže 21% ispitanika, a 11% ispitanika se s tvrdnjom niti slaže, niti ne slaže. Samo se 1 ispitanik (5%) uglavnom slaže s tvrdnjom, dok se čak 26% ispitanika u potpunosti slaže s ponuđenom tvrdnjom. Zanimljiva je činjenica da su postotci krajnjih vrijednosti, „uopće se ne slažem“ i „u potpunosti se slažem“, skoro pa podjednaki. Rezultati ukazuju da primjena edukativnih robota i informacijske tehnologije mogu biti ometajući, ali i motivirajući faktor u nastavi. Urgen, Güneysu, Yılmaz, Cerrahoğlu i Dinçer (2020) u svome istraživanju došli su do rezultata koji su pokazali da primjena robota ometa učenike u nastavi. Također, pokazali su kako mjera u kojoj edukativni roboti ometaju učenike ovisi o tome koliko taj robot nalikuje ljudima. S druge strane, rezultati istraživanja (Saerbeck, Schut, Bartneck i Janse, 2010; Brown, Kerwin i Howard, 2013) pokazali su kako edukativni roboti kod učenika

pobuđuju interes i motiviraju ih na učenje. Iz svega navedenog, možemo zaključiti kako učenici različito reagiraju na edukativne robote i informacijsku tehnologiju.

Stupanj slaganja ispitanika s tvrdnjom „*R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju vještine planiranja i organiziranja aktivnosti*“ prikazan je na slici 26.

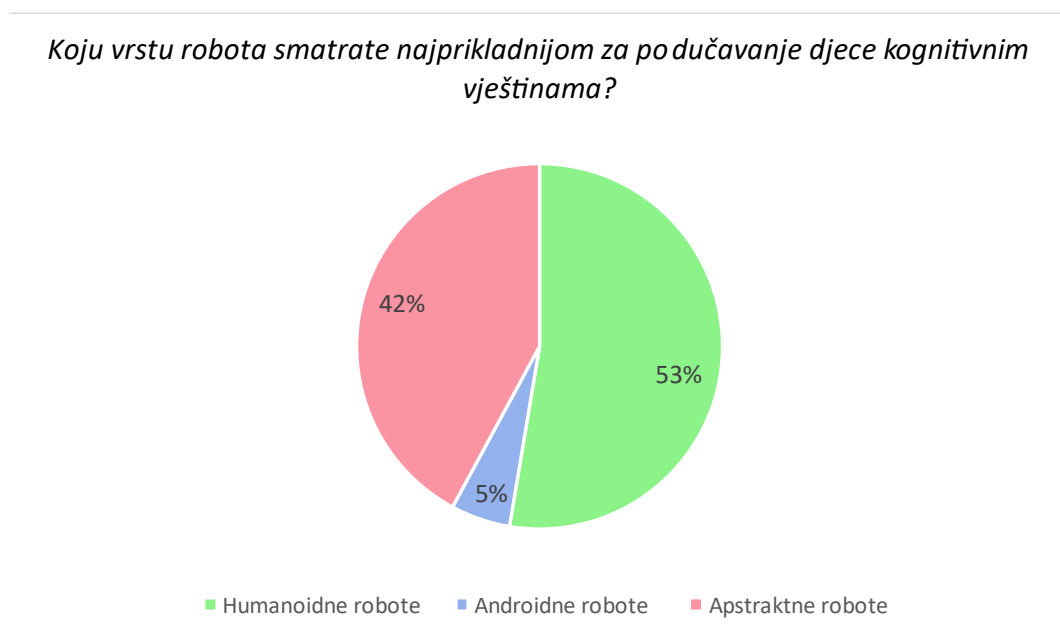


Slika 26. Prikaz rezultata – „*R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju vještine planiranja i organiziranja aktivnosti*“

Odgovori ispitanika pokazuju kako se većina (58%) u potpunosti slaže s tvrdnjom koja nalaže da se poučavanju/učenju vještine planiranja i organiziranja aktivnosti može doprinijeti robotikom i informacijskom tehnologijom. S tvrdnjom se uglavnom slaže 32% ispitanika, a 5% ispitanika se s tvrdnjom niti slaže, niti ne slaže ili se uglavnom ne slaže. Rezultati ovog istraživanja pokazuju kako robotika i informacijska tehnologija pozitivno utječu na razvijanje vještine planiranja i organiziranja aktivnosti. Nastavnicima i stručnjacima koji provode edukacije to pomaže u organiziranju zanimljivih i motivirajućih aktivnosti za učenike. Aktivnosti koje su

unikatne i zadovoljavaju učenikove individualne potrebe, motiviraju učenike. Bulić i Blažević (2020) ističu kako motivirani učenici uče redovito, aktivno sudjeluju u nastavi i postavljaju pitanja, te istražuju i donose zaključke. Učenici cijene kada se nastavnici i stručnjaci trude učiniti nastavu drugačijom, a uz primjenu edukativnih robota i informacijske tehnologije to zasigurno mogu ostvariti. Učenici mogu kroz rad s robotima i informacijskom tehnologijom doći do različitih ideja za aktivnosti, a potom mogu isplanirati i organizirati provedbu istih. Također, otkrivanju različitih ideja za aktivnosti može pridonijeti i suradnja s drugim učenicima. Uz razmjenu različitih ideja provedbe, učenici mogu zajedno isplanirati i organizirati aktivnost, pri čemu unapređuju svoje vještine.

Slika 27. prikazuje odgovore ispitanika na pitanje „*Koju vrstu robota smatrate najprikladnijom za podučavanje djece kognitivnim vještinama?*“



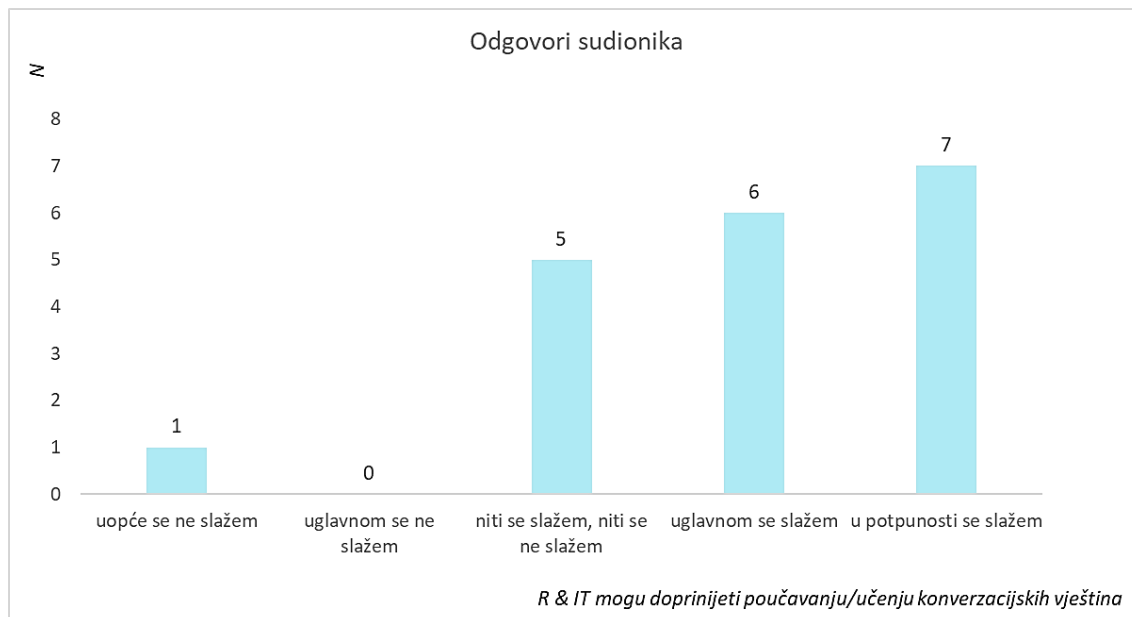
Slika 27. Prikaz rezultata – „*Koju vrstu robota smatrate najprikladnijom za podučavanje djece kognitivnim vještinama?*“

Odgovori ispitanika ukazuju kako ih većina (53%) smatra da su humanoidni roboti (roboti koji izgledom oponašaju osnovni oblik i funkcije ljudskog tijela) najprikladniji za podučavanje djece kognitivnim vještinama. Androidne robote (roboti koji su dizajnirani tako da u potpunosti nalikuju ljudskim bićima) kao najprikladnije vidi 5% ispitanika. Preostalih 42% ispitanika vidi apstraktne robote (svi ostali roboti) kao najprikladnije za podučavanje kognitivnim vještinama. Keane, Chalmers, Williams i Bodén (2016) u svom istraživanju došli su do rezultata da humanoidni robot promiče znatiželju, izazov, kreativnost, suradnju, komunikaciju i kritičko razmišljanje. Nastavnici su izvijestili kako korištenje humanoidnog robota u nastavi omogućuje učenicima diferencirano učenje i mogućnost personalizacije vlastitog učenja. Keane i sur. (2016) također navode kako je uvođenje humanoidnih robota u nastavu rezultiralo povećanjem angažmana učenika u nastavi, samousmjerenog učenja, kritičkog razmišljanja, kreativnosti, dubokog učenja, te komunikacije.

### **6.3.2. Uloga robotike i informacijskih tehnologija (R & IT) u socijalnom razvoju djece**

Nakon drugog dijela, slijedi sljedeći dio u kojem se željelo ispitati stavove nastavnika, stručnjaka i studenata o mogućnostima većeg korištenja robota i informacijskih tehnologija pri podučavanju djece socijalnim vještinama. Ispitanicima su ponuđene različite tvrdnje gdje su trebali označiti u kolikoj se mjeri slažu s njima. Sve tvrdnje su se provjeravale na Likertovoj skali, čije vrijednosti se kreću od 1 = „uopće se ne slažem“ do 5 = „u potpunosti se slažem“.

Stupanj slaganja ispitanika s tvrdnjom „*R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju konverzijskih vještina*“ prikazan je na slici 28.

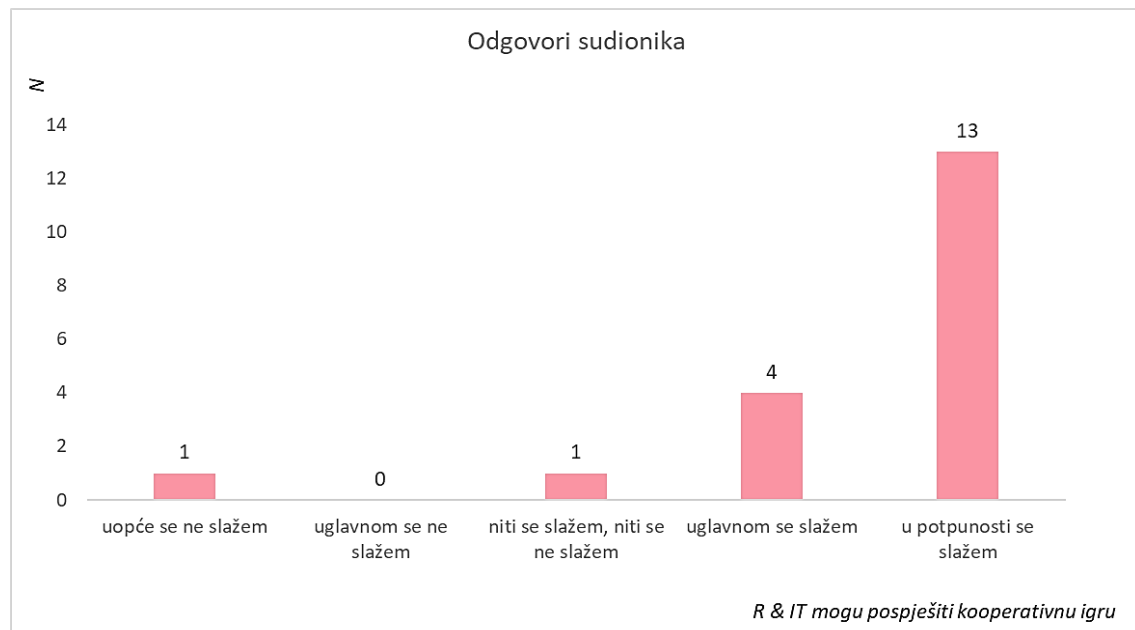


Slika 28. Prikaz rezultata – „*R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju konverzijskih vještina*“

Iz odgovora možemo vidjeti kako se 37% ispitanika u potpunosti slaže s tvrdnjom koja nalaže da se poučavanju/učenju konverzijskih vještina može doprinijeti robotikom i informacijskom tehnologijom. S tvrdnjom se uglavnom slaže 32% ispitanika, a čak 26% ispitanika se s tvrdnjom niti slaže, niti ne slaže. Samo se 1 sudionik (5%) uopće ne slaže s tvrdnjom. U istraživanju Lee, Noh, Lee, Lee i Lee (2011) rezultati su pokazali kako su se učenicima u velikoj mjeri poboljšale konverzijske vještine. Učenicima se razvili samopouzdanje u opuštenu atmosferu rada s edukativnim robotima. Učenicima se popravila gramatika i izgovor, a i sam vokabular im se znatno proširio. Slično, rezultati istraživanja (Van der Berghe, Verhagen, Oudgenoeg-Paz, van der Ven i Leseman, 2019) pokazali su kako se učenici osjećaju manje anksioznima u prisutnosti edukativnog robota, te se manje boje napraviti grešku ispred njih. Također, prilikom vježbanja konverzijskih vještina s edukativnim robotom, učenici tinejdžerske dobi razvili su veće samopouzdanje. Sve to doprinijelo je poboljšanju konverzijskih vještina učenika.



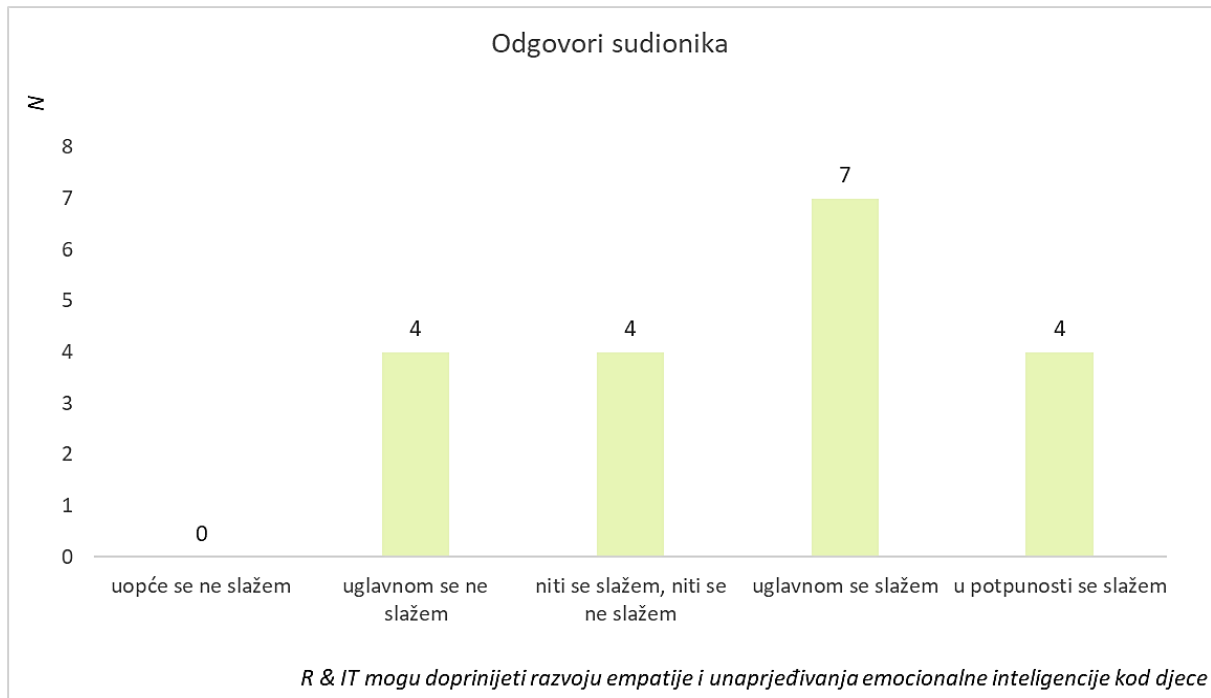
Slika 29. prikazuje stupanj slaganja ispitanika s tvrdnjom „*R & IT mogu pospješiti kooperativnu igru.*“



Slika 29. Prikaz rezultata – „*R & IT mogu pospješiti kooperativnu igru*“

Prema odgovorima ispitanika možemo vidjeti kako se većina (69%) u potpunosti slaže s tvrdnjom koja nalaže da se kooperativna igra može pospješiti robotikom i informacijskom tehnologijom. S tvrdnjom se uglavnom slaže 21% ispitanika, a 5% ispitanika se s tvrdnjom niti slaže, niti ne slaže ili se uopće ne slaže s tvrdnjom. Denis i Hubert (2001) su proveli istraživanje kojim su došli do rezultata da se u okruženju edukativne robotike pospješuje kooperativna igra među učenicima. Zamijetili su kako učenici međusobno vode brojne interakcije vezane uz zadatak koji imaju odraditi. Učenici rade zajedno na zadatku, a pritom razvijaju kooperativnost i vještine rješavanja problema. Wainer, Ferrari, Dautenhahn i Robins (2010) su u svom istraživanju došli do sličnih rezultata. Rezultati njihovog istraživanja su pokazali da se pohađanjem satova robotike pospješuje kooperativna igra među djecom s poremećajem iz spektra autizma. Iz svega navedenog, možemo zaključiti kako robotika i informacijska tehnologija kod učenika bez i sa posebnim potrebama može doprinijeti razvoju kooperativnosti. Kod učenika se jača zajedništvo, a i povećava se sposobnost zauzimanja drukčijih gledišta (Buljubašić-Kuzmanović, 2009).

Stupanj slaganja ispitanika s tvrdnjom „*R & IT mogu doprinijeti razvoju empatije i unaprjeđivanja emocionalne inteligencije kod djece*“ prikazan je na slici 30.

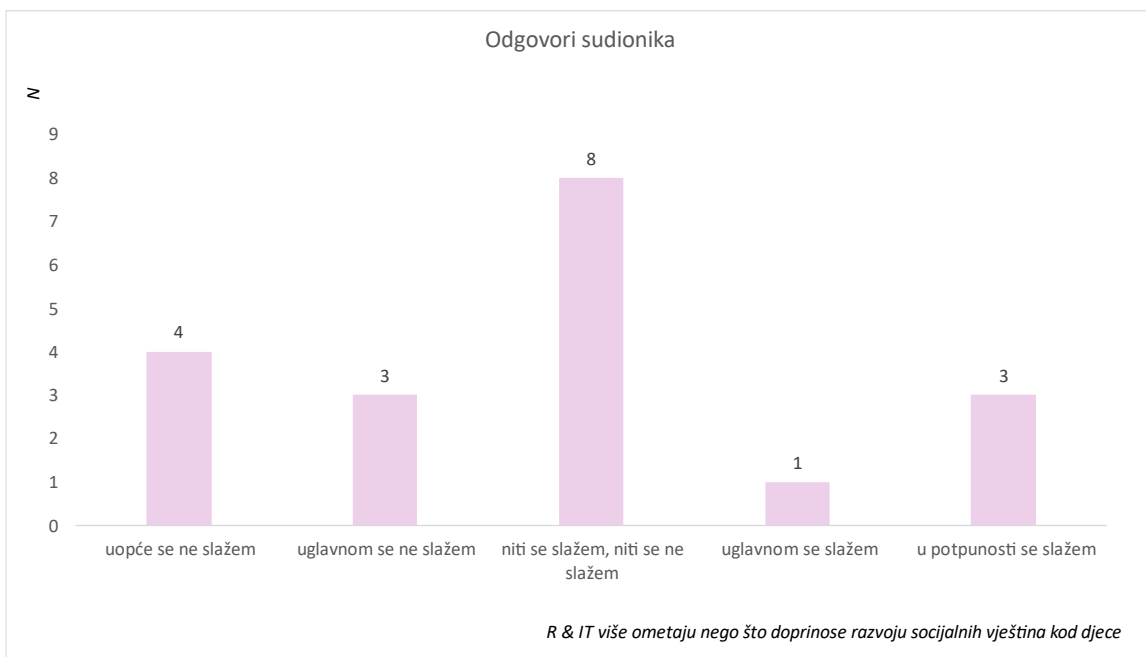


Slika 30. Prikaz rezultata – „*R & IT mogu doprinijeti razvoju empatije i unaprjeđivanja emocionalne inteligencije kod djece*“

Iz odgovora možemo vidjeti kako se 37% ispitanika uglavnom slaže s tvrdnjom koja nalaže da se razvoju empatije i unaprjeđivanju emocionalne inteligencije kod djece može doprinijeti robotikom i informacijskom tehnologijom. S tvrdnjom se u potpunosti slaže 21% ispitanika. S tvrdnjom se uglavnom ne slaže 21% ispitanika, a jednako toliko se niti slaže, niti ne slaže s tvrdnjom. Prema rezultatima možemo zaključiti kako ispitanici imaju dosta podijeljena mišljenja glede ove tvrdnje. Iako prevladava rezultat koji ukazuje da područje robotike i informacijske tehnologije može doprinijeti razvoju empatije i emocionalne inteligencije kod učenika, dosta je velik i postotak koji nije siguran ili se ne slaže s tvrdnjom. Slično ovome su pokazali i rezultati Pashevich (2022) istraživanja. Ona navodi kako roboti nemaju afekta ni sposobnosti da iskuse osjećaje, a što smatra potrebnim kako bi se kod djece razvila afektivna empatija. Ipak, smatra kako roboti u teoriji mogu utjecati na razvoj kognitivne empatije kod djece. Pod tim podrazumijeva

spособnost raspoznavanja emocionalnih stanja, razumijevanja unutarnjih i vanjskih razloga koji vode do tih stanja, te reguliranja vlastitih emocija. Musić i sur. (2020) su u istraživanju došli do zanimljivih rezultata kod iste tvrdnje. Njihovi ispitanici izjasnili su se da ne vjeruju kako edukativni roboti mogu imati utjecaj na emocionalna stanja kod učenika. Musić i sur. (2020) potencijalni razlog tome vide u pretpostavci da nastavnici i stručnjaci nisu popratili ili ignoriraju rezultate novijih istraživanja koja ukazuju na prednosti korištenja edukativnih robota za unaprjeđivanje emocionalne inteligencije kod djece, a i za pružanje emotivne podrške. Također, navode kako bi od pomoći mogla biti dodatna edukacija za nastavnike i stručnjake kako bi se promijenio stav o ovoj temi (Musić i sur., 2020).

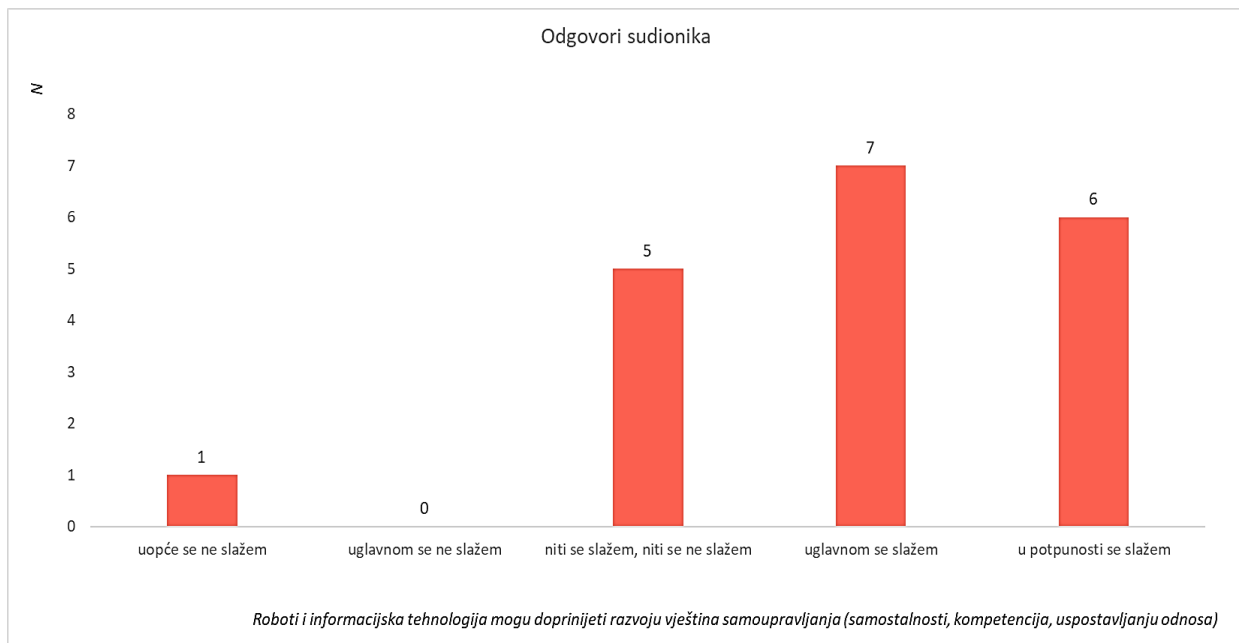
Slika 31. prikazuje stupanj slaganja ispitanika s tvrdnjom „*R & IT više ometaju nego što doprinose razvoju socijalnih vještina kod djece.*“



Slika 31. Prikaz rezultata – „*R & IT više ometaju nego doprinose razvoju socijalnih vještina kod djece*“

Prema odgovorima ispitanika možemo vidjeti kako se većina (42%) niti slaže, niti ne slaže s tvrdnjom koja nalaže da robotika i informacijska tehnologija više ometaju učenike nego doprinose razvoju njihovih socijalnih vještina. S tvrdnjom se u potpunosti slaže 16% ispitanika, a samo 1 ispitanik (5%) se uglavnom slaže s tvrdnjom. Uglavnom se ne slaže s tvrdnjom 16% ispitanika, a 21% njih se uopće ne slaže. Možemo zaključiti iz rezultata da robotika i informacijska tehnologija mogu na učenike djelovati motivirajuće, ali i ometajuće. Ipak, veći broj sudionika naklonjen je stavu da robotika i informacijska tehnologija više doprinose razvoju socijalnih vještina učenika nego što ih ometa. Rezultati istraživanja (Smakman, Konijn i Vogt, 2022) ukazuju kako nastavnici ističu da roboti mogu imati pozitivan utjecaj na socio-emocionalni razvoj djece. Edukativni roboti imaju pozitivan utjecaj na samopouzdanje učenika, a i poboljšavaju njihovu sposobnost izražavanja. Nastavnici također navode kako roboti kod učenika razvijaju strpljivost i vještinu slušanja drugih. S druge strane, u istom istraživanju su prikazana iskustva nastavnika koji govore o negativnoj strani edukativnih robota. Naime, navodi se postojanje slučajeva u kojima je došlo do toga da se dijete previše veže uz edukativnog robota. Takav slučaj može dovesti do toga da dijete izbjegava socijalizaciju s ljudima, ali i da burno reagira ukoliko edukativni robot nije prisutan. Kako ne bi došlo do takvih slučajeva, potrebno je nadzirati interakciju između robota i djeteta ili biti u blizini.

Stupanj slaganja ispitanika s tvrdnjom „*Roboti i informacijska tehnologija mogu doprinijeti razvoju vještina samoupravljanja (samostalnosti, kompetencija, uspostavljanju odnosa)*“ prikazan je na slici 32.

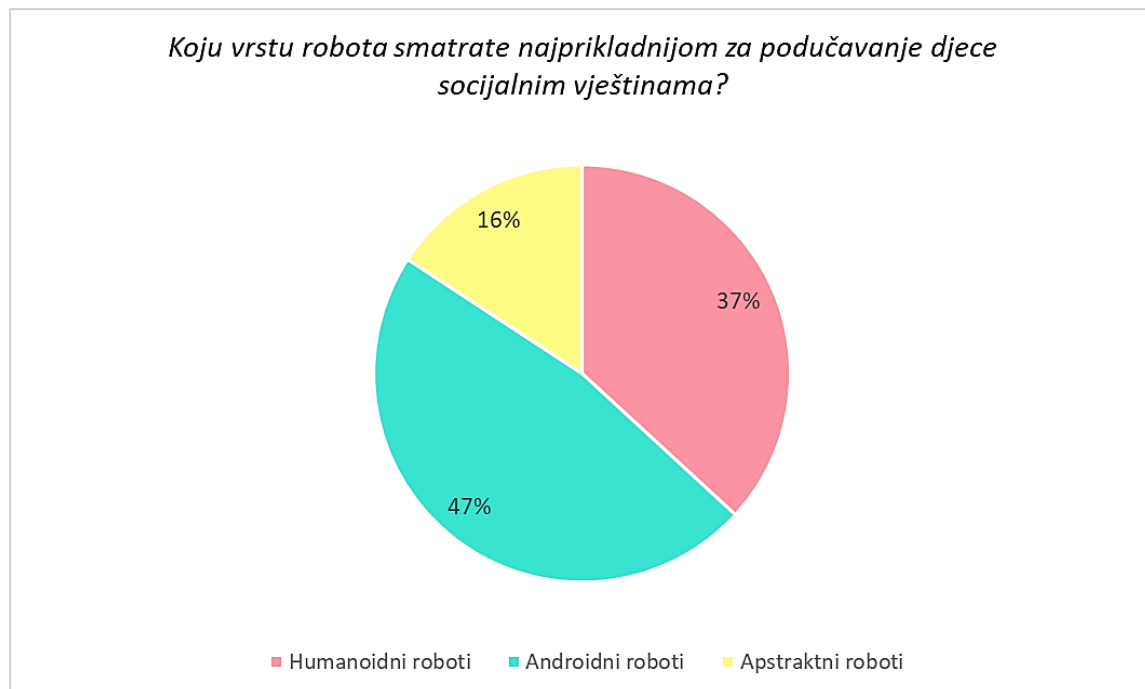


Slika 32. Prikaz rezultata – „*Roboti i informacijska tehnologija mogu doprinijeti razvoju vještina samoupravljanja (samostalnosti, kompetencija, uspostavljanju odnosa)*“

Iz odgovora ispitanika možemo vidjeti kako se 37% njih uglavnom slaže s tvrdnjom koja nalaže da se razvoju vještina samoupravljanja (samostalnosti, kompetencija, uspostavljanju odnosa) može doprinijeti robotikom i informacijskom tehnologijom. S tvrdnjom se u potpunosti slaže 32% ispitanika, a 26% ispitanika se niti slaže, niti ne slaže s ponuđenom tvrdnjom. Samo 1 ispitanik (5%) se uopće ne slaže s tvrdnjom. Prema rezultatima, vidljivo je kako većina ispitanika smatra da područje robotike i informacijske tehnologije može pozitivno utjecati na razvoj učenikovih vještina samoupravljanja. Slično tome, rezultati istraživanja (Screpanti, Cesaretti, Storti i Scaradozzi, 2021) pokazali su da se primjenom edukativnih robota u nastavi kod učenika razvijaju vještine timskog rada, a samim time i poboljšava način na koji se učenici odnose međusobno. Učenici sudjelovanjem u timskom radu neprestano komuniciraju kako bi uspješno riješili problem. Također, na taj način stječu brojne kompetencije i vještine pošto međusobno

izmjenjuju znanja i iskustva. Rezultati istraživanja Musića i sur. (2020) pokazali su kako nastavnici i stručnjaci vjeruju da robotika i informacijska tehnologija mogu pozitivno utjecati na učenike. Ispitanici smatraju kako razvoju djetetovih karakteristika, kao i osobnom razvoju djeteta, definitivno mogu doprinijeti robotika i informacijska tehnologija.

Slika 33. prikazuje odgovore ispitanika na pitanje „*Koju vrstu robota smatrate najprikladnijom za podučavanje djece socijalnim vještinama?*“



Slika 33. Prikaz rezultata – „*Koju vrstu robota smatrate najprikladnijom za podučavanje djece socijalnim vještinama?*“

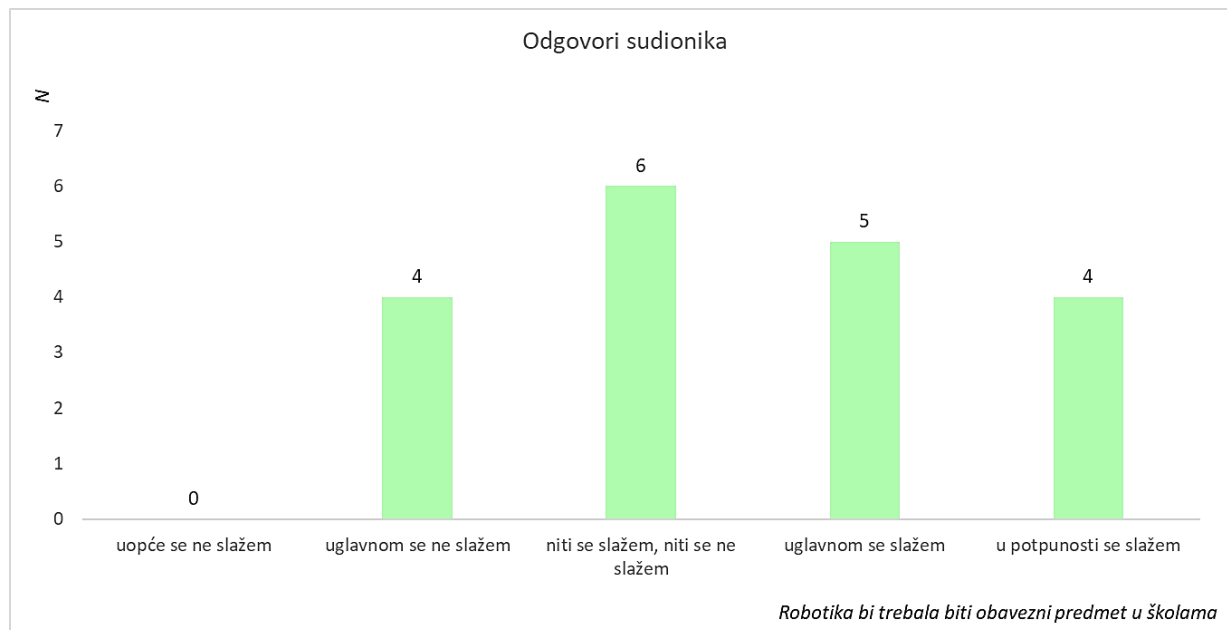
Odgovori ispitanika ukazuju kako njih 47% smatra da su androidni roboti (roboti koji su dizajnirani tako da u potpunosti nalikuju ljudskim bićima) najprikladniji za podučavanje djece socijalnim vještinama. Humanoidne robote (roboti koji izgledom oponašaju osnovni oblik i funkcije ljudskog tijela) kao najprikladnije vidi 37% ispitanika. Preostalih 5% ispitanika vidi

apstraktne robote (svi ostali roboti) kao najprikladnije za podučavanje socijalnim vještinama. Rezultati ukazuju da nastavnici, stručnjaci i studenti smatraju kako su humanoidni i androidni roboti najbolji za podučavanje učenika socijalnim vještinama. Yousif (2021) u svom je istraživanju koristio humanoidnog robota, te su rezultati pokazali kako je robot uistinu pomogao djeci s poremećajem iz spektra autizma u razvoju emocionalnih, socijalnih i mentalnih vještina. Ponašanje im je bilo pozitivnije, bili su pristupačniji te su mnogo više komunicirali međusobno, ali i s odraslima. S druge strane, rezultati istraživanja (Balasuriya, Sitbon, Brereton i Koplick, 2019) pokazali su da androidni roboti pomažu u razvoju samopouzdanja i smanjenju stresa. Učenici na taj način lakše ostvaruju komunikaciju i razvijaju socijalne vještine.

### **6.3.3. Obrazovne politike**

Nakon trećeg dijela, slijedi posljednji dio u kojem se željelo ispitati stavove nastavnika, stručnjaka i studenata o obrazovnim politikama glede robotike i informacijske tehnologije. Ispitanicima su ponuđene različite tvrdnje gdje su trebali označiti u kolikoj se mjeri slažu s njima. Sve tvrdnje su se provjeravale na Likertovoj skali, čije vrijednosti se kreću od 1 = „uopće se ne slažem“ do 5 = „u potpunosti se slažem“.

Stupanj slaganja ispitanika s tvrdnjom „*Robotika bi trebala biti obavezni predmet u školama*“ prikazan je na slici 34.

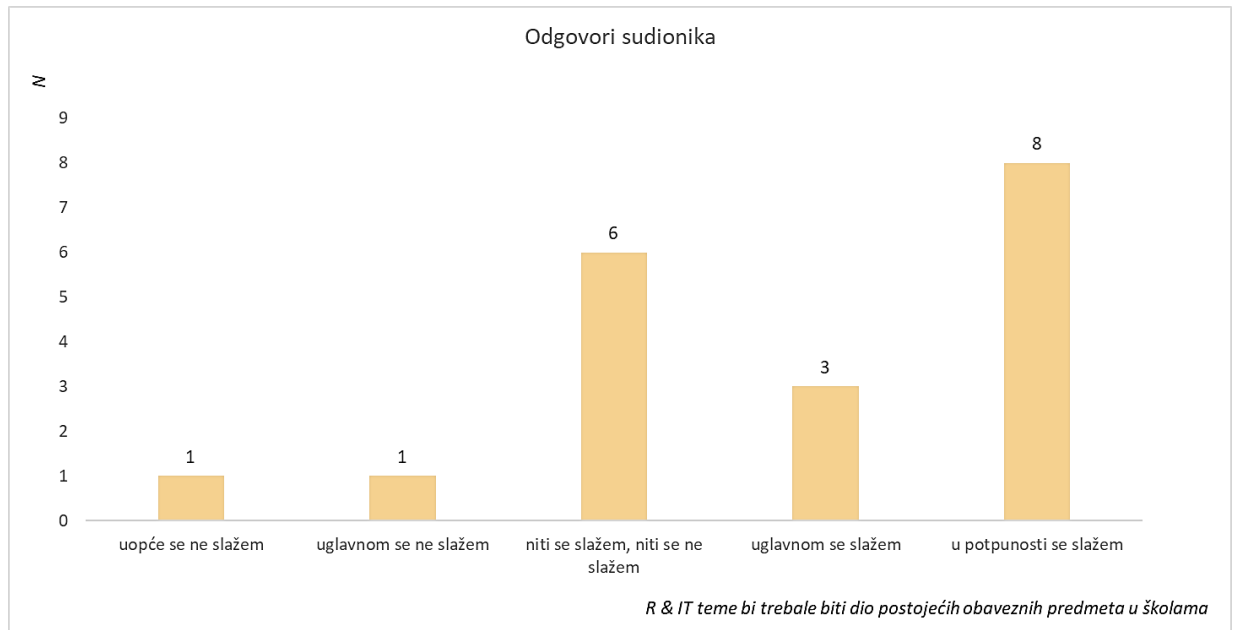


Slika 34. Prikaz rezultata – „*Robotika bi trebala biti obavezni predmet u školama*“

Prema odgovorima, možemo vidjeti kako se 32% ispitanika niti slaže, niti ne slaže s tvrdnjom koja nalaže da bi robotika trebala biti obavezni predmet u školi. Uglavnom se ne slaže s tvrdnjom 21% ispitanika. S tvrdnjom se uglavnom slaže 26% ispitanika, dok se u potpunosti slaže 21% ispitanika. Rezultati nam pokazuju kako veliki broj ispitanika nije siguran da li bi robotika trebala pripadati listi obaveznih predmeta. Ipak, kad sagledamo broj sudionika koji se u potpunosti i uglavnom slažu, dosta sudionika smatra kako bi se robotiku trebalo uvesti u škole kao obavezan predmet. Vrlo slične rezultate su dobili Musić i sur. (2020). Rezultati su pokazali kako nastavnici i stručnjaci vjeruju da bi se robotika trebala uvesti u školski kurikulum, ali oklijevaju da li bi ona trebala biti dijelom obaveznih predmeta. Robotika i informacijska tehnologija od velikog su značaja i sa sobom nose brojne prednosti za nastavnike i učenike. Trenutno se u školskom sustavu malo uči o njima, a još manje primjenjuje. Iako možda ne kao obavezni predmet, nastavnici, stručnjaci i studenti smatraju da bi ih se trebalo polako početi uvoditi u školski kurikulum.



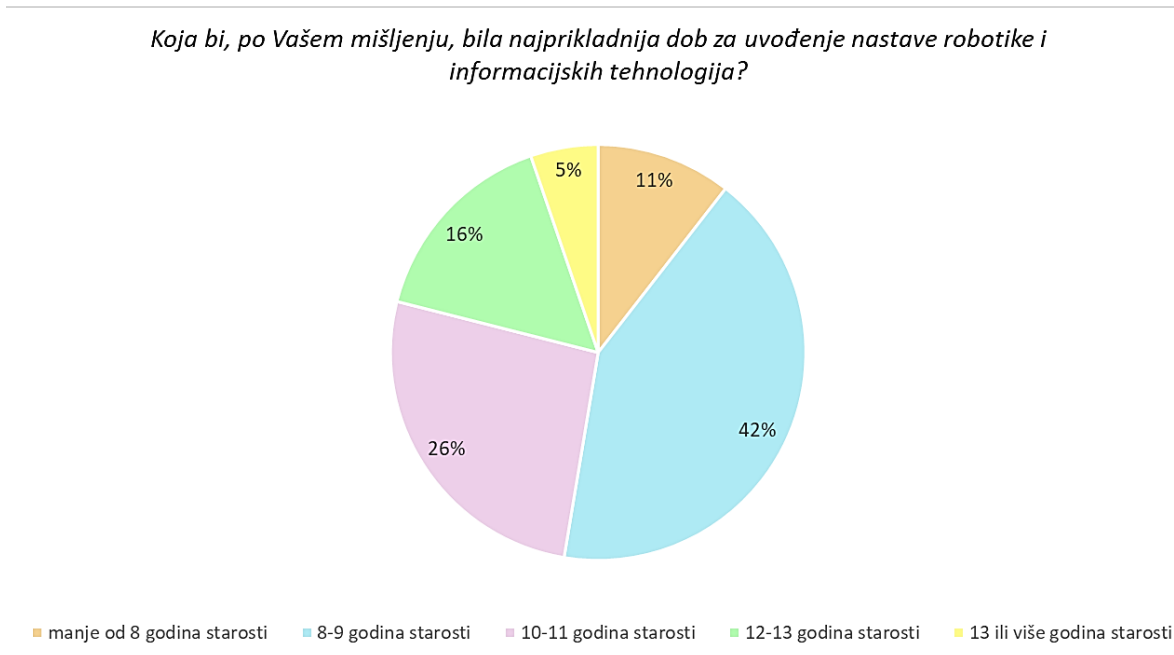
Slika 35. prikazuje stupanj slaganja ispitanika s tvrdnjom „*R & IT teme trebale bi biti dio postojećih obaveznih predmeta u školama.*“



Slika 35. Prikaz rezultata – „*R & IT teme bi trebale biti dio postojećih obaveznih predmeta u školama*“

Iz odgovora možemo vidjeti kako se 42% ispitanika u potpunosti slaže s tvrdnjom koja nalaže da bi teme iz robotike i informacijskih tehnologija trebale biti dijelom postojećih obaveznih predmeta u školama. S tvrdnjom se uglavnom slaže 16% ispitanika, dok ih se čak 32% niti slaže, niti ne slaže. Samo 1 ispitanik (5%) se uglavnom se ne slaže ili uopće ne slaže s ponuđenom tvrdnjom. Rezultat nam ukazuje kako veliki broj ispitanika smatra da bi se teme robotike i informacijskih tehnologija trebale obrađivati u sklopu postojećih obaveznih predmeta. Ipak, zanimljiv je i podatak da dosta ispitanika nije sigurno da li je to potrebno. Učenici u školama već obrađuju veliki broj tema, pa nije za čuditi što pojedini ispitanici oklijevaju o potencijalnom dodavanju novih tema. Isto tako, interesi učenika se razlikuju pa zasigurno postoje učenici koje ova tema i ne zanima. Ipak, tehnologija se dosta brzo razvija, pa bi svi učenici trebali pratiti korak s njom. Robotika će jednog dana biti veliki dio ljudskih života, pa bi se onda učenike trebalo podučavati barem osnovama kako bi mogli lakše živjeti.

Odgovori ispitanika na pitanje „*Koja bi, po Vašem mišljenju, bila najprikladnija dob za uvođenje nastave robotike i informacijskih tehnologija?*“ prikazani su na slici 36.

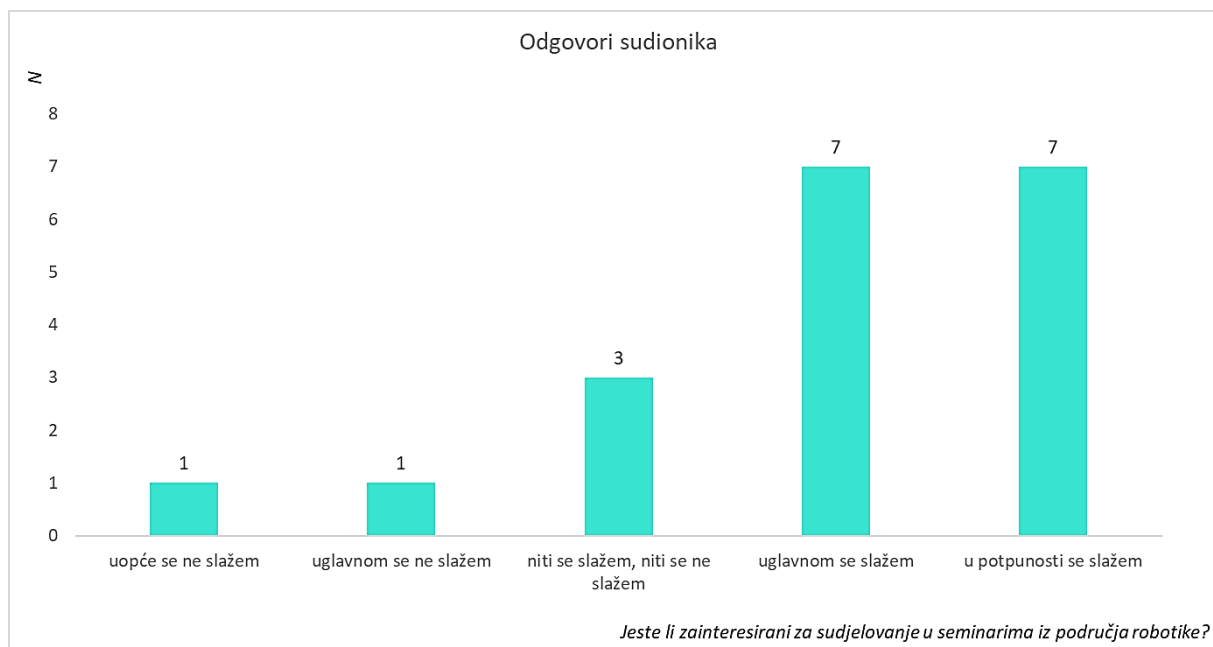


Slika 36. Prikaz rezultata – „*Koja bi, po Vašem mišljenju, bila najprikladnija dob za uvođenje nastave robotike i informacijskih tehnologija?*“

Prema odgovorima ispitanika možemo vidjeti kako većina (42%) smatra kako je 8-9 godina starosti najprikladnija dob za uvođenje nastave robotike i informacijskih tehnologija. Njih 26% smatra 10-11 godina starosti najprikladnijom dobi, dok 16% ispitanika smatra najprikladnijom dobi 12-13 godina starosti. Da bi se nastava robotike i informacijske tehnologije trebala uvesti od najranije dobi, manje od 8. godine starosti, smatra 11% ispitanika. Samo 1 ispitanik (5%) smatra kako bi se nastava robotike i informacijske tehnologije trebala uvesti što kasnije, nakon 13. godine starosti. Iz rezultata može zaključiti kako veliki broj ispitanika smatra da je nastavu robotike najprikladnije uvesti u dobi kada učenici počinju pohađati osnovnu školu. Drugačijeg su mišljenja ispitanici koji su sudjelovali u istraživanju Musića i sur. (2020). Oni su se na isto pitanje izjasnili da smatraju 10-11 godina starosti najprikladnijom dobi za uvođenje nastave robotike i informacijske tehnologije. Prilikom uvođenja novih predmeta ili tema, veoma je važno voditi računa o dobi djeteta. Kako bi učenici najbolje usvojili ono što ih se podučava, važno je da je to

prikladno njihovoj dobi. Upravo zbog toga, Musić i sur. (2020) ističu kako je bitno uzeti dobivene rezultate istraživanja u obzir prilikom uvođenja nastave robotike i informacijske tehnologije u škole.

Slika 37. prikazuje stupanj slaganja ispitanika s pitanjem „*Jeste li zainteresirani za sudjelovanje u seminarima iz područja robotike?*“



Slika 37. Prikaz rezultata – „*Jeste li zainteresirani za sudjelovanje u seminarima iz područja robotike?*“

Odgovori ispitanika ukazuju kako je njih 37% u potpunosti ili uglavnom zainteresirano sudjelovati u seminarima iz područja robotike. Njih 16% nije sigurno da li bi bili spremni sudjelovati u seminarima iz područja robotike. Samo 1 ispitanik (5%) je uglavnom ili u potpunosti nezainteresiran za sudjelovanje u seminarima. Rezultati pokazuju kako je veliki broj ispitanika zainteresiran sudjelovati u seminarima i dalje se educirati o robotici. Musić i sur. (2020) su u svom istraživanju došli do sličnih rezultata. Njihovi ispitanici su pokazali veliku zainteresiranost za sudjelovanjem u seminarima. Za djelatnike obrazovne ustanove, ali i stručnjake koji rade s djecom,

važno je nastaviti se kontinuirano obrazovati. Inovativne strategije i metode podučavanja konstantno se razvijaju, a najbolji način prenošenja znanja i iskustava je putem različitih radionica, seminara, tečajeva, itd. Usavršavanje i primjena naučenog ostavlja kod učenika pozitivne dojmove, te mu poboljšava iskustvo školovanja.

## 7. Zaključak

Umjetna inteligencija se brzo razvija, pa ne čudi kako polako zadire u sve aspekte čovjekova života. Nije zaobišla ni obrazovni sustav. Obrazovanje je uz pomoć različitih medija i alata postalo šire i dostupnije, a i sama komunikacija između učenika i nastavnika je postala lakša. Edukativni roboti jedni su od alata koji se vezuju uz područje umjetne inteligencije, a koji pridonose kvalitetnijoj nastavi i većoj motiviranosti učenika. Obrazovna robotika je još uvijek u kurikulumima Republike Hrvatske slabo zastupljena. S obzirom da postoje brojne udruge, klubovi i radionice, možemo zaključiti kako je interes djece i odraslih za područje robotike velik. Iako je zainteresiranost za područje veliko, potrebno je istražiti korisnost robotike i informacijske tehnologije u obrazovanju te spremnost nastavnika na edukaciju da bi se moglo raspravljati o uvođenju navedenih područja u škole.

Cilj provedenog istraživanja bio je ispitati stavove i iskustva nastavnika, stručnjaka i studenata u radu i učenju s edukativnim robotima. U istraživanju su korištene tri različite skale: skala samoprocjene uloge robotike i informacijske tehnologije u kognitivnom razvoju djece, skala samoprocjene uloge robotike i informacijske tehnologije u socijalnom razvoju djece te skala obrazovnih politika. Rezultati provedenog istraživanja sugeriraju kako nastavnici, stručnjaci i studenti prepoznaju da robotika i informacijska tehnologija imaju pozitivan učinak na skali samoprocjene njihove uloge u kognitivnom, ali i u socijalnom razvoju djece. Ipak, stavovi nastavnika, stručnjaka i studenata bili su dosta podijeljeni kod pitanja o tome da li su robotika i informacijska tehnologija ometajući faktori u nastavi kod poučavanja/učenja djece kognitivnim vještinama. Rezultati skale obrazovne politike ukazuju na podijeljenost nastavnika, stručnjaka i studenata oko pitanja kada i na koji način uvesti robotiku u školski kurikulum.

Moguće je zaključiti kako se većina provedenih istraživanja podudara s rezultatima istraživanja u sklopu ovog rada. U skladu s prethodno navedenim, stavovi i iskustva nastavnika, stručnjaka i studenata su općenito pozitivna glede primjene robotike i informacijske tehnologije u obrazovanju, a to je u skladu s rezultatima drugih istraživanja. Najviše podijeljenosti iskazali su kod pitanja o tome da li robotika i informacijska tehnologija više ometaju nego doprinose kognitivnim vještinama djece. Isto tako, velika većina nastavnika, stručnjaka i studenata nije bilo sigurno da li bi se robotika i informacijska tehnologija trebale uvesti u škole kao obavezni

predmeti, niti da li bi se teme navedenih područja trebale obrađivati kroz postojeće obavezne predmete. Ovi rezultati su u skladu s rezultatima prethodnih istraživanja. S druge strane, nastavnici, stručnjaci i studenti zainteresirani su za sudjelovanje u seminarima iz područja robotike. Ističu se zanimljivi rezultati dobiveni kod samoprocjene stupnja slaganja ispitanika s tvrdnjom da robotika i informacijska tehnologija djeluju više kao ometajući faktor nego faktor koji doprinosi kognitivnim vještinama učenika. Krajnje vrijednosti, „uopće se ne slažem“ i „u potpunosti se slažem“, imale su najveći postotak odgovora nastavnika, stručnjaka i studenata. Možemo reći da se ovi rezultati podudaraju s rezultatima drugih istraživanja, s obzirom da postoje istraživanja koja zagovaraju stavove obiju vrijednosti.

## Sažetak

Tehnologija čini veliki dio čovjekova života, a veliki utjecaj ima i u obrazovanju. U školstvu se kontinuirano uvode inovativne metode i alati za podučavanje/učenje. Umjetna inteligencija već je u velikoj mjeri prisutna u obrazovanju, a robotika i informacijska tehnologija se kao dio nje već polako implementiraju obrazovni sustav. Prethodno provedena istraživanja ukazala su da umjetna inteligencija i obrazovna robotika imaju brojne prednosti za učenike i nastavnike, a i da oni iskazuju zadovoljstvo rada s njima. Problem istraživanja vezuje se uz umanjenu prisutnost robotike u kurikulumu škole. Učenici tako nemaju mogućnost razvijanja kompetencija za rad s robotima, a samim time nisu ni dovoljno educirani o robotici da bi mogli raditi u tom području ili ju podučavati. Za ovaj rad je značajno pitanje samoprocjene uloge robotike i informacijske tehnologije u kognitivnom i socijalnom razvoju djece, te samoprocjene vezane uz obrazovne politike. S tom svrhom je provedeno istraživanje kojim se željelo ispitati stavove i iskustva nastavnika, stručnjaka i studenata u radu i učenju s edukativnim robotima. Rezultati sugeriraju da ispitanici prepoznaju korist primjene robotike i informacijske tehnologije u obrazovanju za kognitivni i socijalni razvoj učenika. Kod skale obrazovnih politika, zamijećena je podijeljenost ispitanika oko pitanja kada i na koji način uvesti robotiku u kurikulum.

**Ključne riječi:** edukativni roboti, kurikulum, robotika, STEM, stručnjaci područja robotike

## **Abstract**

Technology makes up a large part of a person's life and therefore has a significant influence on education as well. The educational system continuously implements innovative methods and tools for teaching/learning. Artificial intelligence is already present to a great extent in education, so robotics and information technology, as a part of it, are slowly being implemented in the education system. Previously conducted research has shown that artificial intelligence and educational robotics have numerous advantages for students and teachers and that they express the satisfaction of working with them. The research problem is related to the rare presence of robotics in the school curriculum. Thus, students do not have the opportunity to develop competencies for working with robots, so they have insufficient knowledge about robotics that would enable them to work in that field or teach about it. For this research paper, the question of significance is the participants' self-assessment of the role of robotics and information technology in children's cognitive and social development and the self-assessment related to educational policies. For this purpose, this research aimed to examine the attitudes and experiences of teachers, experts, and students in working and learning with educational robots. The results suggest that the participants recognize the benefit of implementing robotics and information technology in education for the children's cognitive and social development. Furthermore, on the scale related to the educational policies, participants' opinions differ on when and how to introduce robotics into the curriculum.

**Key words:** curriculum, educational robots, robotics, robotics experts, STEM



## Literatura

- Adil, M. (2021). *Top 10 Negative Effects of Artificial Intelligence in Education*. <https://techstonz.com/negative-effects-artificial-intelligence-education/>. Pristupljeno 31. srpnja 2022.
- Albogamy, F. R., Alotaibi, T., Alhawdan, G. i Faisal, M. (2021). SRAVIP: Smart Robot Assistant for Visually Impaired Persons. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12 (7), 345 – 352. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120739>
- Anderson, S. L. (2008). Asimov's "Three Laws of Robotics" and Machine Metaethics, *AI & Soc*, 22 (4), 477 – 493. <https://doi.org/10.1007/s00146-007-0094-5>
- Baidowi, Z. M. P. A., Noh, N. M. i Noh, N. A. M. (2013). A Study on the Significance of Students' Thinking Level to Students' Performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 90, 914 – 922. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.168>
- Balasuriya, S. S., Sitbon, L., Brereton, M. i Koplick, S. (2019). How can social robots spark collaboration and engagement among people with intellectual disability? *OZCHI'19: Proceedings of the 31st Australian Conference on Human-Computer-Interaction*, 209 – 220. <https://doi.org/10.1145/3369457.3370915>
- Baylor, A. (1999). Intelligent Agents as Cognitive Tools for Education. *Educational Technology*, 39 (2), 36–40. <http://www.jstor.org/stable/44428519>
- Benčak, N. (2021). *Robotika u obrazovanju* (Diplomski rad). Zagreb, HR: Učiteljski fakultet. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:147:698910>
- Birk, A. (2011). What Is Robotics? An Interdisciplinary Field Is Getting Even More Diverse. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 18 (4), 94–95. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6096015>
- Blažević, I. i Klein, N. (2022). Digital Media And Internet Safety Among Primary School Students During the Covid-19 Pandemic. *Journal of Elementary Education*, 15 (2), 127 – 144. DOI: 10.18690/rei.15.2.127-144.2022

- Brlek, V. i Oreški, P. (2020). Edukativni roboti i njihova primjena u obrazovanju. *Hrvatski sjever: književnost, kultura, znanost*, 15 (54), 115 – 143. <https://www.bib.irb.hr/1113057>
- Brown, L., Kerwin, R. i Howard, A. M. (2013). Applying Behavioral Strategies for Student Engagement Using a Robotic Educational Agent. *2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 4360–4365. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6722497>
- Bulić, M. i Blažević, I. (2020). The impact of online learning on student motivation in science and biology classes. *Journal of Elementary Education*, 13 (1), 73 – 87. <https://doi.org/10.18690/rei.13.1.73-87.2020>
- Bulić, M. i Blažević, I. (2022). Challenges of Nature and Biology Online Learning for Students with Disabilities: A Mixed Methodology Approach. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21 (4), 255 – 275. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.4.15>
- Buljubašić-Kuzmanović, V. (2009). Kooperativno učenje kao indikator kvalitete odgoja i obrazovanja. *Život i škola, LV* (21.), 50 – 57. <https://hrcak.srce.hr/37081>
- California State University Fullerton (n.d.). *HOW THE iTUFFY CHATBOT CREATED A NEW PLATFORM FOR UNIVERSITY INFORMATION*. <https://events.educause.edu/~media/files/events/user-uploads-folder/e17/ps177/educause-flyer--ituffy.pdf>. Pristupljeno 30. srpnja 2022.
- Chaudhry, M. A. i Kazim, E. (2022). Artificial Intelligence in Education (AIEd): a high-level academic and industry note 2021. *AI Ethics*, 2 (1), 157–165. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00074-z>
- Contact North | Contact Nord (2018). *Ten Facts About Artificial Intelligence*. <https://teachonline.ca/tools-trends/ten-facts-about-artificial-intelligence>. Pristupljeno 6. siječnja 2022.
- Croatian Makers (n.d.). <https://croatianmakers.hr/hr/naslovnica/>. Pristupljeno 7. kolovoza 2022.

- Cuzzolin, F., Sahakian, B. J., Cirstea, B. i Langley, C. (2022). Theory of Mind in Humans and in Machines. *Frontiers in Computational Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/frai.2022.917565>
- Das, N. (2018). *Advantages and disadvantages of Expert Systems*. <https://www.ilearnlot.com/expert-system-advantages-disadvantages/34332/>. Pristupljeno 28. srpnja 2022.
- Denis, B. i Hubert, S. (2001). Collaborative learning in an educational robotics environment. *Computers in Human Behavior*, 17 (5-6), 465 – 480. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(01\)00018-8](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(01)00018-8)
- DW (2019). *Meet Germany's First Robot Lecturer*. <https://www.dw.com/en/meet-germanys-first-robot-lecturer/av-47653794>. Pristupljeno 4. kolovoza 2022.
- Elias (n.d.). *Elias Robot*. <https://www.eliasrobot.com/>. Pristupljeno 4. kolovoza 2022.
- Europski gospodarski i socijalni odbor (2017). Mišljenje Europskoga gospodarskog i socijalnog odbora – Umjetna inteligencija – posljedice umjetne inteligencije za jedinstveno (digitalno) tržište, proizvodnju, potrošnju, zapošljavanje i društvo. *Službeni list Europske unije*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A52016IE5369>
- FIRST LEGO League Croatia (n.d.). <https://fllcroatia.org/>. Pristupljeno 31. kolovoza 2022.
- Fox, B. (2017). *Is Wolfram Alpha Better Than Google? | Noplag Review*. <https://medium.com/@braydenfox/is-wolfram-alpha-better-than-google-noplag-review-e78150194c0>. Pristupljeno 28. srpnja 2022.
- Grad, P. (2020). *Google introduces real-time extended voice translation*. <https://techxplore.com/news/2020-03-google-real-time-voice.html>. Pristupljeno 6. siječnja 2022.
- Guilherme, A. (2019). AI and education: the importance of teacher and student relations. *AI & Soc*, 34 (1), 47 – 54. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00146-017-0693-8>
- Haag, S. i Cummings, M. (2012). *Loose Leaf for Management Information Systems for the Information Age*. New York, NY: McGraw-Hill Education.

- Hintze, A. (2016). *Understanding the Four Types of Artificial Intelligence*. <https://www.govtech.com/computing/understanding-the-four-types-of-AI.html>.  
Pristupljeno 27. veljače 2022.
- History Computer Staff (2021). *Logic Theorist Explained – Everything You Need To Know*. <https://history-computer.com/logic-theorist/>. Pristupljeno 4. ožujka 2022.
- Holmes, W., Bialik, M. i Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and learning*. Boston, MA: Center for Curriculum Redesign.
- Hruškovec, I. (2015). *STEMI je hrvatski robot-pauk kojeg će moći izrađivati i djeca*. <https://www.24sata.hr/tech/stemi-je-hrvatski-robot-pauk-kojeg-ce-moci-izraivati-i-djeca-443791>. Pristupljeno 1. kolovoza 2022.
- Hrvatska zajednica tehničke kulture (n.d.). <https://www.hztk.hr/>. Pristupljeno 7. kolovoza 2022.
- IBM Cloud Education (2020). *What is Artificial Intelligence (AI)?* <https://www.ibm.com/uk-en/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence>. Pristupljeno 26. lipnja 2022.
- IRIM (n.d.). <https://izradi.croatianmakers.hr/>. Pristupljeno 04. kolovoza 2022.
- Juršić, I. (2020). *Utjecaj umjetne inteligencije na obrazovni sustav (Završni rad)*. Pula, HR: Fakultet ekonomije i turizma Dr. Mijo Mirković. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:323343>
- Karácsonyi, D. (2020). *Umjetna inteligencija i digitalni asistenti u nastavi (Diplomski rad)*. Zagreb, HR: Filozofski fakultet. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:131:464042>
- Karandish, D. (2021). *7 Benefits of AI in Education*. <https://thejournal.com/articles/2021/06/23/7-benefits-of-ai-in-education.aspx>. Pristupljeno 31. srpnja 2022.
- Keane, T., Chalmers, C., Williams, M. i Bodén, M. (2016). The impact of humanoid robots on students' computational thinking. *Australian Council for Computers in Education 2016 Conference: Refereed Proceedings*, 93 – 102. <https://www.ais.sa.edu.au/wp-content/uploads/2022/08/The-Impact-of-humanoid-robots-on-students-computational-thinking.pdf>

- Kengam, J. (2020). *ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION*.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16375.65445>
- Kerns, J. (2017). *What's the Difference Between Weak and Strong AI?*  
<https://www.machinedesign.com/markets/robotics/article/21835139/whats-the-difference-between-weak-and-strong-ai>. Pristupljeno 27. veljače 2022.
- Kovačić, Z., Bogdan, S. i Krajči, V. (2002). *Osnove robotike*. Zagreb, HR: Graphis.
- Kumar, S. (2019). *Advantages and Disadvantages of Artificial Intelligence*.  
<https://towardsdatascience.com/advantages-and-disadvantages-of-artificial-intelligence-182a5ef6588c>. Pristupljeno 31. srpnja 2022.
- Lapov-Padovan, Z. (2017). *Razvoj kurikuluma izborne nastave robotike u osnovnoškolskoj nastavi tehničke kulture* (Diplomski rad). Rijeka, HR: Filozofski fakultet u Rijeci.  
<https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:186:277431>
- Lee, S., Noh, H., Lee, J., Lee, K. i Lee, G. G. (2010). *Cognitive Effects of Robot-Assisted Language Learning on Oral Skills*. [http://isoft.postech.ac.kr/publication/iconf/islsw10\\_lee.pdf](http://isoft.postech.ac.kr/publication/iconf/islsw10_lee.pdf)
- Lendvaj, V. (2017). *Zašto korisnim BBC micro:bit kao temelj za razvoj digitalnih kompetencija?*  
<https://www.jutarnji.hr/naslovnica/strucnjak-za-poucavanje-djece-u-stem-podrucju-za-jutarnji-zasto-koristimo-bbc-microbit-kao-temelj-za-razvoj-digitalnih-kompetencija-6666570>. Pristupljeno 7. kolovoza 2022.
- Lenić, M. (2021). *Edukacijski roboti* (Diplomski rad). Pula, HR: Fakultet informatike.  
<https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:434649>
- MakeX (n.d.). <https://www.makex.cc/en>. Pristupljeno 7. kolovoza 2022.
- Marr, B. (2019). *The Amazing Ways Chinese Face Recognition Company Megvii (Face++) Uses AI And Machine Vision*. <https://bernardmarr.com/the-amazing-ways-chinese-face-recognition-company-megvii-face-uses-ai-and-machine-vision/>. Pristupljeno 28. srpnja 2022.
- McFarland, A. (2022). *10 Best AI Tools for Education*. <https://www.unite.ai/10-best-ai-tools-for-education/>. Pristupljeno 30. srpnja 2022.

- Mijić, N. (2019). *Umjetna inteligencija – modeli učenja* (Završni rad). Slavonski Brod, HR: Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti u Slavonskom Brodu. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:141:203959>
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Mahmud, A. A. i Dong, J. J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Journal of Technology in Education and Learning*, 1(209-0015), 13, 1-7. <https://doi.org/10.2316/Journal.209.2013.1.209-0015>
- Musić, J., Bonković, M., Kružić, S., Marasović, T., Papić, V., Kostova, S., Dimitrova, M., Saeva, S., Zamfirov, M., Kaburlasos, V., Vrochidou, E., Papakostas, G. i Pachidis, T. (2020). Robotics and information technologies in education: four countries from Alpe-Adria-Danube Region survey. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 749 – 771. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09631-9>
- MZO (2018). *Kurikulum nastavnoga predmeta Informatika za osnovne škole i gimnazije*. <https://mzo.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/Publikacije/Predmetni/Kurikulum%20nastavnog%20predmeta%20Informatika%20za%20osnovne%20skole%20i%20gimnazije.pdf>. Pristupljeno 6. kolovoza 2022.
- MZO (2019). *Kurikulum nastavnoga predmeta Tehnička kultura za osnovne škole*. <https://mzo.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/Publikacije/Predmetni/Kurikulum%20nastavnoga%20predmeta%20Tehnicka%20kultura%20za%20osnovne%20skole.pdf>. Pristupljeno 5. kolovoza 2022.
- Nikolić, G. (2016). Robotska edukacija: „Robotska pismenost“ ante portas?. *Andragoški glasnik*, 20 (Broj 1-2 (35)), 25 – 57. <https://hrcak.srce.hr/173601>.
- Osnovna škola „Mejaši“ Split (n.d.). *Klub mladih tehničara: Robotika*. <http://os-mejasi-st.skole.hr/nastava/aktivnosti/robotika>. Pristupljeno 7. kolovoza 2022.
- Pashevich, E. (2022). Can communication with social robots influence how children develop empathy? Best-evidence synthesis. *AI & Soc*, 37, 579–589. <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01214-z>

- Pei, Z. i Nie, Y. (2018). Educational Robots: Classification, Characteristics, Application Areas and Problems. *2018 Seventh International Conference of Educational Innovation through Technology (EITT)*, 57 – 62. <https://doi.org/10.1109/EITT.2018.00020>
- Piperčević, M. (2018). *Programiranje mikroracunala i robotika u programu osnovnog obrazovanja* (Završni rad). Pula, HR: Fakultet informatike u Puli. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:693940>
- Pires, E. M., Vital, L. V., Alves, C. i Gomez, A. S. (2011). Voice interfaces for real-time translation of common tourist conversation. In *Proceedings of the 10th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems and the 5th Latin American Conference on Human-Computer Interaction (IHC+CLIHC '11)*, 232-236. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/2254436.2254476>
- Prasad, R., Krstovski, K., Choi, F., Saleem, S., Natarajan, P., Decerbo, M., i Stallard, D. (2007). Real-Time Speech-to-Speech Translation for PDAs. *2007 IEEE International Conference on Portable Information Devices*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/PORTABLE.2007.23>
- Raguž, R. (2019). *Primjena robotike u osnovnoj školi* (Diplomski rad). Pula, HR: Fakultet informatike u Puli. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:671702>
- Ruiz Rey, F. J., Hernández Hernández, P. i Cebrián de la Serna, M. (2018). *Programación y robótica educativa: enfoque didáctico-técnico y experiencias de aula*. <https://doi.org/10630/15784>
- Russell, S. i Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4<sup>th</sup> Edition*. Hoboken, NJ: Pearson.
- Saerbeck, M., Schut, T., Bartneck, C. i Janse, M. D. (2010). Expressive robots in education: varying the degree of social supportive behavior of a robotic tutor. *CHI '10: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1613 – 1622. <https://doi.org/10.1145/1753326.1753567>
- Screpanti, L., Cesaretti, L., Storti, M. i Scaradozzi, D. (2021). Educational Robotics and Social Relationships on the Classroom. U: Scaradozzi, D., Guasti, L., Di Stasio, M., Miotti, B., Monteriù, A. i Blikstein, P. (ur.), *Makers at School, Educational Robotics and Innovative*

- Learning Environments. Lecture Notes in Networks and Systems*, 240, 195 – 203. CH, Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-77040-2\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77040-2_26)
- Shultz, A. C. (1994). *Learning Robot Behaviors Using Genetic Algorithms*, 1-6. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.54.6369>
- Smakman, M. H. J., Konijn, E. A. i Vogt, P. A. (2022). Do Robotic Tutors Compromise the Social-Emotional Development of Children? *Frontiers in robotics and AI*, 9, 1 – 12. <https://doi.org/10.3389/frobt.2022.734955>
- Sullivan, A. i Umaschi Bers, M. (2015). Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade. *International Journal of Technology and Design Education*, 26, 3-20. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>
- Swain, A. (2020). *Advantages and Challenges of AI in Education for Teachers and Schools*. <https://www.robotlab.com/blog/advantages-and-challenges-of-ai-in-education-for-teachers-and-schools>. Pristupljeno 31. srpnja 2022.
- Šikić, L. (2021). *Umjetna inteligencija u visokom obrazovanju* (Diplomski rad). Zagreb, HR: Filozofski fakultet. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:131:096741>
- Team Leverage Edu (2022). *Finland Education System*. <https://leverageedu.com/blog/finland-education-system/>. Pristupljeno 4. kolovoza 2022.
- Tech Might (2021). *What is ROBOTICS / Robotics Explained*. <https://www.youtube.com/watch?v=htjRUL3neMg>. Pristupljeno 1. kolovoza 2022.
- Tesla (n.d.). *Autopilot*. [https://www.tesla.com/hr\\_HR/autopilot](https://www.tesla.com/hr_HR/autopilot). Pristupljeno 4. ožujka 2022.
- Thomson, E. A. (2001). *MIT team building social robot*. <https://news.mit.edu/2001/kismet>. Pristupljeno 27. veljače 2022.
- Turing, A. M. (1948). Intelligent Machinery. U: B. Jack Copeland (ur.), *The essential Turing: seminal writings in computing, logic, philosophy, artificial intelligence, and artificial life, plus the secrets of Enigma* (395-432). NY: Oxford University Press Inc. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198250791.003.0016>



- Turing, A. M. i Copeland, B. J. (2004). *The essential Turing: seminal writings in computing, logic, philosophy, artificial intelligence, and artificial life, plus the secrets of Enigma*. Oxford, NY: Clarendon Press; Oxford University Press.
- Udruga „Inovatic“ (n.d.). <https://udruga-inovatic.hr/>. Pristupljeno 7. kolovoza 2022.
- UNESCO IITE (2020). *AI in Education: Change at the Speed of Learning*. <https://iite.unesco.org/publications/ai-in-education-change-at-the-speed-of-learning/>. Pristupljeno 30. srpnja 2022.
- Urgen, B. A., Güneysu, İ., Yılmaz, S., Cerrahoğlu, B. i Dinçer, E. (2020). Do Robots Distract us as much as Humans? The Effect of Human-like Appearance and Perceptual Load. *HRI '20: Companion of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 493 – 495. <https://doi.org/10.1145/3371382.3378274>
- Vadapalli, P. (2021). *Genetic Algorithm in Artificial Intelligence: Overview, Benefits & Key Terminologies*. <https://www.upgrad.com/blog/genetic-algorithm-in-ai/>. Pristupljeno 26. lipnja 2022.
- Van den Berghe, R., Verhagen, J., Oudgenoeg-Paz, O., van der Ven, S. i Leseman, P. (2019). Social Robots for Language Learning: A Review. *Review of Educational Research*, 89 (2), 259 – 295. <https://doi.org/10.3102/0034654318821286>
- Yousif, M. J. (2021). Humanoid Robot Enhancing Social and Communication Skills of Autistic Children: Review. *Artificial Intelligence & Robotics Development Journal*, 1 (2), 80 – 92. <https://doi.org/10.52098/airdj.202129>
- Wainer, J., Ferrari, E., Dautenhahn, K. i Robins, B. (2010). The effectiveness of using a robotics class to foster collaboration among groups of children with autism in an exploratory study. *Personal and Ubiquitous Computing*, 14 (5), 445 – 455. <https://doi.org/10.1007/s00779-009-0266-z>
- Woods, D. R., Hrymak, A. N., Marshall, R. R., Wood, P. E., Crowe, C. M., Hoffman, T. W., Wright, J. D., Taylor, P. A., Woodhouse, K. A. i Bouchard, C. G. K. (1997). Developing Problem Solving Skills: The McMaster Problem Solving Program. *Problem Solving*

*Program. Journal of Engineering Education*, 86 (2), 75–91.  
<https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1997.tb00270.x>

Woolf, B. P. (2015). AI and Education: Celebrating 30 Years of Marriage. *AIED Workshop Proceedings*, 4, 38-47. <http://users.sussex.ac.uk/~bend/aied2015/Woolf-30years-plain.pdf>

World Bank Group – Morrica, V., Sharafudheen, T., Corral, R., Paul, A., Casabonne, U. i Boehmova, Z. (2019). *Ulaganje u jednake mogućnosti za sve: Analiza rodne ravnopravnosti u Hrvatskoj*. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/464521575997523254/investing-in-opportunities-for-all-croatia-country-gender-assessment>

# Prilozi

## *Popis slika:*

Slika 1. Vremenska crta razvoja umjetne inteligencije (Karácsonyi, 2020).....	7
Slika 2. Izgled glavnog sučelja KidSim programa ( <a href="http://acypher.com/Publications/CACM/KidSimCACM.html">http://acypher.com/Publications/CACM/KidSimCACM.html</a> ) .....	16
Slika 3. Prikaz objašnjenja pravila za majmuna u KidSim programu ( <a href="http://acypher.com/Publications/CACM/KidSimCACM.html">http://acypher.com/Publications/CACM/KidSimCACM.html</a> ) .....	16
Slika 4. Prikaz dio rezultata za pitanje "Koji elementi se nalaze u periodnom sustavu?" .....	18
Slika 5. Primjer 3D scene iz geografije na temu zagađenja okoliša .....	19
Slika 6. Učenje o uvjetima života na Izzi .....	20
Slika 7. STEMI robot pauk ( <a href="https://www.vidilab.com teme/cool-prica/1536-stemi-robot-pauk-i-platforma-za-ucenje-i-inovaciju">https://www.vidilab.com teme/cool-prica/1536-stemi-robot-pauk-i-platforma-za-ucenje-i-inovaciju</a> ) .....	28
Slika 8. ASIMO humanoidni robot ( <a href="https://wonderfulengineering.com/new-version-of-asimo-released-by-honda-is-the-most-advanced-humanoid-robot-ever/">https://wonderfulengineering.com/new-version-of-asimo-released-by-honda-is-the-most-advanced-humanoid-robot-ever/</a> ) .....	29
Slika 9. QRIO humanoidni robot ( <a href="https://www.yougoodha.cf/ProductDetail.aspx?iid=151791743&amp;pr=49.88">https://www.yougoodha.cf/ProductDetail.aspx?iid=151791743&amp;pr=49.88</a> ).....	30
Slika 10. Robot CosmoBot i robot PARO .....	35
Slika 11. Robot Elias ( <a href="https://twitter.com/eliasrobotcom/status/918014948281864192">https://twitter.com/eliasrobotcom/status/918014948281864192</a> ) .....	38
Slika 12. Robot Yuki ( <a href="https://www.br.de/fernsehen/ard-alpha/sendungen/campus/roboter-yuki-ki-uni-marburg-professor-100.html">https://www.br.de/fernsehen/ard-alpha/sendungen/campus/roboter-yuki-ki-uni-marburg-professor-100.html</a> ).....	39
Slika 13. mBot robot (IRIM, n.d.) .....	40
Slika 14. Program semafor (Brlek i Oreški, 2020) .....	41
Slika 15. Primjer ishoda u domeni Tvorevine tehnike i tehnologije (MZO, 2019) .....	43
Slika 16. Primjer ishoda u domeni Informacije i digitalna tehnologija (MZO, 2018).....	44
Slika 17. STEM auto (Croatian Makers, n.d.) .....	50
Slika 18. 3. kolo Croatian Makers lige 2019./20. (Croatian Makers, n.d.).....	51
Slika 19. Robokup natjecanje (Hrvatska zajednica tehničke kulture, n.d.) .....	53
Slika 20. MakeX natjecanje (Croatian Makers, n.d.).....	54
Slika 21. FIRST LEGO League (FIRST LEGO League Croatia, n.d.) .....	54

Slika 22. Prikaz rezultata – „R & IT mogu doprinijeti razvoju vizualne orijentacije i vještini kretanja“ .....	59
Slika 23. Prikaz rezultata – „R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju logičkih operacija i rješavanju jednostavnih logičkih zadataka“ .....	60
Slika 24. Prikaz rezultata – „R & IT mogu doprinijeti razvoju vještina samoupravljanja (samostalnosti, kompetencija, uspostavljanju odnosa)“ .....	61
Slika 25. Prikaz rezultata – „R & IT više ometaju nego doprinose razvoju kognitivnih sposobnosti kod djece“ .....	63
Slika 26. Prikaz rezultata – „R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju vještine planiranja i organiziranja aktivnosti“ .....	64
Slika 27. Prikaz rezultata – „Koju vrstu robota smatrate najprikladnijom za podučavanje djece kognitivnim vještinama?“ .....	65
Slika 28. Prikaz rezultata – „R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju konverzijskih vještina“ .....	67
Slika 29. Prikaz rezultata – „R & IT mogu pospješiti kooperativnu igru“ .....	68
Slika 30. Prikaz rezultata – „R & IT mogu doprinijeti razvoju empatije i unaprjeđivanja emocionalne inteligencije kod djece“ .....	69
Slika 31. Prikaz rezultata – „R & IT više ometaju nego doprinose razvoju socijalnih vještina kod djece“ .....	70
Slika 32. Prikaz rezultata – „Roboti i informacijska tehnologija mogu doprinijeti razvoju vještina samoupravljanja (samostalnosti, kompetencija, uspostavljanju odnosa)“ .....	72
Slika 33. Prikaz rezultata – „Koju vrstu robota smatrate najprikladnijom za podučavanje djece socijalnim vještinama?“ .....	73
Slika 34. Prikaz rezultata – „Robotika bi trebala biti obavezni predmet u školama“ .....	75
Slika 35. Prikaz rezultata – „R & IT teme bi trebale biti dio postojećih obaveznih predmeta u školama“ .....	76
Slika 36. Prikaz rezultata – „Koja bi, po Vašem mišljenju, bila najprikladnija dob za uvođenje nastave robotike i informacijskih tehnologija?“ .....	77
Slika 37. Prikaz rezultata – „Jeste li zainteresirani za sudjelovanje u seminarima iz područja robotike?“ .....	78

## ***Popis tablica:***

Tablica 1. Frekventnost odgovora na pitanje “Navedite načine edukacije iz područja robotike te koliko ih je bilo u Vašem dosadašnjem radu?” ..... 57

## ***Upitnik:***

Poštovani nastavnici, stručnjaci i studenti,

pred Vama se nalazi upitnik kojem je cilj ispitati Vaša mišljenja i stavove o robotici i informacijskoj tehnologiji u obrazovanju. Anketa je dobrovoljna i u potpunosti anonimna, a za njeno ispunjavanje potrebno je tek nekoliko minuta. Prikupljeni podaci iskoristit će se u svrhu izrade diplomskog rada na Odsjeku za pedagogiju Filozofskog fakulteta u Splitu.

Molim Vas da pažljivo pročitate pitanja i iskreno ispunite upitnik jer nas zanima Vaše mišljenje i iskustvo o ovoj temi. Svojim iskrenim odgovorima pomoći ćete nam u boljem razumijevanju područja koje želimo istražiti.

Unaprijed hvala na suradnji!

### **I. dio – Opća pitanja**

#### **1. Spol:**

- Žensko
- Muško

#### **2. Godine:**

- do 30
- 31 – 50
- 51 ili više

**3. Godine radnog staža:**

- do 5
- 6 – 20
- 21 ili više
- student/-ica

**4. Koliko dugo ste uključeni u područje robotike i/ili informacijske tehnologije?**

- 0 – 1 godinu
- 2 – 5 godina
- 6 – 10 godina
- 11 ili više godina

**5. Koja je Vaša stručna sprema (ili će biti)?**

- VŠS
- VSS
- magistar/doktor znanosti

**6. Vi ste:**

- učitelj razredne nastave s pojačanim programom iz nastavnoga programa Informatike
- učitelj predmetne nastave – Informatika
- učitelj u školi sa završenim programom Pedagoško-psihološkog-didaktičko-metodičkog oblikovanja
- stručnjak područja koji ne radi u školi (provodi edukacije iz područja robotike)
- student/-ica

**7. Radite u:**

- osnovnoj školi
- srednjoj školi
- student/-ica
- Ostalo (navedite): \_\_\_\_\_

**8. Radite u:**

- gradu
- selu
- student/-ica

**9. Napredovanje u zvanju:**

- mentor
- savjetnik
- izvrsni savjetnik
- nemam zvanje

**10. Navedite načine edukacije iz područje robotike te koliko ih je bilo u Vašem dosadašnjem radu.**

---

---

---

---

---

---

**11. Jeste li se tijekom Vašeg formalnog obrazovanja educirali iz područja robotike?**

Da

Ne

**II. dio – Uloga robotike i informacijskih tehnologija (R & IT) u kognitivnom razvoju djece**

*Ovim dijelom upitnika želimo ispitati vaše stavove o mogućnostima većeg korištenja robota i informacijskih tehnologija u razvijanju kognitivnih vještina kod djece. Pročitajte svaku tvrdnju i zaokružite jedan od ponuđenih brojeva za koji smatrate da najbolje opisuje Vaš stav.*

*Brojevi imaju sljedeće značenje:*

*1 - uopće se ne slažem*

*2 - uglavnom se ne slažem*

*3 - niti se slažem, niti se ne slažem*

*4 - uglavnom se slažem*

*5 - u potpunosti se slažem*

**1. R & IT mogu doprinijeti razvoju vizualne orijentacije i vještini kretanja.**

uopće se ne  
slažem

1

uglavnom se ne  
slažem

2

niti se slažem  
niti se ne slažem

3

uglavnom se  
slažem

4

u potpunosti se  
slažem

5



**2. R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju matematičkog načina razmišljanja i rješavanja problema.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**3. R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju logičkih operacija i rješavanju jednostavnih logičkih zadataka.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**4. R & IT mogu doprinijeti procesima poučavanja/učenja kod djece s poteškoćama u učenju.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**5. R & IT mogu doprinijeti poučavanju/stjecanju vještina razvrstavanja (klasifikacije).**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**6. R & IT mogu doprinijeti razvoju vještina samoupravljanja (samostalnosti, kompetencija, uspostavljanju odnosa).**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	niti se slažem niti se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**7. R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju vještine usmjeravanja pažnje.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	niti se slažem niti se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**8. R & IT više ometaju nego što doprinose razvoju kognitivnih sposobnosti kod djece.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	niti se slažem niti se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**9. R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju vještine planiranja i organiziranja aktivnosti.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	niti se slažem niti se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**10. Roboti i informacijska tehnologija mogu doprinijeti lakšem pamćenju nastavnih materijala.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit i se slažem nit i se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**11. Koju vrstu robota smatrate najprikladnijom za poučavanje djece kognitivnim vještinama?**

- Humanoidne robote (robote koji izgledom oponašaju osnovni oblik i funkcije ljudskog tijela)
- Androidne robote (roboti koji su dizajnirani tako da u potpunosti nalikuju ljudskim bićima)
- Apstraktne robote (sve ostale robote)

**III. dio – uloga R & IT u socijalnom razvoju djece**

*Ovim dijelom upitnika želimo ispitati vaše stavove o mogućnostima većeg korištenja robota i informacijskih tehnologija pri podučavanju djece socijalnim vještinama. Pročitajte svaku tvrdnju i zaokružite jedan od ponuđenih brojeva za koji smatrate da najbolje opisuje Vaš stav.*

*Brojevi imaju sljedeće značenje:*

*1 - uopće se ne slažem*

*2 - uglavnom se ne slažem*

*3 - nit i se slažem, nit i se ne slažem*

*4 - uglavnom se slažem*

*5 - u potpunosti se slažem*

**1. R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju konverzacijskih vještina.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**2. R & IT mogu pospješiti kooperativnu igru.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**3. R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju kako sklopiti i održati prijateljstvo.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**4. R & IT mogu doprinijeti razvoju empatije i unaprjeđivanja emocionalne inteligencije kod djece.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**5. R & IT mogu doprinijeti učenju kako regulirati vlastito ponašanje.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**6. R & IT mogu doprinijeti poučavanju/učenju vještina uspješnog razrješavanja sukoba.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**7. Roboti mogu poslužiti kao asistenti u nastavi koji djecu s teškoćama u razvoju podučavaju socijalnim vještinama.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**8. R & IT više ometaju nego što doprinose razvoju socijalnih vještina kod djece.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**9. R & IT mogu doprinijeti stjecanju vještina obavljanja nekoliko zadataka simultano.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**10. Roboti i informacijska tehnologija mogu doprinijeti razvoju vještina samoupravljanja (samostalnosti, kompetencija, uspostavljanju odnosa).**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	nit se slažem nit se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**11. Koju vrstu robota smatrate najprikladnijom za podučavanje djece socijalnim vještinama?**

- Humanoidne robote (robote koji izgledom oponašaju osnovni oblik i funkcije ljudskog tijela)
- Androidne robote (roboti koji su dizajnirani tako da u potpunosti nalikuju ljudskim bićima)
- Apstraktne robote (sve ostale robote)

#### IV. dio – Obrazovne politike

Pročitajte svaku tvrdnju i zaokružite jedan od ponuđenih brojeva za koji smatrate da najbolje opisuje Vaš stav.

Brojevi imaju sljedeće značenje:

1 - uopće se ne slažem

2 - uglavnom se ne slažem

3 - niti se slažem, niti se ne slažem

4 - uglavnom se slažem

5 - u potpunosti se slažem

#### 1. Bilo bi korisno uključiti studente (kao i starije, iskusnije učenike) u izvođenje nastave robotike.

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	niti se slažem niti se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

#### 2. Robotika bi trebala biti obavezni predmet u školama.

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	niti se slažem niti se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**3. Korištenje robota bi pospješilo nastavu informatike/programiranja.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	niti se slažem niti se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**4. R & IT teme bi trebale biti dio postojećih obaveznih predmeta u školama.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	niti se slažem niti se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**5. Robotima potpomognuto učenje bi doprinijelo podučavanju učenika koji pohađaju isti predmet, a imaju različite sposobnosti/talente.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	niti se slažem niti se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**6. Što smatrate prioritetom u R & IT obrazovanju?**

- obrazovanje u području robotike
- robotima potpomognuto učenje
- oboje
- nijedno



**7. Voljna/Voljan sam podučavati robotiku izvan redovite nastave.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	ni se slažem ni se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**8. Koja bi, po Vašem mišljenju, bila najprikladnija dob za uvođenje nastave robotike i informacijskih tehnologija?**

- manje od 8 godina starosti
- 8 – 9 godina starosti
- 10 – 11 godina starosti
- 12 – 13 godina starosti
- više od 13 godina starosti

**9. Koliko bi, prema Vašem mišljenju, školskih sati tjedno trebalo izdvojiti za nastavu iz robotike i informacijskih tehnologija?**

- 0
- 1
- 2
- više od 2 školska sata

**10. Potrebno mi je dodatno osposobljavanje kako bi mogla/mogao podučavati R & IT teme.**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	niti se slažem niti se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**11. Jeste li zainteresirani za sudjelovanje u seminarima iz područja robotike?**

uopće se ne slažem	uglavnom se ne slažem	niti se slažem niti se ne slažem	uglavnom se slažem	u potpunosti se slažem
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

**Molimo Vas da slobodno podijelite i sve drugo što smatrate bitnim za ovu temu, a što nije obuhvaćeno pitanjima u upitniku:**

---

---

---

---

---

---

SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FILOZOFSKI FAKULTET

**IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

kojom ja Dea Srdelić, kao pristupnica za stjecanje zvanja magistra/magistrice pedagogije i anglistike, izjavljujem da je ovaj diplomski rad rezultat isključivo mogega vlastitoga rada, da se temelji na mojim istraživanjima i oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio diplomskoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da nije prepisan iz necitiranoga rada, pa tako ne krši ničija autorska prava. Također izjavljujem da nijedan dio ovoga diplomskoga rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Split, 14. rujna 2022.

Potpis



**OBRAZAC I.P.****IZJAVA O POHRANI ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA U DIGITALNI  
REPOZITORIJ FILOZOFSKOG FAKULTETA U SPLITU**

STUDENT/ICA	Dea Srdelić
NASLOV RADA	Umjetna inteligencija u obrazovanju
VRSTA RADA	Diplomski rad
ZNANSTVENO PODRUČJE	Društvene znanosti
ZNANSTVENO POLJE	Pedagogija
MENTOR/ICA (ime, prezime, zvanje)	doc. dr. sc. Ines Blažević
KOMENTOR/ICA (ime, prezime, zvanje)	-
ČLANOVI POVJERENSTVA (ime, prezime, zvanje)	1. doc. dr. sc. Ines Blažević 2. prof. dr. sc. Ivana Batarelo Kokić 3. doc. dr. sc. Anita Mandarić Vukušić

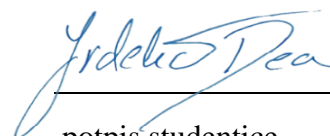
Ovom izjavom potvrđujem da sam autorica predanog završnog (diplomskog) rada i da sadržaj njegove elektroničke inačice u potpunosti odgovara sadržaju obranjenog i nakon obrane uređenog rada. Slažem se da taj rad, koji će biti trajno pohranjen u Digitalnom repozitoriju Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Splitu i javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, NN br. 123/03, 198/03, 105/04, 174/04, 02/07, 45/09, 63/11, 94/13, 139/13, 101/14, 60/15, 131/17), bude:

- a.) u otvorenom pristupu
- b.) rad dostupan studentima i djelatnicima Filozofskog fakulteta u Splitu
- c.) rad dostupan široj javnosti, ali nakon proteka 6/12/24 mjeseci (zaokružiti odgovarajući broj mjeseci)

U slučaju potrebe dodatnog ograničavanja pristupa Vašem ocjenskom radu, podnosi se obrazloženi zahtjev nadležnom tijelu u ustanovi.

Split, 14. rujna 2022.

mjesto, datum

  
potpis studentice