

Edukacijski roboti u obrazovanju

Mudri, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Filozofski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:142:048089>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



FILOZOFSKI FAKULTET
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

Repository / Repozitorij:

[FFOS-repository - Repository of the Faculty of Humanities and Social Sciences Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Filozofski fakultet Osijek

Dvopredmetni diplomski studij informacijskih tehnologija i nakladništva

Filip Mudri

Edukacijski roboti u obrazovanju

Diplomski rad

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Anita Papić

Osijek, 2024.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Filozofski fakultet

Odsjek za informacijske znanosti

Dvopredmetni diplomski studij informacijskih tehnologija i nakladništva

Filip Mudri

Edukacijski roboti u obrazovanju

Diplomski rad

Mentorica: Izv. prof. dr. sc. Anita Papić

Područje: društvene znanosti; Polje: informacijske i komunikacijske znanosti;

Grana: informacijski sustavi i informatologija

Osijek, 2024.

IZJAVA

Izjavljujem s punom materijalnom i moralnom odgovornošću da sam ovaj rad samostalno napisao/napisala te da u njemu nema kopiranih ili prepisanih dijelova teksta tuđih radova, a da nisu označeni kao citati s navođenjem izvora odakle su preneseni.

Svojim vlastoručnim potpisom potvrđujem da sam suglasan/suglasna da Filozofski fakultet u Osijeku trajno pohrani i javno objavi ovaj moj rad u internetskoj bazi završnih i diplomskih radova knjižnice Filozofskog fakulteta u Osijeku, knjižnice Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu.

U Osijeku 12.02.2024.

Filip Muehri, O122225871

Ime i prezime studenta, JMBAG

Sažetak

Rad donosi uvid u kratak pregled povijesnog razvoja robotike od sredine dvadesetog stoljeća do danas i njezinog razvoja do razine kada se počinje primjenjivati u pojedinim školama. Zatim se vrši pregled aktualnih robota i robotskih sustava koji se trenutno najviše koriste i koji su svojim značajkama ostvarili popularnost u školstvu. Također se objašnjava utjecaj tehnologije na obrazovanje te problemi koji nastaju prilikom uvođenja edukacijskih robota u nastavni proces. U radu se opisuju prednosti i nedostaci edukacijskih robota prvenstveno u obrazovanju. Zatim se vrši pregled istraživanja edukacijskih robota u svijetu i u Hrvatskoj. U empirijskom dijelu rada se provodi online anketni upitnik s ciljem istraživanja stavova, mišljenja i percepcije punoljetnih osoba unutar obrazovnog sustava prvenstveno studenata i nastavnika prema edukacijskim robotima. Istraživanje je omogućilo dobivanje uvida u prednosti i nedostatke edukacijskih robota, potencijalno najopasnije izazove koji bi se mogli pojaviti njihovim uvođenjem u formalno obrazovanje te percepciju o razvoju edukacijskih robota u budućnosti. Istraživanjima se utvrdilo da edukacijski roboti doprinose poboljšanju motivacije i zainteresiranosti za nastavni program, računalnom i logičkom razmišljanju te da smanjuju anksioznost i nesigurnost. S druge pak strane, istraživanjima je utvrđeno kako korištenje edukacijskih robota, ukoliko nema dovoljne uključenosti nastavnika i vršnjaka, dovodi do osjećaja usamljenosti te smanjenja emocionalnih, socijalnih i komunikacijskih vještina. Može se zaključiti da s uporabom edukacijskih robota, kao i sa svakom drugom tehnologijom, treba biti oprezan i ne dopustiti da edukacijski robot u potpunosti zamjeni nastavnika.

Ključne riječi: edukacijski roboti, nastavnici, obrazovanje, studenti

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Povijesni razvoj robotike	3
3. Pregled aktualnih robota u obrazovanju	5
3.1. Kategorije edukacijskih robota	5
3.2. Pregled popularnih robota i njihova primjena	8
3.3. Utjecaj tehnologije na obrazovanje	17
3.4. Poteškoće pri uvođenju edukacijskih robota u obrazovanje.....	19
4. Prednosti i nedostaci edukacijskih robota	21
5. Budućnost edukacijskih robota	23
6. Dosadašnja istraživanja o edukacijskim robotima	27
7. Istraživanje o edukacijskim robotima u obrazovanju	34
7.1. Cilj i istraživačka pitanja	34
7.2. Metodologija.....	34
7.3. Rezultati.....	35
7.4. Rasprava	41
8. Zaključak	47
9. Literatura.....	48
10. Prilozi	52

1. Uvod

Suvremeni svijet nepovratno je uveo tehnologiju u većinu aspekata ljudske svakodnevice, gdje ni obrazovanje nije iznimka. Tradicionalne metode poučavanja i prenošenja znanja nastale su prije više stotina ili tisuća godina u vremenu kada je život izgledao potpuno drugačije od onog kakav je danas. Takve metode više nisu ili su sve manje funkcionalne u društvu koje se brzo mijenja i ima znatno veće zahtjeve. Jedan od pokušaja pristupa ovom problemu su edukacijski roboti koji imaju potencijal iz temelja izmijeniti način na koji se u obrazovnom sustavu prenosi znanje.

U drugom poglavlju rada istražuje se zanimljivo područje edukacijskih robota pregledom njihove povijesti te utjecaj koji polako, ali sigurno dolazi u obrazovne institucije. Također, otkrivamo kako roboti ovakve vrste podučavaju na interaktivne načine te kako personaliziraju iskustvo učenja pojedinca. Dolazak edukacijskih robota na scenu može se pripisati spoju dviju različitih znanstvenih disciplina, robotike i obrazovne tehnologije. Robotika je, polako se razvijajući, prešla s malih ekrana u okviru znanstvene fantastike u opipljivu stvarnost primjenjivu na nebrojeno mnogo područja aktivnosti. Obrazovna tehnologija, s druge strane, ponudila je, poglavito za vrijeme pandemije COVID-19 virusa, digitalizaciju svih ili većine obrazovnih materijala.

U trećem poglavlju rada donosi se pregled aktualnih robota u obrazovanju. Značajna prednost edukacijskih robota nad materijalima za učenje je njihova mogućnost široke primjene i svestranosti. Postoje razni primjeri robota koji se mogu specijalizirati za raznolika područja poučavanja. Primjerice humanoidni robot *Nao*¹ kojeg se može programirati za različite potrebe, a u sebi sadrži mnoge senzore, kamere i mikrofone koji mu pomažu u navigaciji, snalaženju u prostoru i interakciji s ljudima. Uz humanoidne robote, postoje i kompleti koji služe za poticanje razmišljanja i rješavanja problema usko vezanih uz struku robotike ili inženjerstva poput *LEGO Mindstorms*².

Četvrto poglavlje donosi uvid u prednosti i nedostatke edukacijskih robota. Značajna odlika robota su njihova visoka prilagodljivost, pristupačnost te novi i zanimljivi način učenja i savladavanja poteškoća.

¹ Aldebaran. URL: [https://www.aldebaran.com/en/nao_\(2023-11-23\)](https://www.aldebaran.com/en/nao_(2023-11-23))

² LEGO. URL: [https://www.lego.com/en-us/themes/mindstorms_\(2023-11-23\)](https://www.lego.com/en-us/themes/mindstorms_(2023-11-23))

Peto poglavlje govori o budućnosti obrazovnih robota. Primjena robota u edukaciji više nije znanstvena fantastika niti udaljena budućnost. Ona je u svijetu već pokucala na vrata, a polako se bliži i prostoru Hrvatske, stoga je potrebno proučiti različite primjere primjene edukacijskih robota te proučiti pedagoške i društvene implikacije koje njihovo implementiranje u obrazovanje donosi.

Šesto poglavlje donosi uvid u pregled dosadašnjih istraživanja o edukacijskim robotima. U suvremeno doba, kada se identitet pojedinca gubi u masi, došlo je do izražene potrebe za personalizacijom primljenog sadržaja. Takav trend primjenjuje se na reklame koje pojedinac pronalazi na društvenim mrežama, na poklone koje dobije, ali i na obrazovanje koje dolazi. Edukacijski roboti vrlo dobro odgovaraju tom problemu. Tradicionalne metode podučavanja jednake su za sve bez obzira na potrebe ili mogućnosti pojedinca što nerijetko rezultira različitim tempom usvajanja gradiva te količinom usvojenog gradiva. Edukacijski roboti mogu prilagoditi vlastiti način podučavanja kako bi svaki pojedinac koji je u interakciji s robotima dobio personalizirani program učenja koji znatno povećava šanse savladavanja gradiva.

Sedmo poglavlje rada čini empirijski dio rada. Provodi se online anketni upitnik s ciljem istraživanja stavova, mišljenja i percepcije punoljetnih osoba unutar obrazovnog sustava prvenstveno studenata i nastavnika prema edukacijskim robotima. Istraživanje je omogućilo dobivanje uvida u prednosti i nedostatke edukacijskih robota, potencijalno najopasnije izazove koji bi se mogli pojaviti njihovim uvođenjem u formalno obrazovanje te percepciju o razvoju edukacijskih robota u budućnosti.

U osmom poglavlju predstavljaju se zaključna razmatranja o edukacijskim robotima.

2. Povijesni razvoj robotike

Prosječnoj osobi možda se čini kako se revolucija u području robotike počela odvijati tek nedavno, u zadnjih nekoliko godina. Popularizacijom umjetne inteligencije, izgradnjom gigantskih tvornica gdje je jedini čovjekov posao da nadzire i popravlja robota ako dođe do potrebe za tim ili televizijskih prikaza japanskih umirovljenika koji za jedinog prijatelja imaju malog kućnog robota ova grana postala je vidljiva cijelom svijetu. Međutim, revolucija u robotici odvija se posljednjih nekoliko desetljeća, ali daleko od očiju javnosti.

Razvoj svake pojedine vrste robota usmjeren je u obavljanje određene funkcije, odnosno zadatka koji bi zamijenio čovjeka zbog brzine, efikasnosti ili sigurnosti. Posljedično tome, većina robota koji se danas koriste nalaze se u industriji i istraživanjima. Među popularnijim vrstama robota su robotske ruke (eng. robot arms), hvataljke (eng. hands and grippers), pokretni (eng. hoppers and walkers), robotska vozila (eng. rovers and explorers) te roboti asistenti (eng. helpers and companions).³ Budući da su poslovi u tvornicama vrlo često repetitivni, uključuju podizanje teških tereta i zahtijevaju veliku brzinu, tvornice su se pokazale kao idealno okruženje za razvoj i implementaciju strojeva, odnosno robota. Prvi implementirani industrijski robot bio je *Unimate* (vidi Sliku 1.), instaliran u General Motors tvornici 1959. godine te je već kroz dvije godine postao prvi masovno proizveden robot za tvorničku automatizaciju, a razvio ga je američki izumitelj George Devol.⁴



Slika1. Prvi industrijski robot nazvan Unimate⁵

³ Ed-Thelen. URL: <https://ed-thelen.org/comp-hist/robots.html> (2023-11-25)

⁴ Automate. URL: https://www.automate.org/robotics/engelberger/joseph-engelberger-unimate_ (2023-11-25)

⁵ Automate. URL: <https://www.automate.org/robotics/engelberger/joseph-engelberger-unimate> (2023-11-25)

Ovakav trend proizvodnje popratili su i drugi masovni proizvođači te se popularnost robota ubrzano povećavala, a time se širila i njihova uporaba. Boljka početnih modela robota bila je njihova slaba fleksibilnost, nesigurna hidraulika te ih je bilo iznimno kompleksno za programirati. Ovaj problem riješen je izumom robotske ruke ASEA IRB-6 kojoj je glavna značajka bila jednostavnije programiranje, LED ekran i 16 kilobajta RAM-a.⁶

Svi napreci ovih robota bili su ograničeni po pitanju funkcionalnosti jer su imali ograničenu količinu ulaznih podataka (eng. input). Naime, sljedeći važan korak bio je omogućiti robotima da „vide“, da promatraju svijet oko sebe i na temelju viđenog, odnosno primljenih podataka, donesu zaključak. Za ovakav napredak potrebna je danas vrlo popularna umjetna inteligencija. U godinama kada se ovaj problem pojavio, umjetna inteligencija koristila se primarno za složeno rasuđivanje što je uključivalo igranje šaha ili rješavanje matematičkih teorija.⁷

Za rješavanje ove situacije General Motors je ponovno bio pionir implementirajući među svoje robote sustav Consight 1981. godine koji je omogućio robotima raspoznavanje nekolicine različitih dijelova automobila, pokupe ih i odlože na za to predviđeno mjesto.⁸ Kroz nadolazeće godine, svi aspekti robotike su napredovali i poboljšavali se. Novi materijali su izumljeni i primijenjeni, kamere su postale oštrije i preciznije, mikrofoni su dodani za primanje zvučnih podražaja, određeni roboti dobili su mogućnost kretanja, umjetna inteligencija je razvijana te se primjena robota naveliko proširila do toga da velik broj kućanstava danas posjeduje robota koji npr. usisava pod ili kosi travu.

Naravno, nemoguće je govoriti o razvoju robotike i umjetne inteligencije bez spominjanja Turingovog testa. Iako danas mnogi stručnjaci iz područja tvrde da Turingov test jednostavno nije najbolji način za mjerenje robotske inteligencije, test je svejedno ostavio iznimno dubok utjecaj na polje umjetne inteligencije jer se i dan danas često koristi. Test se sastoji od toga da odvojeni ispitivač, koji je stvarna osoba, unutar određenog vremena, mora razlikovati računalo od druge osobe temeljeći svoje mišljenje na odgovorima koje je dobio na pitanja koja je postavio.⁹ Do danas, nije poznat niti jedan robot ili umjetna inteligencija koja je prošla ovaj test.

⁶ History of Information. URL: [https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=4352_\(2023-11-25\)](https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=4352_(2023-11-25))

⁷ Hrvatska enciklopedija. URL: [https://www.enciklopedija.hr/clanak/umjetna-inteligencija_\(2023-11-25\)](https://www.enciklopedija.hr/clanak/umjetna-inteligencija_(2023-11-25))

⁸ Dodd, George G.; Rossol, L.. A Vision-Controlled Robot System for Transferring Parts from Belt Conveyors. // Computer Vision and Sensor-Based Robots / New York: Springer New York, 1979. 81-100.

⁹ Turing test. // Britannica, 1998. URL: [https://www.britannica.com/technology/Turing-test_\(2023-11-25\)](https://www.britannica.com/technology/Turing-test_(2023-11-25))

3. Pregled aktualnih robota u obrazovanju

Oštre kamere, uvođenje mikrofona, visoka programibilnost sustava, relativno niska cijena, laka dostupnost i ubrzan razvoj umjetne inteligencije uveo je robotiku u školske sustave, odnosno kao pomoć prilikom obrazovanja. Proizvodnja robota više nije rezervirana za multinacionalne tvrtke s godišnjim prometom od nekoliko milijardi dolara ili eura poput General Motorsa, već to sada mogu i manje, specijalizirane tvrtke koje se bave isključivo tom djelatnošću. Međutim, to nikako ne znači da velike tvrtke i dalje ne sudjeluju u ovom procesu i da ne pridonose daljnjem razvoju nove i poboljšanju tehnologije. Treba imati na umu kako je većina današnjih robota u obrazovanju namijenjena djeci starijoj od pet godina koja pohađaju osnovne škole.

3.1. Kategorije edukacijskih robota

Isto kao što je slučaj kod čovjeka, tako je gotovo nemoguće za jednog robota da bude izvrstan u svim područjima obrazovanja u kojima se koriste. Brzorastuća popularnost edukacijskih robota dovela je do njihove neizbježne specijalizacije za uska područja podučavanja. Specijalizacija robota uvelike doprinosi kvalitetnom prijenosu znanja između robota i čovjeka. Ako je robot specijaliziran, moguće je prilagoditi sve njegove fizičke i programske značajke kako bi podučavanje bilo što efikasnije.¹⁰

Mnogo je kriterija prema kojima se mogu stvoriti i podijeliti skupine edukacijskih robota, a da te skupine imaju smisla i prate logičan slijed. Do danas još uvijek nema jasne, službene podjele edukacijskih robota koja je općeprihvaćena u institucijama i znanstvenim krugovima. Srećom, postoje kategorije koje su popularnije i više prihvaćene od drugih pa će ovaj rad predstaviti jednu od takvih kategorizacija. Važno je napomenuti kako niti jedan način kategorizacije nije savršen niti konačan i uvijek može biti izmijenjen ili zamijenjen drugim, više upotrebljivim i optimiziranim načinom.¹¹

¹⁰ Pei, Zhenghua; Nie, Yong. Educational Robots: Classification, Characteristics, Application Areas and Problems. // International Conference of Educational Innovation through Technology (EITT), (2018). URL: [https://ieeexplore.ieee.org/document/8719451_\(2023-11-28\)](https://ieeexplore.ieee.org/document/8719451_(2023-11-28))

¹¹ Isto, str. 57

Budući da se radi o strojevima, zasigurno su među bitnijim stavkama prilikom izrade ili kupovine robota njihova pojavnost i funkcionalnost. Kada se radi o pojavnosti, obrazovni roboti se mogu podijeliti u virtualne robote i fizičke robote.¹²

Svaka skupina ima svojih prednosti i nedostataka. Prednosti virtualnih robota nad fizičkim su njihova niža cijena i kompleksnost održavanja te jednostavnija nabava uslijed nižih zahtjeva za potrebnom tehnologijom. Ovakvi roboti najčešće se pojavljuju kao platforme za učenje ili inovaciju i inovativne vježbe.¹³

S druge strane, fizički roboti su materijalni, puno su samostalniji i inteligentniji, mogu se doticati te pružati iskustvo interakcije. Fizički roboti najčešće se pojavljuju kao asistenti prilikom učenja, zamjenski učitelji ili kolege za učenje.¹⁴

Kada se radi o drugoj važnoj stavci prilikom odabira edukacijskog robota, funkcionalnosti, moguće ih je podijeliti u dvije vrste, roboti za disciplinsku primjenu i roboti za pružanje uputa. Robote za disciplinsku primjenu obilježava visoka razina sveobuhvatnosti i složenosti te se često na njih može gledati kao na skup najsuvremenijih dostignuća inženjerske zajednice. Ova vrsta robota nerijetko je povezana sa STEM područjima budući da većina robota za disciplinsku primjenu poučava sposobnosti rješavanja problema u području robotike, mehanike, dizajna, programiranja i sl. S druge strane, roboti za pružanje uputa koriste se kao pomoćni element u nastavi za produciranje zabavno-edukativnog sadržaja. Primjerice, moguće ih je primijeniti u obrazovanju djece s autizmom ili prilikom učenja jezika.¹⁵

Na temelju prethodnih kategorija, moguće je stvoriti četiri potkategorije koje će detaljnije razvrstati edukacijske robote koji se trenutno nalaze na tržištu. Te četiri potkategorije su sljedeće: inteligentni roboti asistenti, koji spadaju u skupinu virtualnih robota za pružanje uputa, specifični edukacijski roboti, koji spadaju u skupinu fizičkih robota za pružanje uputa, roboti virtualne stvarnosti iz skupine virtualnih disciplinskih robota i višenamjenski roboti iz skupine fizičkih disciplinskih robota.¹⁶

Inteligentne asistente uglavnom sačinjavaju sustavi za konverzaciju temeljeni na procesuiranju prirodnih jezika, a neke od funkcija koje obavljaju su semantičko prepoznavanje, emocionalna svijest te rudarenje i analiza podataka. Glavna prednost im je personalizirano podučavanje učenika,

¹² Isto, str. 57

¹³ Isto, str. 58

¹⁴ Isto, str. 58

¹⁵ Isto, str. 58

¹⁶ Isto, str. 58

interaktivno ispitivanje i odgovaranje, komunikacija koja uključuje emocije, analiza situacije i sl. Primjer ovakvog inteligentnog asistenta je Cyclone¹⁷ ili Jill Watson¹⁸ kojeg je razvio *Georgia Institute of Technology*, a koji je temeljen na IBM-ovoj tehnologiji.¹⁹

Roboti virtualne stvarnosti su računalni programi s funkcijama simulacije i interakcije koji se izvode na računalnoj mreži. Obično se koriste za podučavanje robota, eksperimentiranje i sl. Alat za uređivanje simulacije i okoliš u kojem se radnja odvija temeljni su elementi robota virtualne stvarnosti. Postavljanjem pogodnih simulacija unutar virtualnog okruženja, korisnik dolazi u mogućnost obavljati različite zadatke poput, primjerice, uređivanja koda putem grafičkog ili tekstualnog programiranja. Dok je program pokrenut, mnogobrojni senzori koji komuniciraju sa simulacijom prikupljaju podatke iz okoline i podatke dobivene interakcijom čovjeka s računalom te pružaju povrtne informacije nakon obrade i analize.²⁰ Suvremeni primjer robota virtualne stvarnosti je Microsoftov *Gazebo*.²¹

Višenamjenski roboti su vrsta robota čiji se raznovrsni programski paketi i sustavi mogu međusobno kombinirati prema zahtjevima podučavanja kako bi se što bolje prilagodili potrebama učenika prema razinama znanja i vještina. Popularnost i primjenjivost ovih robota ne poznaje dobne granice uslijed svoje jednostavnosti, prilagodljivosti i uobičajenosti. Fizički dio ovakvih robota sačinjen je od elektroničkih dijelova ili plastičnih, gradivnih komada. Neki primjerci robota ove vrste čak posjeduju softvere u svojim fizičkim dijelovima te se kombiniranjem različitih programskih paketa dobije funkcionalan robot prema zahtjevima korisnika. Višenamjenski roboti obično se pojavljuju u podučavanjima vezanim uz STEM područja budući da su STEM područja i robotika usko povezane grane. Primjeri ove vrste robota su LEGO Mindstorms, LEGO SPIKE set, Cubelets itd.²²

Specifični obrazovni roboti su roboti s posebnim funkcionalnostima ili roboti namijenjeni određenoj skupini pojedinaca kao što su, primjerice djeca s autizmom. Ovi roboti, uz sve što roboti rade, mogu imitirati čovjekove pokrete, izraze lica, govor ili emocije. Primarna svrha ovakvih robota je podučavanje emocionalnih izraza i društvene interakcije u kontroliranim i sigurnim

¹⁷ Cyclone. URL: https://en.cyclone-robotics.com/product/info_10.html (2023-11-28)

¹⁸ Georgia Tech. URL: <https://gvu.gatech.edu/research/projects/virtual-teaching-assistant-jill-watson> (2023-11-28)

¹⁹ Pei, Zhenghua; Nie, Yong. Educational Robots: Classification, Characteristics, Application Areas and Problems. // International Conference of Educational Innovation through Technology (EITT), (2018). URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8719451> (2023-11-28)

²⁰ Isto, str. 58

²¹ Gazebo. URL: <https://gazebo.org/home> (2023-11-28)

²² Pei, Zhenghua; Nie, Yong. Educational Robots: Classification, Characteristics, Application Areas and Problems. // International Conference of Educational Innovation through Technology (EITT), (2018). URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8719451> (2023-11-28)

uvjetima djeci koja imaju poteškoće prilikom razvoja istih. U skupinu specifičnih obrazovnih robota spadaju inteligentne igračke namijenjene djeci predškolske dobi, roboti za podučavanje medicinskog osoblja u obrazovnim ustanovama te roboti za podučavanje jezika. Ovakvi roboti vrlo su prilagodljivi raznim situacija koje proizvodi okolina poglavito uslijed značajno visoke razine autonomnosti i pokretljivosti. Postojanje te činjenice trenutno ih stavlja u središte istraživanja o primjeni robotike i robota u obrazovanju.²³ Suvremeni primjeri specifičnih obrazovnih robota koji se koriste širom svijeta u komercijalne svrhe su humanoidni roboti Kaspar, robot primarno dizajniran za razvijanje emocionalne i društvene inteligencije i interakcije djece s autizmom, i Nao, robot osmišljen za prenošenje znanja iz STEM područja učenicima osnovnih i srednjih škola.²⁴

3.2.Pregled popularnih robota i njihova primjena

Popularan set za osnove robotike namijenjen djeci je *LEGO Mindstorms* ili *Izumitelj robota*. Ova vrsta robota koji se sklapaju i sastavljaju spadaju u višenamjenske robote. To je proizvod tvrtke LEGO namijenjen uzrastu od 10+ godina, a sadrži 949 dijelova od kojih se može sastaviti velik broj robota čijim je funkcionalnostima i dizajnu jedina granica ljudska mašta. LEGO ima nekoliko vlastitih prijedloga za načine sastavljanja robota koji se mogu pronaći na njihovim mrežnim stranicama, na platformi YouTube, a dobije se i priručnik u paketu.²⁵ Osim fizičkih dijelova potrebnih za sastavljanje robota, u paketu dolazi i aplikacija, doduše samo za IOS uređaje, s pomoću koje se u Scratch programskom jeziku može odrediti što će robot raditi, odnosno programirati ga. Scratch je besplatan programski jezik namijenjen djeci i početnicima kako bi savladali osnove programiranja, razumjeli logiku iza kompleksnijih programskih jezika te „ušli u mentalitet programera“.²⁶ Roboti sastavljeni iz LEGO Mindstorms (vidi Sliku 2.) seta mogu se kretati, uzimati sitnije stvari, pucati, nositi stvari, plesati, čistiti, prepoznavati boje i još mnogo toga. Aplikacija služi, osim za programiranje vlastitog robota i za preuzimanje uputa za slaganje i programa od drugih korisnika te primjenjivanje istoga na vlastitog robota.

Iako su i dalje dostupni za prodaju u određenim službenim trgovinama ili od drugih ljudi, LEGO je obustavio prodaju LEGO Mindstorms seta 30. studenoga 2022. Time je prekinut niz od 24 godine edukacije o osnovama robotike. LEGO Mindstorms prvi puta pušten je u prodaju 1.

²³ Pei, Zhenghua; Nie, Yong. Educational Robots: Classification, Characteristics, Application Areas and Problems. // International Conference of Educational Innovation through Technology (EITT), (2018). URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8719451> (2023-11-28)

²⁴ Isto, str. 59

²⁵ LEGO. URL: <https://www.lego.com/en-us/product/robot-inventor-> (2023-11-29)

²⁶ Scratch. URL: <https://scratch.mit.edu/> (2023-11-29)

rujna 1998. godine po cijeni od \$199²⁷. Iako je Mindstorms linija proizvoda obustavljena, LEGO ovim činom nije izašao iz područja robotike, već je samo zamijenio svoje proizvode novijim, suvremenijim setovima popularno nazvanim LEGO Education SPIKE Set (vidi Sliku 3.) koji se prodaju po sličnoj cijeni.



Slika 2. LEGO Mindstorms set²⁸

LEGO Education SPIKE set dio je nove inicijative LEGO Education koja se diči opskrbom inovativnih rješenja koja bi pomogla učenicima diljem svijeta u boljem i lakšem savladavanju gradiva.²⁹ LEGO Education nudi rješenja za dobne skupine osnovne i srednje škole, a bazira se na STEM područja. Ciljevi ove inicijative su otključati skriveni potencijal svakog učenika, uključiti zabavu u proces učenja uz prilagodljivost prema sposobnostima pojedinca te uključivanje učenika u proces učenja umjesto pasivnog savladavanje gradiva kako bi učenici razvili naviku i sklonosti k aktivnom učenju.

Trenutno se na tržištu mogu pronaći dvije inačice ovog kompleta, a to su LEGO Education SPIKE Essential i LEGO Education SPIKE Prime set (vidi Sliku 4.). Razlike između ova dva seta su sljedeće; LEGO Education SPIKE Essential set namijenjen je djeci dobi od 6+ godina, sadrži 449 dijelova, a je dostupan po cijeni od \$319.95. U ovom paketu dolaze 4 mini figurice, 2 mala motora, senzor za boje, 3x3 matrica s različitim bojama, čvorište (eng. hub) s dva ulazna i izlazna priključka, bluetooth, žiroskop i punjiva baterija. Za programiranje robota koristi se aplikacija *The SPIKE* putem koje se u ranije spomenutom Scratch programskom jeziku mogu odrediti ponašanja

²⁷ Hack Education. URL: https://hackeducation.com/2015/04/10/mindstorms_ (2023-11-29)

²⁸ LEGO Store. URL: <https://lstore.hr/collections/lego-mindstorms> (2023-11-29)

²⁹LEGO Education. URL: <https://education.lego.com/en-us/> (2023-11-30)

i animacije robota te vježbati programerske vještine. Uz paket dolazi i 5 cjelina od kojih svaka sadrži po 8 lekcija od 45 minuta koje pokrivaju STEM područje.



Slika 3. LEGO Education Spike Essential Set³⁰

LEGO je za korisnike SPIKE seta napravio web mjesto koje pruža razne informacije za pomoć pri izgradnji i programiranju robota.³¹ Na web mjestu nalaze se upute za sastavljanje i korištenje svake pojedine komponente, upute za slaganje robota, obrazovne lekcije iz STEM područja te mogućnost povezivanja sastavljenog robota s računalom kako bi ga se moglo programirati u Scratch programskom jeziku.

Web mjesto napravljeno je tako da ga korisnici svake dobi mogu koristiti, svaka tražena stavka lako je dostupna, kretanje po web mjestu je intuitivno zbog velikog fonta, jasnih ikona te izraženih boja. Takav dizajn znatno olakšava snalaženje i pretragu željenih resursa ciljanoj publici ovog proizvoda, a to su djeca između 6 i 16 godina.

Skuplja i kompleksnija inačica navedenog seta je LEGO Education SPIKE Prime Set koji je namijenjen djeci preko 10 godina, dolazi u 528 dijela, a cijena mu je \$399.95. Ovaj paket dolazi sa spremištem opremljenim ladicama za sortiranje, čvorištem (eng. hub) koje se može programirati, senzorom za udaljenost, senzorom za pritisak, senzorom za raspoznavanje boja, jednim velikim motorom, dva srednja motora te preko 500 LEGO Technic dijelova u različitim

³⁰ LEGO. URL: <https://www.lego.com/en-us/product/lego-education-spike-essential-set-45345> (2023-11-30)

³¹ LEGO. URL: <https://spike.legoeducation.com/essential/lobby/> (2023-11-30)

bojama koji se mogu međusobno slagati. Čvorište se sastoji od 5x5 svjetlosne matrice, šest ulazno/izlaznih priključaka, ugrađenog žiroskopa, zvučnika i baterije, a podržava povezivanjem *bluetooth*-om. Ovaj set, kao i prethodni, također posjeduje vlastito web mjesto sa svim potrebnim elementima za uspješno slaganje i pokretanje robota, a to uključuje upute za uporabu, edukativne lekcije iz STEM područja, mogućnost povezivanja robota i računala radi njegova programiranja te prijedloge za dizajn i funkcionalnosti robota.³²



Slika 4. LEGO Education SPIKE Prime Set³³

Posljednji višenamjenski robot je prigodno nazvan Cubelets (vidi Sliku 5.) uslijed oblika kocke. Kao i prethodni roboti, Cubelets je također predviđen za djecu u dobi od 6 do 14 godina. Cubelets je specifičan po tome što to nije jedna robotska jedinica kao prethodni roboti, već su to magnetni blokovi koji se spajaju u beskonačne varijacije gdje je jedina granica mašta. Za pokretanje ovog robota nije potrebno programiranje ili spajanje žica, dovoljno je približiti dvije kocke koje će se, zbog magnetna, same spojiti. Roboti napravljeni Cubelets kockama mogu se kretati, odgovarati na svjetlosne ili zvučne podražaje te na promjenu u temperaturi. Svaka kocka koja sačinjava robotsku cjelinu je 8-bitno računalo, što znači da kada se spoje, one sačinjavaju računalnu mrežu. Poanta Cubelets robota je, dakle, spajanje više kocaka, od kojih svaka kocka ima različitu funkciju. Postoje kocke koje omogućuju kretanje robota, kocke s infracrvenim senzorom blizine, kocke s termostatom pa čak i kocke s bluetoothom. Korisnik sam odabire koje kocke želi iskoristiti te slaže robota prema vlastitim željama i potrebama. Kako bi korisnik znao da su kocke

³² LEGO. URL: [https://spike.legoeducation.com/prime/lobby/_\(2023-11-30\)](https://spike.legoeducation.com/prime/lobby/_(2023-11-30))

³³ LEGO. URL: <https://www.lego.com/en-us/product/lego-education-spike-prime-set-45678> (2023-11-30)

dobro spojene, svaka kocka opremljena je LED elementima koji se nalaze na jednom od uglova i koji zasvijetle kada kocka dobije struju i počne komunicirati sa susjednim kockama, odnosno kada se dobro spoji. Kako bi međusobno komunicirale, kocke ne moraju biti spojene direktno jedna na drugu već dvije kocke mogu međusobno slati signale putem kocaka koje se nalaze između njih. Ova značajka znatno povećava broj namjena i situacija u kojima se Cubelets može primijeniti. Duljina stranice pojedinačne kocke iznosi 4,6 cm, a može se kretati maksimalnom brzinom od 1.1 km/h ako se u cjelinu doda kocka koja omogućuje kretanje, odnosno vožnju robota.³⁴ Zanimljivo je da se na Cubelets kocke mogu spojiti i LEGO kocke što omogućava kombiniranje Cubelets robota s LEGO robotima što dodatno povećava raznolikost mogućih kreacija.

Za razliku od prethodnih robota koji su se morali programirati prije prvog korištenja kako bi ostvarili željenu funkciju ili radnju, Cubelets već dolazi s potpunim programom i funkcijama koje može obavljati, a na korisniku je da te funkcije, odnosno kocke posloži prema vlastitim željama. Iako dolazi prethodno programiran, Cubeletsov kod moguće je izmijeniti, doraditi ili poboljšati, a to je moguće napraviti u programskom jeziku Blockly, koji je namijenjen djeci i sličan je ranije spomenutom Scratchu prema funkcionalnosti i načinu slaganja koda ili u programskom jeziku C.³⁵ Cubelets je trenutno dostupan za prodaju, a cijena se kreće između \$225 pa sve do \$699 ovisno o paketu i broju kocaka u setu.³⁶ Osim paketa, mogu se kupiti i pojedinačne kocke.



Slika 5. Cubelets robot³⁷

³⁴ Robots. URL: <https://robotsguide.com/robots/cubelets/> (2023-12-03)

³⁵ Modular Robotics. URL: <https://modrobotics.com/> (2023-12-03)

³⁶ Amazon. URL:

https://www.amazon.com/s?k=cubelets+robot+blocks&crd=X700BEHFTEPJ&srefix=cubelets+%2Caps%2C167&ref=nb_sb_ss_ts-doa-p_1_9 (2023-12-03)

³⁷ Amazon. URL: <https://us.amazon.com/Cubelets-Code-Construct-Education-Pack/dp/B0751TLWX3> (2023-12-12)

Sljedeća skupina edukacijskih robota su specifični obrazovni roboti. Osim za podučavanje programiranja, inženjerstva, matematike ili ostalih znanstvenih područja, edukacijski roboti mogu se koristiti i za razvijanje socijalnih vještina kod djece čije su društvene i komunikacijske vještine slabije razvijene. Na humanoidnom robotu koji će pomoći djeci s autizmom u razvijanju komunikacijskih vještina bilo s odraslima ili drugom djecom, radila je *Adaptive Systems Research Group*, istraživačkog odjela u sklopu Sveučilišta u Hertfordshireu u Engleskoj. Humanoidni robot kojeg su razvili nazvan je Kaspar (eng. *Kinesics and Synchronization in Personal Assistant Robotics*), a radi se o robotu veličine djeteta koji će u interakciji s djecom, pomoći u prevladavanju izazova s kojima se autisti suočavaju prilikom druženja i komunikacije s drugim ljudima. Kaspar (vidi Sliku 6.), dakle, služi kao socijalni posrednik, pomaže djeci istražiti osnovne osjećaje pri čemu koristi raspon pojednostavljenih facijalnih i tjelesnih izraza, gesti te govor kako bi izvršio interakciju i pomogao u smanjenju socijalne izolacije. Nadalje, potpuno autonomno odgovara na dodir, koristeći senzore na obrazima, rukama, dlanovima, stopalima i tijelu čemu je svrha da ukaže na društveno prihvatljive taktilne interakcije. S Kasparom je moguće i igrati se različitim igara kako bi djeca savladala osnovne društvene vještine poput imitacije ili čekanja na red. Može ga se koristiti i za uparivanje djece, odnosno za razvoj vještina timskog rada, za osnaživanje kognitivnih sposobnosti ili za izgradnju samopouzdanja pjevanjem pjesama ili bubnjanjem.³⁸

Među glavnim poteškoćama koja obilježavaju spektar autizma je otežano raspoznavanje i čitanje emocija drugih osoba. Djeca s autizmom imaju značajne probleme u komunikaciji s drugom djecom jer druga djeca ne razumiju njihovo stanje niti potrebe. Reakcije druge djece na okolinu i događaje djeci s autizmom često su nejasne, nelogične i nepredvidive. Prednost Kaspara i njemu sličnih robota je ta što posjeduje sve ljudske značajke, samo pojednostavljene stoga dijete iz spektra autizma može lakše razaznati i prepoznati o kojoj se emociji radi te prikladno odgovoriti na nju. Također, činjenica da se radi o robotu znači da je svaki Kasparov pokret i izričaj uvijek jednak i predvidiv što djetetu u spektru umanjuje osjećaj stresa ili anksioznosti koju osjeća prilikom interakcije s drugom djecom. Pokreti i izričaji Kaspara mogu se ponoviti pritiskom gumba ili određenom interakcijom što omogućava djetetu u spektru ponavljanje i vježbu raspoznavanja ljudskih emocija sve dok ih u potpunosti ne razumije i ne raspoznaje.³⁹

³⁸ Slate. URL: <https://slate.com/technology/2018/03/the-kaspar-robot-that-aids-autistic-children-is-the-future-of-social-a-i.html> (2023-12-12)

³⁹ Isto



Slika 6. Humanoidni robot Kaspar⁴⁰

Sljedeći popularni višenamjenski robot je drugačije prirode. Naime, radi se o humanoidnom robotu Nao (vidi Sliku 7.). Termin humanoidni robot označava robota čiji je cjelokupan izgled temeljen na ljudskom tijelu. Osim izgleda na temelju ljudskog, Nao posjeduje i mogućnost hodanja brzinom od 0.3 km/h, širok je 31.1 cm, visok 58 cm, dugačak 27.5 cm, a teži 5.5 kg. Nao može pratiti različite objekte, prepoznati i spriječiti padove, ustati se na noge ako dođe do pada te prepoznati govor i razgovarati na čak 20 svjetskih jezika. Osim kamere i mikrofona posjeduje i žiroskope, infracrvene senzore, taktilne senzore te senzore za pritisak.

Trenutno, Nao je najkorišteniji humanoidni robot u znanstvene i obrazovne svrhe u svijetu, a cijena ovisi o paketu, ali generalno se kreću oko \$13,000. Kako se cijena pojedinog modela razlikuje, tako se razlikuju i značajke koje svaki model posjeduje i situacije u kojima se može koristiti. Ovdje će se detaljnije opisati Nao Robot V6 Educator Pack.⁴¹

Nao Robot V6 Educator Pack namijenjen je primarno za STEM⁴² područja, a podučava i osnovne vještine čitanja, pisanja, prirodnih predmeta, tehnologije, inženjerstva, umjetnosti, programiranja, matematike i geometrije. Kurikulum za sve ove vještine dostupan je preko mrežne stranice ovlaštenog prodavača po cijeni od \$1,050.⁴³ S robotom, u paketu dolazi i jedan punjač i baterija,

⁴⁰ LearningEnglish. URL: <https://learningenglish.voanews.com/a/health-lifestyle-robot-helps-autistic-children-learn-social-skills/3801379.html> (2023-12-12)

⁴¹ School Robots By RobotLAB. URL: <https://www.robotlab.com/store/nao-power-v6-educator-pack> (2023-12-12)

⁴² Eng. Science, technology, engineering and mathematics

⁴³ School Robots By RobotLAB. URL: <https://www.robotlab.com/store/engagek12> (2023-12-17)

digitalni udžbenici, korisničke upute, API, garancija u trajanju od jedne godine te podrška, a moguće je i zatražiti online trening u trajanju od 2 sata po cijeni od \$690. Nao je namijenjen za učenike osnovnih i srednjih škola, a može ga se koristiti kao ispomoć u muzejima, knjižnicama ili ljetnim kampovima.

Naova platforma potpuno je otvorena što znači da ga se može programirati za različite zadatke poput animacija, ponašanja, dijaloga itd. Trenutno se koristi više od 15 000 primjeraka ovog robota u preko 70 zemalja.



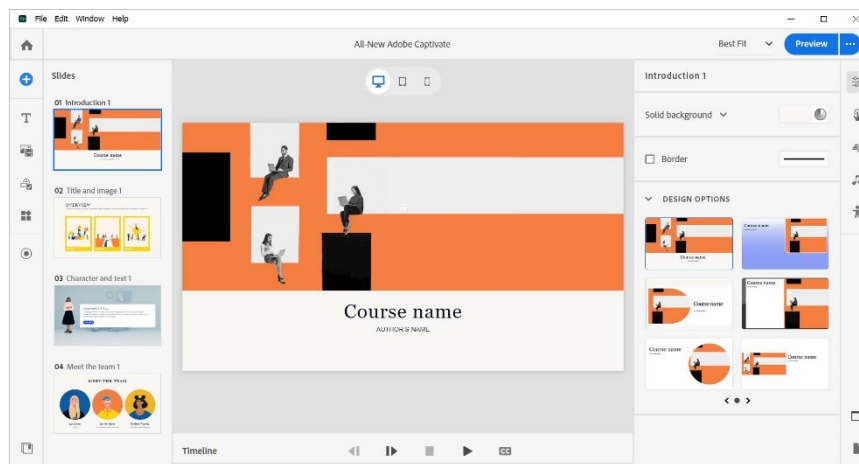
Slika 7. Nao robot⁴⁴

Sljedeća skupina su roboti virtualne stvarnosti. Reprezentativni je predstavnik ove skupine Adobe Captivate (vidi Sliku 8.), aplikacija za stvaranje obrazovnih materijala kojima se može pristupiti online putem. Sadržaj koji se može stvarati unutar Adobe Captivate uključuje snimljene prezentacije, video uratke te simulacije softwera, a dostupan je u MP4 ili HTML formatu. Kvizovi i simulacije stvorene u Adobe Captivate programu mogu se koristiti za određivanje razine shvaćanja i razumijevanja obrazovnog gradiva. Adobe Captivate primarno koriste korporacije i organizacije koje pružaju tehničko podučavanje svojim zaposlenicima te školske ustanove za dostavu obrazovnih materijala učenicima.⁴⁵ Savladavanje korištenja Adobe Captivate olakšano je

⁴⁴ Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Nao_%28robot%29 (2023-12-18)

⁴⁵ American Graphics Institute. URL: <https://www.agitraining.com/adobe/captivate/classes/what-is-adobe-captivate/> (2023-12-18)

putem službenih vodiča i lekcija koje je Adobe namijenio kako početnim tako i naprednim korisnicima.⁴⁶ Osim službenih vodiča koji se plaćaju, postoji velik broj video materijala i na drugim mrežnim mjestima poput YouTubea. Neke od mnogobrojnih značajki koje Adobe Captivate sadrži su intuitivno sučelje, ugrađeni predlošci, kopiranje i lijepljenje različitih elemenata poput interakcija ili animacija, automatsko dodavanje podnaslova, text-to-speech opcija, detaljno uređivanje slika i videa, respozivan dizajn, interaktivne videoe, simulacije, podržavanje JavaScripta te još mnoge druge.⁴⁷



Slika 8. Adobe Captivate korisničko sučelje⁴⁸

Primjer posljednje skupine, inteligentnih robota asistenata je kreacija obrazovne ustanove Georgia Institute of Technology, pod nazivom Jill Watson. Jill Watson (vidi Sliku 9.) osmišljena je kao zamjena za ljudskog asistenta u nastavi. Ciljevi su joj odgovaranje na pitanja studenata u vrlo kratkom roku, vremenu od tek nekoliko minuta te pomoć ljudskim asistentima prilikom obavljanja jednostavnih, svakodnevnih i zamornih zadataka. Jill je trenutno dostupna na tri platforme, a radi se o platformama Piazza⁴⁹, EdStem⁵⁰ i Slack⁵¹ dok je u budućnosti cilj proširenje na više platformi. Jill je trenirana na podacima prikupljenima kroz godine, a većinom se radi o

⁴⁶ Adobe. URL: <https://www.adobe.com/products/captivate/certificate.html> (2023-12-18)

⁴⁷ Adobe. URL: <https://www.adobe.com/products/captivate.html> (2023-12-18)

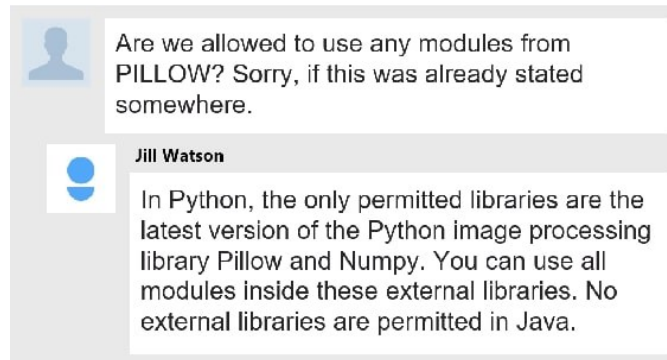
⁴⁸ eLearningAdobe. URL: <https://elearning.adobe.com/2023/06/adobe-captivate-project-charm-is-now-live/> (2023-12-18)

⁴⁹ Piazza. URL: <https://piazza.com/> (2023-12-18)

⁵⁰ Ed. URL: <https://edstem.org/> (2023-12-18)

⁵¹ Slack. URL: <https://slack.com/> (2023-12-18)

skupini često postavljene pitanja. Domena odgovora koje Jill može ponuditi trenutno uključuje informacije o nastavnom planu, programu i rasporedu.⁵²



Slika 9. Primjer odgovora Jill Watson asistenta⁵³

3.3. Utjecaj tehnologije na obrazovanje

Tehnologija u području obrazovanja je u posljednja tri desetljeća doživjela nagli procvat i transformaciju. Sve do 90-ih godina prošlog stoljeća većina učenja, istraživanja, zapisivanja, izrada domaćih zadataka ili njihova predaja, predavanja, objava i predaja radova te još puno ostalih radnji učestalih u obrazovanju odvijala se pisanim putem, uz puno istraživanja unutar gradskih, sveučilišnih i školskih knjižnica. Do informacija se dolazilo znatno sporije, uz više truda i u određenim ustanovama, no tim se informacijama moglo više vjerovati. Od izuma stolnog računala povezanog na internet, takav koncept istraživanja, poznat već nekoliko stotina godina, pada u vodu, a zamjenjuje ga brz protok lako dostupnih, golemih količina informacija.⁵⁴

Neki od suvremenih primjera korištenja moderne tehnologije u obrazovanju su povezanost na internet te 24-satna dostupnost obrazovnih materijala, korištenje projektora i vizualnih tehnika, kao metodu prijenosa znanja te online certifikati. Neprekidna povezanost na internet i 24-satna

⁵² Eicher, Bobbie; Polepeddi, Lalith; Goel, Ashok. Jill Watson Doesn't Care if You're Pregnant: Grounding AI Ethics in Empirical Studies, 2017. URL: https://aies-conference.com/2018/contents/papers/main/AIES_2018_paper_104.pdf (2023-12-22)

⁵³ Semanticscholar. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Jill-Watson-Doesn't-Care-if-You're-Pregnant%3A-AI-in-Eicher-Polepeddi/3b5773dd446210c80edc2c7a81e7283ac7f931cc> (2023-12-22)

⁵⁴ Raja, R. Nagasubramani, P. C. Impact of modern technology in education. // Journal of Applied and Advanced Research 3,1(2018.), 33-35. URL: https://www.researchgate.net/publication/325086709_Impact_of_modern_technology_in_education (2023-12-23)

dostupnost obrazovnih materijala iz temelja je promijenila način učenja. Studenti, učenici i profesori mogu kada god im odgovara pristupiti materijala radi izučavanja te im više nije potrebna fizička ustanova poput knjižnice za takve radnje. Osim samih materijala, internet omogućava i međusobnu komunikaciju te potražnju pomoći za gotovo svaki problem s kojim se susreću. Korištenje projektorra i vizualnih tehnika je znatno podiglo zainteresiranost slušatelja prilikom predavanja. Vizualni efekti i podražaji osjetno su zanimljiviji nego isključivo slušanje izgovorene riječi. Rezultat toga je povećana uključenost slušatelja u predavanje što i samo predavanje čini zanimljivijim. Nadalje, online certifikati omogućili su polaznicima stjecanje znanja i iskustva potrebnog za rad u udobnosti vlastitog doma. Cijeli tečajevi, primjerice za računovođu, dresera pasa, krojače ili razvojnog programera, dostupni su, također u svako doba ili na zahtjev, putem interneta. U određenim slučajevima, kvaliteta tečaja i znanja stečenog putem interneta ni po čemu se ne razlikuje od znanja stečenog pohađanjem tečaja u živo. Neke od najprestižnijih certifikata nude upravo najveće informatičke korporacije poput Microsofta⁵⁵ i Googlea.⁵⁶ Kako se značaj i potreba za certifikatima povećava, ne izgleda kao da će ovaj trend usporiti u skoroj budućnosti.

U kontekstu obrazovanja, informacijsko-komunikacijske tehnologije imaju potencijal za povećanje dostupnosti obrazovanja te njegove relevantnosti i kvalitete. Utjecaj tehnologije na obrazovanje nije zanemariv, a ima svojih pozitivnih i negativnih strana. Primjeri pozitivnih utjecaja su poboljšano učenje i podučavanje, globalizacija te brisanje geografskih granica dok su primjeri negativnih utjecaja opadanje vještine pisanja, povećanje učestalosti varanja te nedostatak fokusa.

Poboljšano učenje i podučavanje najviše se očituje u tehnološkim izumima poput digitalne kamere, projektorra, računala, PowerPoint prezentacija, 3D alata za vizualizaciju itd. Svaki od ovih izuma uvelike olakšava učiteljima objašnjavanje zahtjevnih koncepata učenicima i studentima na shvatljiv način. Globalizacija se očituje u vidu videokonferencija koje su omogućile sastanke s ljudima koji su udaljeni kilometrima bez napuštanja prostorije. Kako bi se obrisale geografske granice, određena sveučilišta uvela su mogućnost online studiranja dostupnog studentima diljem svijeta. Kako vrijeme prolazi, rad i učenje od kuće umjesto iz ureda ili učionice postaje sve više prihvaćena i popularnija opcija.

S druge strane, vrlo je zamjetan trend opadanja kvalitete vještine pisanja, a koji je nastao uslijed neumjerenog korištenja fizičke ili virtualne tipkovnice, oslanjanje na digitalnu

⁵⁵ Microsoft. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/credentials/> (2023-12-23)

⁵⁶ Grow with Google. URL: <https://grow.google/intl/hr/> (2023-12-23)

komunikaciju umjesto na pisanu te neprestano korištenje alata poput automatskog ispravljanja. Nadalje, može se zamijetiti i povećani broj slučaja varanja što je olakšano izumima poput grafičkog kalkulatora, pametnog sata ili minijaturnih kamera. Ovo studentima i učenicima omogućava zapisivanje formula i bilješki na ovakve uređaje s malom vjerojatnošću da će biti uhvaćeni. Nedostatak fokusa najbolje se očitava kroz konstantnu potrebu studenta da ima pametni telefon, kao oblik neprestane zabave i interakcije, kraj sebe te ga koristi prilikom predavanja, u slobodno vrijeme ili čak za vrijeme vožnje. Ovakva ovisnost o pametnom telefonu rezultirala je znatnim opadanjem mogućnosti koncentriranja kako na nastavi tako i u slobodno vrijeme ili za vrijeme bavljenja sportom.

Imajući ove promjene na umu, može se zaključiti da su prednosti tehnologije u obrazovanju veća uzbuđenost učenika ili studenta oko učenja gradiva, olakšavanje organizacije uslijed gustih rasporeda, mogućnost rada od kuće, približavanje učenicima i studentima nove tehnologije koje će jednog dana možda koristiti na radnom mjestu i smanjenje potrošnje papira i troškova fotokopiranja, dok su nedostaci ograničavanje mašte i degradacija mogućnosti razmišljanja, izdašna financijska sredstva potrebna za implementaciju ovih tehnologija, zdravstveni problemi ako ne postoji umjerenost prilikom korištenja te nemogućnost nekih učenika i studenta da si priušte moderno računalo.

3.4. Poteškoće pri uvođenju edukacijskih robota u obrazovanje

Prilikom procesa uvođenja edukacijskih robota u obrazovanje nameću se dvije glavne prepreke, a to su cijena potrebne opreme i osposobljavanje nastavnika za korištenje te iste opreme. Proizvodnja robota i robotske opreme zahtjeva vrlo visok tehnološki stupanj što znatno podiže cijenu ovih proizvoda, a obrazovne ustanove često imaju ograničen i dobro raspoređen budžet koji ne ostavlja puno prostora za dodatnu potrošnju, pogotovo ne po cijenama robota. Visoke cijene robota dostupne malom broju škola i sveučilišta dodatno povećavaju razliku u kvaliteti obrazovanja koje takve obrazovne ustanove mogu ponuditi u odnosu na one koje to ne mogu. Osim toga, radni raspored nastavnika već je u velikoj mjeri popunjen, stoga pronalazak vremena i volje za uključivanje robota u nastavu.

Primjer strategije za uspješnije uvođenje robotike u obrazovni proces svakako su vladini poticaji, potpora i preraspodjela prioriteta za robotiku. Primarno, vlada bi trebala prepoznati

važnost ovakvih tehnologija u budućnosti te se odlučiti obučiti učenike i studente za rad s robotima.

Kako bi se premostio digitalni jaz i osigurao jednak pristup robotici u obrazovanju, ključno je tehnologiju učiniti dostupnom i cjenovno pristupačnom velikom broju škola i sveučilišta. Zajednički resursi, kao što su društveni centri ili mobilni laboratoriji, mogu omogućiti pristup opremi za robotiku za više ustanova. Prenamjena nekorištenih robota sa sveučilišta i industrija u obrazovne svrhe može smanjiti troškove i promicati održivost. Model pretplate za obrazovnu robotiku može ga učiniti pristupačnijim za potrošače, omogućujući korisnicima kupnju osnovnog robota po nižoj cijeni i pretplatu na dodatne usluge i sadržaj po potrebi.⁵⁷

Kako bi profesori mogli prenijeti znanje o robotici na kvalitetan način potrebno je da i sami razumiju ovo područje. Predložena su četiri glavna koraka u savladavanju tih vještina, a to su savladavanje hardvera, fizičko sastavljanje robota, ako je to moguće, savladavanje osnova motora, senzora i ostalih komponenti te učenje programiranja.⁵⁸

Drugi izvor navodi kako, iako u iznimnim slučajevima postoje profesori koji su uspjeli implementirati robote i robotiku u vlastita predavanja, većina profesora smatra da su takve aktivnosti i predavanja pogodnije za određene skupine učenika. Kao glavne prepreke za uvođenje robotike u redovno obrazovanje navodi se veliki vremenski zahtjevni takvih aktivnosti, cijena potrebne opreme, praktičan rad koji se zahtjeva od nastavnika da se nose s nastalim neredom u razredu te da svi dijelovi robota ostanu u kompletu u koji pripadaju. A problem postaje još veći kada se robotiku povezuje, slično kao i ostala znanstvena i tehnološka područja, s muškim spolom.⁵⁹

⁵⁷ Bustos Iliescu, Alexandra. The future of educational robotics: enhancing education, bridging the digital divide, and supporting diverse learners, 2023-3-31. URL: <https://aiforgood.itu.int/the-future-of-educational-robotics-enhancing-education-bridging-the-digital-divide-and-supporting-diverse-learners/> (2023-12-23)

⁵⁸ Valenzuela, Jorge. Incorporating Robotics Across the Curriculum: There's a place for lessons involving robots in every grade and every subject - not just science and math but English and social studies too, 2021-12-17. URL: <https://www.edutopia.org/article/incorporating-robotics-across-curriculum> (2023-12-23)

⁵⁹ Alismisis, Dimitris. Educational robotics: Open questions and new challenges. // Themes in Science & Technology Education Vol. 6, No 1(2013), 63-71. URL: <http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/view/119/85> (2023-12-23)

4. Prednosti i nedostaci edukacijskih robota

Svaka nova tehnologija zahtjeva iscrpno testiranje u stvarnim situacijama prije njezine aktivne uporabe kako bi se saznali prednosti i nedostaci te kako bi se ciljano radilo na njezinom poboljšanju. Ista situacija je i kod primjene edukacijskih robota u nastavnom procesu. Kako pojedine škole već koriste ovu tehnologiju, moguće je izdvojiti nekoliko prednosti i nekoliko nedostataka koje su profesori istaknuli i na što treba posebno obratiti pozornost.

Prednosti koje se mogu izdvojiti su povećana motivacija i uživanje, smanjenje anksioznosti, nove prilike za učenje poput učenja izvan učionice, personalizirano učenje te smanjenje količine administrativnih poslova dok su nedostaci privatnost i sigurnost, kontrola i uračunljivost, društvene implikacije te gubitak ljudskog kontakta.

Jedna od glavnih prednosti koju djeca koja rade s robotima mogu pridobiti je povećanje motivacije i uživanja. Motivacijski dobitci nisu isključivo povećanje motivacije potrebne za izvršavanje zadatka, već se radi o mogućnosti robota da privuče pažnju, poveća motivaciju za učenjem pojedine teme, potakne učenike na vježbu i rad, poveća količinu interakcije kod djece te da poveća percipirani užitak prilikom učenja. Po pitanju smanjivanja anksioznosti roboti imaju prednost nad učiteljima u vidu strpljenja. Ako dijete pogriješi pred robotom, osjeća se nesigurno ili bezvoljno, robot neće izgubiti strpljenje, postati živčan, osuđivati ili izložiti učenika bilo kakvom drugom obliku pritiska.

Nadalje, edukacijski robot koji je u ulozi učitelja može učeniku ponuditi mogućnosti, prilike ili resurse koji nisu bili dostupni prije nabave robota. Te mogućnosti uključuju nove društvene interakcije, mogućnost robota da preuzme različite uloge unutar školskog okruženja te učenje izvan učionice. Pod terminom nove društvene interakcije smatra se stvaranje posebne vrste veze koja nastaje, usporedno s uvođenjem i novih tehnologija, uparivanjem robota s djetetom. Uloge koje robot može preuzeti u obrazovanju razne su. Primjerice, uloga učitelja, vršnjaka, sluge ili naivnog učenika, koja omogućuje učeniku da razvije vlastito samopouzdanje podučavajući robota. Učenje izvan učionice odnosi se i na učenika i na robota. Učenik može ponijeti robota kući kako bi ponovio ili utvrdio gradivo ili iz znatiželje dok bi u istoj toj interakciji robot prikupljao informacije o učeniku koje bi kasnije učitelj mogao pregledati kako bi prilagodio rad učeniku.

Personalizirano učenje odvija se tako da je edukacijski robot u mogućnosti ponuditi svakom učeniku program prilagođen njegovim potrebama. Prilagođavanje se odvija na razini

načina i brzine savladavanja gradiva, razine znanja ili ponudi odgovora sukladnoj kognitivnoj i društvenoj razvijenosti učenika.

Među ključnim prednostima koje edukacijski robot donosi je smanjenje količine administrativnih poslova. Roboti mogu poslužiti za preuzimanje jednostavnih i ponavljajućih poslova koje inače obavljaju učitelji bez da se umaraju ili dosađuju. Tako bi učiteljima ostalo više slobodnog vremena za posvetiti svoje vrijeme učenicima radi bolje interakcije ili za pomoć slabijim učenicima.⁶⁰

Među najviše istraženim područjima u kojima djeluju edukacijski roboti je podučavanje jezika, točnije drugog ili stranog jezika. U teoriji, fizička prisutnost robota među glavnim je razlozima zašto bi oni bili najbolji izbor za podučavanje, ispred svih ostalih tehnologija. Fizička prisutnost robota važna je zbog govornikova povezivanja riječi i fraza u jeziku kroz gestikulaciju, objekte te događaje u stvarnom svijetu. S obzirom na trenutni stupanj razvoja robotike, roboti ne mogu u jednakoj mjeri, kada se radi o kvaliteti predavanja, zamijeniti učitelja stranog jezika uslijed tehnoloških ograničenja mogućnosti govora ili raspoznavanja objekata. Ovi nedostaci onemogućuju robotima korištenje okolnog prostora na način na koji ga ljudi koriste što otežava interakciju učenika i robota u kompleksnim situacijama kao što je učenje jezika. Stoga, uzimajući u obzir trenutno stanje tehnologije, edukacijske robote bolje je primijeniti na druga područja.

Uvođenje robota u proces obrazovanja ne označava isključivo nove prilike i pristupe učenju, već postavlja i moralna pitanja. Ova pitanja od velikog su značaja budući da je obrazovanje djece jedna od temeljnih aktivnosti za buduću dobrobit i stabilnost društva. Pitanja koja se nameću vezana su uz emocionalna vezivanja djeteta za robota, pitanja oko privatnosti, gubitka ljudskog kontakta te ulogu robota kao učitelja.

Ako se uspoređuje klasična tehnologija s ekranom s edukacijskim robotima, roboti imaju jasnu i neupitnu prednost. Međutim, u usporedbi s ljudskim učiteljima, u zaostatku su. Ljudski su učitelji daleko svestraniji edukatori te mogu znatno učinkovitije održavati mir i radnu atmosferu u učionici. Trenutno je najveći izazov robotike osmišljavanje robota koji bi mogao biti samostalan u učionici te zadatke obavljati autonomno.⁶¹

⁶⁰ Smakman, Matthijs Henricus Johannes. Robotics in education: Implementing robot tutors in a morally justified way, 2023-3-31. URL: matthijssmakmanthesis+-+6435ad66d5784.pdf (vu.nl) (2023-12-27)

⁶¹ Konjin, Elly A; Smakman, Matthijs Henricus Johannes; van den Berghe, Rianne. Use of Robots in Education. 2020. URL:

https://www.researchgate.net/profile/EllyKonijn/publication/345737267_Use_of_Robots_in_Education/links/608928d92fb9097c0c133e79/Use-of-Robots-in-Education.pdf (2023-12-27)

5. Budućnost edukacijskih robota

Obrazovni je proces područje djelatnosti koje se razvija i mijenja relativno sporo u usporedbi s drugim područjima poput medicine, informatike, transporta ili trgovine. Međutim, dolazak 21. stoljeća donio je mnoge promjene koje su posljedično utjecale i na obrazovni proces. Pojava interneta i mikročipova dovela je stolna i prijenosna računala u učionice, razvoj ekrana na dodir omogućio je pametne ploče i tablete, a napreci u optici stvorili su projektore. Velika odgovornost leži i u rukama učitelja i učenika od kojih se očekuje da će se uspješno prilagođavati nadolazećim izazovima te da ih neće zlorabiti. Tehnološki aspekt obrazovanja donekle je pratio ostala područja, međutim nastavne metode, planovi i programi ostali su vrlo slični svojim počecima. Glavnina metoda poučavanja temelji se na profesorovoj usmenoj predaji gradiva, dok učenici sjede u klupama, zapisuju ono što smatraju važnim, ponavljaju i savladavaju gradivo kod kuće te pišu domaće zadaće kako bi skupili bodove i ocijene potrebne za prolaz predmeta i godine.

Razvoj svake tehnologije dug je i iscrpan proces, stoga je za očekivati da će tako biti i s edukacijskim robotima i umjetnom inteligencijom. Robotika, kao i umjetna inteligencija relativno su mlade tehnologije koje su još u povojima, a već kao takve imaju značajan utjecaj na ostale tehnologije i znanosti koje ne moraju nužno biti srodne. Obilježja koja će budući obrazovni roboti zasigurno imati su poboljšanja u čitanjima izraza lica i emocija, mogućnostima motiviranja učenika, održavanje discipline u razredu, mobilnosti, personalizacije i prilagodbe razini znanja i mogućnosti učenika, te svestranosti pojedinog robota u različitim disciplinama umjesto iznimno visoke razine specijalizacije kao što je to trenutno slučaj.

Moguće je za pretpostaviti kako će utjecaj učitelja na obrazovanje u vidu potrebitosti i nezamjenjivosti slabiti što se tehnologija bude dalje razvijala dok će utjecaj edukacijskih robota ili sličnih tehnologija jačati i biti sve više prisutan u obrazovnim ustanovama. Također je za pretpostaviti da će se cijena pojedinog robota smanjivati čime će oni postati dostupni većem broju škola, time i učenika te da će se koristiti od početka do kraja osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja, a potencijalno i u sklopu ustanova visokog obrazovanja.

Primjer robota koji polako preuzima profesora može se vidjeti na Sveučilištu Phillips u Marburgu gdje jedan od 3 kupljena humanoidna robota po cijeni od dvadeset tisuća eura, nazvan Yuki, drži prezentacije i prenosi gradivo engleske lingvistike što profesoru dopušta da više vremena provede među studentima pomažući im ako zapnu. Osim predavanja gradiva, Yuki je sposoban održavati i konzultacije tako što uz pomoć jedinstvenog QR koda prepoznaje svakog

studenta, povlači podatke o njihovim rezultatima i radu te ih obavještava o uspjehu i savjetuje kako da dostignu željene ciljeve.⁶²

Sir Anthony Seldon, prorektor sveučilišta u Buckinghamu, smatra kako će inteligentni strojevi koji se prilagođavaju stilu učenja pojedinog učenika uskoro potpuno zamijeniti tradicionalna akademska poučavanja. Seldon također nalaže kako će programi koji se trenutno razvijaju unutar Silicijske doline biti sposobni čitati izraze lica i misli učenika te prema očitanoj prilagoditi metodu komunikacije kako bi se što bolje upoznali i zbližili s učenicima. Ovakve mogućnosti poučavanja mogle bi označiti kraj ere u kojoj se djecu grupiralo prema starosti jer će visoka razina personalizacije robota omogućiti učenicima učenje vlastitim tempom umjesto da prate tempo razreda kao što je to bio slučaj do sada. Takvim načinom poučavanja svaki učenik ili student mogao bi dobiti, za njega, najboljeg mogućeg učitelja koji bi mu pomogao u ispunjenju potencijala.

Dalje navodi kako će strojevi znati što je to što najviše uzbuđuje učenika te će mu moći pružiti razinu izazova koja savršeno odgovara učenikovim trenutnim sposobnostima. Za takvu tehnologiju tvrdi da već postoji na zapadnoj obali SAD-a te da će se zasigurno širiti i u ostale dijelove svijeta.

Seldon ipak izražava i određenu dozu opreza prilikom uvođenja ovakvih tehnologija u vidu opasnosti od „infantiliziranja“ učenika i učitelja. Kao dio učenja vođenog robotima, učitelji bi preuzeli ulogu "nadzornika", pratili bi napredak pojedinačnih učenika i vodili neakademske aktivnosti. Osim infantilizacije, opasnost prepoznaje i kod oduzimanja radnih mjesta tvrdeći kako veliki dio ljudskog ispunjenja dolazi kroz zadovoljstvo u radu koji obavljaju. Upozorava da bi neprimjereno korištenje tehnologije moglo dovesti do toga da tehnologija radi sve umjesto kao što je dovelo u slučaju satelitske navigacije uslijed čijeg korištenja ljudi više nisu sposobni čitati karte.⁶³

Drugi izvor navodi kako zamjena učitelja robotom može zvučati privlačno zbog činjenice da za učitelja treba izdvajati znatno više financijskih sredstava jer ne zahtijevaju plaću,

⁶² Hrastović, Dina. ROBOTI SU BUDUĆNOST OBRAZOVANJA: Yuki uz pomoć umjetne inteligencije predaje studentima na fakultetu, a uskoro će potpuno zamijeniti asistente, 2019-5-6. URL: <https://www.jutarnji.hr/naslovnica/roboti-su-buducnost-obrazovanja-yuki-uz-pomoc-umjetne-inteligencije-predaje-studentima-na-fakultetu-a-uskoro-ce-potpuno-zamijeniti-asistente-8830238> (2023-12-28)

⁶³ Bodkin, Henry. 'Inspirational' robots to begin replacing teachers within 10 years, 2017-9-11. URL: <https://www.telegraph.co.uk/science/2017/09/11/inspirational-robots-begin-replacing-teachers-within-10-years/> (2023-12-28)

zdravstveno osiguranje ili mirovinu te nemaju predrasuda koje bi mogle utjecati na kvalitetu prenesenog znanja dok ih je istovremeno sve manje na tržištu rada.

Međutim, uloga učitelja ne svodi se na puko prenošenje činjenica i znanja učeniku. Učiteljeva uloga je i odgojna. Obrazovanje unutar ustanova poboljšava i društvene vještine polaznika te ga uči razvijati vlastito mišljenje i stvarati rješenja za postojeće probleme za što roboti nisu dovoljni niti adekvatan izbor budući da ne donosi rezultate na tom području, već bi to trebale obavljati stvarne osobe.⁶⁴

Iako se za edukacijske robote ne predviđa da će u bližoj budućnosti u potpunosti zamijeniti ljude, velike su šanse da će postati aktivni sudionici u svakodnevnoj nastavi u vidu asistenata bilo da se radi o nastavnom procesu i iznošenju gradiva, pružanju informacija vezanih uz predmet ili održavanja konzultacija.⁶⁵

Kako roboti budu počeli zauzimati radna mjesta, za ljude će biti važno razviti ili poboljšati određene vještine kako bi ostali konkurentni na tržištu rada. Stoga su provedena istraživanja kojima je cilj otkriti koje su to vještine koje će roboti najteže zamijeniti i koje bi osigurale ljudima konkurentnost. Došlo se do pet osnovnih vještina: rasuđivanje i donošenje odluka što označava uzimanje u obzir mogućih prednosti i nedostataka potencijalnih radnji kako bi se odabrala najprikladnija, fluentnost ideja koja podrazumijeva mogućnost smišljanja ideja o nekoj temi gdje nije bitna kvaliteta ideja, već njihova kvantiteta, aktivno učenje što označava odabir najbolje strategije učenja prilikom učenja novog gradiva te originalnost gdje se očekuje smišljanje neobičnih i kreativnih načina za rješavanje postojećih problema. Ovakva saznanja navode da će navedene vještine imati veću razinu uspjeha od specifičnih vještina poput dobrog poznavanja geografije ili znanja o obradi metala.⁶⁶

Osim vještina, uvođenjem i razvojem robota izmijenit će se i tražena zanimanja. Prema Nesti⁶⁷, agenciji za društvenu dobrobit iz Velike Britanije, radna mjesta s najvećom vjerojatnošću za rast su pozicije umjetnika, sportskog trenera ili instruktora, voditelja kafića, mehaničkog inženjera, kuhara, konobara, srednjoškolskog profesora, znanstvenika u području biologije,

⁶⁴ Harper, Amelia. Will robots replace teachers in the future?, 2018-11-15. URL: <https://www.k12dive.com/news/will-robots-replace-teachers-in-the-future/542239/> (2023-12-29)

⁶⁵ Cardoso Gomez, Desiree Rosa. Personal and social robots in education: The role of robots in the education of the future, 2018-11-28. URL: <https://blogs.uoc.edu/elearning-innovation-center/personal-and-social-robots/> (2023-12-29)

⁶⁶ Condliffe, Jamie. What Skills Will You Need to Be Employable in 2030?, 2017-9-28. URL: <https://www.technologyreview.com/2017/09/28/148906/what-skills-will-you-need-to-be-employable-in-2030/> (2023-12-29)

⁶⁷ Nesta. URL: <https://www.nesta.org.uk/> (2023-12-29)

telekomunikacijskog inženjera, medicinskog osoblja, fotografa te voditelja restorana. S druge strane, radna mjesta s najmanjom vjerojatnošću za rast su pozicije poštanskog radnika, prodajnog asistenta, trgovca, radnika u *call centru*, recepcionara, računovođe, vozača kombija ili viličara te punjača polica.

Po pitanju vještina za koje se predviđa da će biti najpotrebnije, osim već navedenih pet koje su i u ovom izvoru u jednakom poretku, navodi se još procjena performansi sustava, deduktivno rasuđivanje, rješavanje kompleksnih problema, analiza sustava, nadgledanje, kritičko razmišljanje, osposobljavanje, upravljanje resursima, koordinacija, itd.⁶⁸

⁶⁸ Nesta. The future of UK skills: employment in 2030. URL: <https://data-viz.nesta.org.uk/future-skills/index.html> (2023-12-29)

6. Dosadašnja istraživanja o edukacijskim robotima

Prema Selbyu i Woollardu računalno razmišljanje definirano je kao „misaona aktivnost u rješavanju problema koja sadržava apstrakciju, dekompoziciju, algoritamski dizajn, evaluaciju i generalizaciju“.⁶⁹ Apstrakcija olakšava razmišljanje o problemima ili sustavima te podrazumijeva fokusiranje samo na ključne informacije, zanemarujući nebitne detalje. Cilj je apstrakcije, uočiti bit problema, prikupiti najrelevantnije podatke iz više izvora i shvatiti vezu među njima. Dekompozicija omogućava rastavljanje kompleksnih problema na manje probleme čime oni postaju jednostavniji i lakši za shvatiti. Savladavanje dekompozicije doprinosi poboljšanim mogućnostima dizajniranja složenih sustava.

Algoritamski dizajn sposobnost je kreiranja manjih, jednostavnih koraka za rješavanje većeg, kompleksnog problema. Evaluacija označava sposobnost uviđanja i ispravljanja pogrešaka, a generalizacija predstavlja mogućnost prenošenja savladanih specifičnih vještina na šira područja u svrhu rješavanja problema.⁷⁰

U zadnje vrijeme, paralelno s razvojem robotike i primjenom robota u obrazovne ustanove, došlo je do povećanog broja istraživanja edukacijskih robota i njihovog utjecaja na razvoj računalnog razmišljanja. Europska Unija, u svojoj publikaciji *Key competences for lifelong learning* među ostalima navodi i digitalne kompetencije te objašnjava kako ova vrsta kompetencija obuhvaća samouvjerenost, kritičko i odgovorno korištenje digitalnih tehnologija u svrhu učenja, posla te sudjelovanja u društvu.⁷¹ Školski sustavi diljem Europe, a i šire, posljednjih desetljeća modernizirani su na način da je uvedeno obavezno osnovno savladavanje digitalnih vještina koje bi omogućilo kvalitetnije funkcioniranje pojedinca u zajednici koja se temelji na informatičkoj pismenosti.

⁶⁹ Selby, Cynthia; Woollard, John. Computational thinking: the developing definition, 2013. URL: https://eprints.soton.ac.uk/356481/1/Selby_Woollard_bg_soton_eprints.pdf (2024-01-03)

⁷⁰ Pavlović-Šijanović, Sanja. Zašto je važno razvijati računalno razmišljanje?, 2020-10-22. URL:

<https://www.skole.hr/zasto-je-vazno-razvijati-racunalno-razmisljanje/#:~:text=C.%20Selby%20i%20J.Woollard%20definiraju%20ra%C4%8Dunalno%20razmi%C5%A1ljanje%20kao,sadr%C5%BEava%20apstrakciju%2C%20dekompoziciju%2C%20algoritamski%20dizajn%2C%20evaluaciju%20i%20generalizaciju%E2%80%9C>. (2024-01-03)

⁷¹ European Commission, Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture. Key competences for lifelong learning, 2019. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2766/569540> (2024-01-03)

Esteve⁷² i suradnici su 2019. godine u Španjolskoj proveli istraživanje vezano uz edukacijske robote. Za cilj su si postavili opisivanje i demonstraciju rezultata intervencije putem edukacijskih robota u svrhu poboljšanja i razvijanja računalnog razmišljanja kod učitelja pripravnika. U istraživanju je sudjelovalo 114 španjolskih učitelja pripravnika. Istraživanje je pokušalo dati odgovore na tri pitanja: Koja je razina digitalne pismenosti učitelja pripravnika? Do koje mjere ovakva intervencija s edukacijskim robotima poboljšava računalno razmišljanje budućih učitelja? Utječe li spol na razvoj računalnog razmišljanja kod učitelja pripravnika?

Istraživanje je raspodijeljeno u četiri vrste aktivnosti koje su trajale sveukupno sedam tjedana od čega su prva i druga aktivnost trajale po jedan tjedan, treća aktivnost trajala je dva tjedna, a četvrta aktivnost odvijala se u razdoblju od tri tjedna. Aktivnosti su bile izvođene prema sljedećem rasporedu:

1. Iskopčano (eng. unplugged)
2. Igranje (eng. playing)
3. Izrađivanje (eng. making)
4. *Remix* (eng. remixing)

Prva aktivnost, nazvana „Iskopčano“ uključivala je inicijalne aktivnosti s otisnutim materijalom koji se mogao rezati, puzzle, kartice itd. te dizajn društvene igre na ploči. Druga aktivnost sastojala se od aktivnosti koje su povezane s videoigrama poput Doodle of Google i testiranja robota mBot, Bee-Bot i MakeyMakey. Treća aktivnost obuhvaćala je inicijalne aktivnosti u ranije spomenutom programu Scratch gdje su pripravnici imali zadatak dizajnirati čestitku ili u timu napraviti video igru. Četvrta, najduža aktivnost, uključivala je rješavanje izazova s robotom mBot kroz programiranje putem mBlocka te dizajniranje didaktičke aktivnosti za poticanje razvoja računalnog razmišljanja.

Zaključak ovog istraživanja pokazao je da učitelji pripravnici sami sebe smatraju digitalno kompetentnima, a posebno u dimenzijama koje su povezane s društvenim i multimedijским aspektima. Pripravnici društvene aspekte percipiraju kao jednostavne, a najviše poteškoća imaju s tehničkim aspektima poput korištenja softvera, hardvera ili rješavanja računalnih problema, dijelovima koji imaju više poveznica s edukacijskim robotima. Ovaj rezultat nešto je veći kod

⁷² Esteve, Francesc et.al. The Development of Computational Thinking in Student Teachers through an Intervention with Educational Robotics, 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/336304969_The_Development_of_Computational_Thinking_in_Student_Teachers_through_an_Intervention_with_Educational_Robotics (2024-01-03)

muškaraca. Što se tiče drugog istraživačkog pitanja, dobiveni rezultati također potvrđuju učinkovitost intervencije obrazovne robotike u svrhu razvoja računalnog razmišljanja. U radu se navodi kako postoji nedostatan broj istraživanja koji bi pripremili studente i nastavnike za didaktičko korištenje obrazovnih robota te kako rezultati ovog istraživanja doprinose povećanju broja takvih istraživanja.

Treće pitanje uključivalo je razdjeljivanje mogućnosti računalnog razmišljanja prema spolu. U ovom dijelu, ženska populacija ostvarila je značajno niže rezultate u usporedbi s muškom populacijom. Međutim, nakon intervencije obrazovne robotike, došlo je do značajnog porasta u računalnom istraživanju. Istraživanje navodi kako je obrazovna robotika među najkorištenijim alatima unutar učionica za razvoj računalnog razmišljanja.⁷³

Karahmetoglu⁷⁴ i Korkmaz su 2019. godine u Turskoj proveli istraživanje vezano uz edukacijske robote koje je imalo za cilj istražiti učinke edukacijskih robota na mogućnost računalnog razmišljanja kod studenata i na samoprocjenu STEM vještina.

Za potrebe istraživanja stvorene su dvije skupine ispitanika. Prva skupina bila je kontrolna skupina u kojoj se nalazilo 15 učenika, a druga skupina bila je eksperimentalna skupina u kojoj se nalazilo 18 učenika. Svi učenici bili su šesti razred osnovne škole u Turskoj u dobi između 11 i 12 godina. U eksperimentalnoj skupini bilo je 7 ženskih i 11 muških učenika dok je u kontrolnoj skupini bilo 8 ženskih i 7 muških učenika. Svi učenici bili su sličnog socioekonomskog statusa. Istraživanje naglašava problem nedostatne kvalitete postojećih programa podučavanja i obrazovanja za potrebe suvremenih uvjeta rada s kojima se susreće generacija Z (1997. – 2012.)⁷⁵ te pokušava pronaći načine za jednostavnije prenošenje znanja programiranja, razvitak računalnog razmišljanja te poboljšanje sveukupnog razumijevanja i shvaćanja koncepta učenja programiranja.

Usprkos tomu, dva glavna problema kojima se istraživanje bavi su pitanja o razini STEM i računalnog razmišljanja kod učenika u globalu te kakav je učinak Arduino obrazovnih robotskih

⁷³ Esteve, Francesc et.al. The Development of Computational Thinking in Student Teachers through an Intervention with Educational Robotics, 2019. URL:

https://www.researchgate.net/publication/336304969_The_Development_of_Computational_Thinking_in_Student_Teachers_through_an_Intervention_with_Educational_Robotics (2024-01-03)

⁷⁴ Karahmetoglu, Kubra. Korkmaz, Ozgen. The effect of project-based arduino educational robot applications on students' computational thinking skills and their perception of Basic Stem skill levels, 2019. URL:

https://www.researchgate.net/publication/337658903_The_effect_of_project-based_arduino_educational_robot_applications_on_students'_computational_thinking_skills_and_their_perception_of_Basic_Stem_skill_levels (2024-01-04)

⁷⁵ Debczak, Michele. These Revised Guidelines Redefine Birth Years and Classifications for Millennials, Gen Z, and Gen Alpha, 2023. URL: Debczak, Michele. These Revised Guidelines Redefine Birth Years and Classifications for Millennials, Gen Z, and Gen Alpha, 2023. URL: <https://www.mentalfloss.com/article/609811/age-ranges-millennials-and-generation-z> (2024-01-04)

aplikacija na vještine računalnog razmišljanja učenika i njihovu percepciju osnovne razine STEM vještina. Istraživanje su u školama provodili istraživači koji su prethodno pripremili kurikulum za jedanaest tjedana uzimajući u obzir uobičajeni školski raspored učenika. Sastavljeni je kurikulum prema tjednima izgledao kao u Tablici 1.

Tablica 1. Prikaz rasporeda aktivnosti obavljenih kroz istraživanje

Tjedni	Grupe	
	Eksperimentalna	Kontrolna
Tjedan 1	Implementacija inicijalnog testa znanja	
Tjedan 2	Koncepti i pristupi sposobnosti rješavanja problema	
Tjedan 3		
Tjedan 4		
Tjedan 5	Korištenje programskih alata baziranih na blokovima koda (Scratch)	
Tjedan 6	Aktivnosti s programskim alatima baziranim na blokovima koda (Scratch – Arduino)	Aktivnosti s programskim alatima baziranim na blokovima koda (Scratch – Arduino)
Tjedan 7		
Tjedan 8	Razvoj projekta s alatima za programiranje robota	Razvoj projekta s alatima za programiranje robota
Tjedan 9		
Tjedan 10		
Tjedan 11	Završno testiranje znanja	

Prvi tjedan istraživanja bio je namijenjen za procjenu razine računalnog razmišljanja i procjenu STEM vještina. Drugi, treći i četvrti tjedan učenike se podučavalo tipovima podataka, konceptima fiksnog i varijabilnog, korištenje tih koncepata u rješavanju problema, razdjeljivanju većeg problema na manje, korištenje osnovnih funkcija za rješavanje problema, razvoj algoritma za rješavanje problema te testiranje tog algoritma za rješavanje problema. Peti tjedan uveo je učenike u osnove korištenja Scratch programa, a šesti i sedmi tjedan uveden je Arduino edukacijski paket koji se može koristiti s programom Scratch.

Učenike u eksperimentalnoj skupini podučavalo se ciljevima Arduino edukacijskog paketa, o senzorima korištenima u setu te programiranju u programu Scratch dok je kontrolna skupina nastavila s učenjem programiranja u programu Scratch. U tjednima osam, devet i deset prvo je održan seminar o projektu, a zatim je eksperimentalna grupa podijeljena u tri skupine prema preferencijama učenika kojima su zatim dodijeljene teme na kojima će svaka skupina raditi. Teme su bile primjerice pametna kuća, sustav za šumske požare, automatsko navodnjavanje vrta.

Učenici kontrolne skupine također su podijeljeni u skupine te su isto tako dobili teme za rad. Teme su bile igra s labirintom, igra hvatanja duhova, animacija učenja brojeva, fliper te igra pecanja. Naposljetku, ponovno su provedeni ispiti razine računalnog razmišljanja i razine STEM vještina kako bi se utvrdila promjena.

Prema samoprocjeni učenika, ocjene za STEM vještine relativno su niske, najniže su za inženjerstvo i tehnologiju, a najviše za matematiku. Prema tome, čini se da je dotadašnje obrazovanje koje su učenici prošli stavilo naglasak na matematiku prije nego na inženjerstvo i tehnologiju. Testiranjima je utvrđeno kako nije bilo značajne razlike u znanju između eksperimentalne i kontrolne skupine prije provođenja istraživanja. Također, testiranjima nakon provođenja istraživanja utvrđeno je da ne postoji značajna razlika između eksperimentalne i kontrolne skupine u vidu ukupnih rezultata.

S time na umu, može se zaključiti kako aktivnosti temeljene na alatu za programiranje robota provedene u ovom istraživanju nisu značajno doprinijele razvoju STEM vještina srednjoškolaca.⁷⁶

Istraživanje pod naslovom *A Systematic Review of Studies on Educational Robotics*⁷⁷ bavilo se pregledom postojeće literature i istraživanja o utjecaju edukacijskih robota na obrazovni i društveni uspjeh učenika mlađe dobi. Rad je analizirao istraživanja objavljena od 2000. do 2018. godine koja obuhvaćaju primjenu edukacijskih robota kako u formalnim prilikama tako i u neformalnim, a kojih je sveukupno 147. Istraživanje je imalo tri cilja: odrediti ponavljajuće teme u istraživanjima koja istražuju primjenu robotike namijenjenu osnovnoj školi, predstaviti

⁷⁶ Karaahmetoglu, Kubra. Korkmaz, Ozgen. The effect of project-based arduino educational robot applications on students' computational thinking skills and their perception of Basic Stem skill levels, 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/337658903_The_effect_of_project-based_arduino_educational_robot_applications_on_students'_computational_thinking_skills_and_their_perception_of_Basic_Stem_skill_levels (2024-01-04)

⁷⁷ Anwar, Saira et.al. A Systematic Review of Studies on Educational Robotics, 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/334324787_A_Systematic_Review_of_Studies_on_Educational_Robotics (2024-01-05)

empirijske dokaze o prednostima korištenja edukacijskih robota i definirati istraživačke perspektive u obrazovnoj robotici za pomoć u razvoju i poboljšanju STEM pedagogije.

Proučeni radovi klasificirani su prema pet prevladavajućih tema, a teme su bile sljedeće:

1. Općenita učinkovitost robotike u obrazovanju;
2. Učeničko učenje i prijenos vještina;
3. Kreativnost i motivacija;
4. Raznolikost i proširenje sudjelovanja;
5. Profesionalni razvoj nastavnika.

Pod prvu temu smješteno je 45 radova koji su se bavili generalnom učinkovitošću korištenja robotike kao metode poučavanja u osnovnoj školi, a koji se nisu fokusirali na specifične aspekte obrazovanja. Ova istraživanja predlagala su da robotika potiče aktivno učenje te pospješuje iskustvo učenja. Druga tema uključivala je istraživanja koja su koristila robotiku za povećanje uspješnosti učenikove sposobnosti izgradnje, odnosno akumulacije novih znanja. U ovoj kategoriji 32 istraživanja pokazala su se relevantnima za ovu temu jer su proučavala kako praktično učenje s robotima omogućava učenicima bolje razumijevanje apstraktnih koncepata ili poboljšava učenikovu sposobnost prenošenja znanja stečenog kroz iskustvo na nove okolnosti ili probleme.

Pretežno, istraživanja su podržala ideju da kada učenici mogu promatrati program koji se realizira u ponašanju robotike, dobivaju priliku za eksperiment u kojemu se ideje, znanstvene teorije i računalno kodiranje spajaju sa stvarnim svijetom. Na ovaj način, obrazovni roboti mogu pomoći učenicima da steknu iskustva koja će olakšati duboko i apstraktno razumijevanje potrebno za konstruiranje znanja i jačanje kritičkog mišljenja. U ovom kontekstu, "duboko" podrazumijeva sposobnost prepoznavanja ključnih koncepata primijenjenih u odgovarajućem programskom kontekstu, dok "apstraktno" znači sposobnost odvajanja srži mehanizma od sintaktičkih detalja.

Za treću temu pronađena su 53 istraživanja koja se odnose na kreativnost i učeničku motivaciju. Ova istraživanja odnose se na motivacijski aspekt socijalnih i kulturalnih trendova i kreativnost u psihologiji za poboljšanje učeničke motivacije i interesa za predmet. Misao vodilja ovih istraživanja bila je da se robotika može koristiti kao alat za ohrabrivanje i poboljšavanje interesa za učenje STEM koncepata. Nadalje, koristeći dizajn svakodnevnih iskustava u različitim situacijama i društvenim skupinama, ova istraživanja pokazala su da uključivanje robota u obrazovanje ima potencijal povećati učenikovu kreativnost. Pretežno, istraživanja ukazuju da bi

uključivanje kreativnosti u rane faze računalstva umanjilo krivulju učenja i povećalo interes kod početnika. Važno je za napomenuti kako se ovaj efekt mogao primijetiti samo kod početnika, kod naprednih učenika nije uočena značajna razlika u kreativnosti.

Četvrta tema obuhvatila je 16 istraživanja koja su proučila efekt obrazovnih robota kao alat za povećanje sudjelovanja nedovoljno zastupljenih skupina. Ova istraživanja fokusirala su se na povećanje ili smanjenje broja žena, manjina ili drugih manje zastupljenih skupina u STEM područjima.

U svrhu smanjenja nejednakosti korištenja robotike u STEM područjima, organizirani su brojni robotički ljetni kampovi koji su dizajnirani kako bi što više potaknuli interes za STEM unutar manje zastupljenih skupina. U ovoj temi generalno su se provlačila dva tipa istraživanja, istraživanja koja su izlagala učenike STEM području putem robotike te u kojima se kurikulum zasnovao na robotici pokazao uspješnim u podizanju interesa za STEM te istraživanja koja pokazuju relativno veće uspjehe postignute programima koji integriraju robotiku s drugim oblicima motivacija temeljenih na društvu, kulturi i kreativnosti.

Posljednja, peta tema obuhvatila je 28 istraživanja koja su koristila obrazovnu robotiku za poboljšavanje profesionalnog razvoja učitelja i profesora. Kako bi povećale učinkovitost svojih učitelja, mnoge škole potiču i organiziraju radionice osobnog razvoja s ciljem podučavanja učitelja o tome kako efektivno uključiti robotiku u svoja podučavanja. Iako su takve, licem-u-lice, radionice najčešći oblik za podučavanje učitelja, često nisu i najzgodniji jer zahtijevaju velik izdatak vremena zbog čega ih učitelji znaju izbjegavati. Alternativa ovakvim radionicama su online tečajevi koji imaju isti cilj kao i radionice. Kao i radionice, ovakav oblik podučavanja prihvaćen je u određenim školama.

U zaključku pete teme može se reći da je od iznimne važnosti osigurati učinkovitost učitelja u prenošenju informacija i koncepata učenicima na način koji će učenici shvatiti, prihvatiti i razumjeti. Ova su istraživanja pokazala da se obrazovna robotika učiteljima može prenijeti putem radionica iz dva razloga. Prvi je razlog uvođenje učitelja u obrazovnu robotiku te poboljšavanje njihovog znanja i učinkovitosti prilikom korištenja robotike u vlastitoj učionici te uključivanje učitelja u robotičke aktivnosti i zajednički dizajn kurikuluma gdje će učitelji moći pružiti povratne informacije o dizajnu kurikuluma i pedagogiji pomažući tako poboljšati i prilagoditi nastavni plan i program.

7. Istraživanje o edukacijskim robotima u obrazovanju

7.1. Cilj i istraživačka pitanja

Cilj istraživanja je bio istražiti stavove, mišljenja i percepciju punoljetnih osoba unutar obrazovnog sustava prvenstveno studenata i nastavnika prema edukacijskim robotima. Istraživanjem se željelo dobiti uvid u korištenje edukacijskih robota, prednosti i nedostatke edukacijskih robota, potencijalne izazove koji bi se mogli pojaviti uvođenjem edukacijskih robota u formalno obrazovanje te percepciju o razvoju edukacijskih robota u budućnosti.

7.2. Metodologija

Instrument za prikupljanje podataka od ispitanika bio je online anketni upitnik koji je u razdoblju od početka prosinca 2023. godine do kraja siječnja 2024. godine distribuiran u dvije iteracije prigodnom uzorku studenata i nastavnika na njihove elektroničke adrese. Upitnik je poslan na rješavanje studentima Filozofskog i Učiteljskog fakulteta u Osijeku, svim osnovnim⁷⁸ i srednjim⁷⁹ školama u Osijeku te svim osnovnim⁸⁰ i srednjim⁸¹ školama u Zagrebu. Ovakav uzorak ispitanika odabran je iz razloga što se studenti odgojno-obrazovnih znanosti smatraju budućim učiteljima i profesorima koji bi se mogli vjerojatno susretati s tehnologijom u pitanju tijekom svog radnog vijeka. Aktualni profesori su odabrani za ispitivanje jer se u istraživanju polazilo od pretpostavke da se određeni broj učitelja i profesora trenutno susreće s takvom tehnologijom te da posjeduju određeno iskustvo u njezinom korištenju. Upitnik se sastojao uglavnom od pitanja zatvorenog tipa uz jedno pitanje otvorenog tipa odnosno obrazac za ostavljanje komentara vezano uz edukacijske robote. Pitanja koja su se odnosila na demografske podatke obuhvaćala su spol, dob i stupanj obrazovanja ispitanika. Slijedila su pitanja koja su se odnosila na to jesu li se i ako jesu s kojim robotom su se ispitanici susreli te u koju svrhu. Sedmo pitanje odnosilo se na vlastito posjedovanje obrazovnog robota, a osmo, deveto i deseto pitanje bila su pitanja višestrukog odabira koja su obuhvatila prednosti, nedostatke te izazove edukacijskih robota. Jedanaesto pitanje

⁷⁸ Osječko-baranjska županija. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Jill-Watson-Doesn't-Care-if-You're-Pregnant%3A-Al-in-Eicher-Polepeddi/3b5773dd446210c80edc2c7a81e7283ac7f931cc> (2024-01-07)

⁷⁹ Osječko-baranjska županija. URL: <https://www.obz.hr/index.php/srednje-skole-i-domovi> (2024-01-07)

⁸⁰ Portal otvorenih podataka Grada Zagreba. URL: <https://data.zagreb.hr/dataset/osnovne-skole-grad-zagreb/resource/1dbedd9a-997c-4981-8d38-788894723e00> (2024-01-07)

⁸¹ Grad Zagreb. URL: <https://zagreb.hr/srednje-skole-grada-zagreba/22067> (2024-01-07)

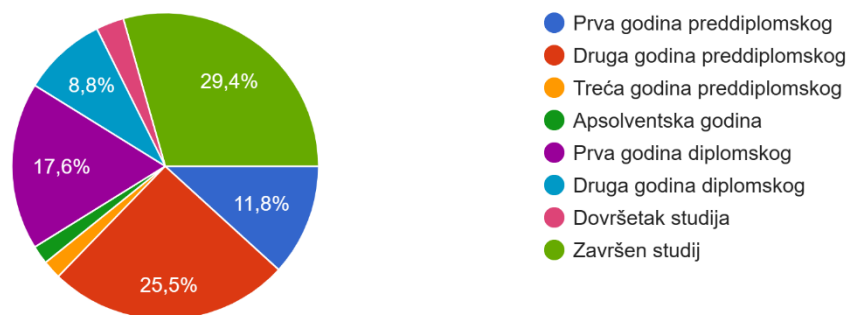
ispitalo je u kojim sektorima ljudske djelatnosti bi trebalo implementirati edukacijske robote, a bilo je tipa višestrukog odabira dok je dvanaesto pitanje bilo o percepciji razvoja edukacijskih robota u budućnosti.

7.3.Rezultati

U istraživanju je sudjelovalo 102 ispitanika (n = 102). Od 102 ispitanika 79 je ženskog spola (77.5%), a 23 muškog spola (22.5%). 26 ispitanika (25.5%) ispitanika spada u dobnu skupinu 18-20, 46 ispitanika (45.1%) u dobnu skupinu 21-30, a 30 ispitanika (29.4%) u dobnu skupinu 30+ godina.

Po pitanju stupnja obrazovanja (vidi Sliku 10.), najviše ispitanika, njih 30 (29,4%) imalo je završen studij, 3 (2.9%) su na završetku studija, 9 (8.8%) ispitanika polaznici su druge godine diplomskog studija, 18 (17.6%) ispitanika je na prvoj godini diplomskog studija, 2 (2%) ispitanika su na apsolventskoj godini, 2 (2%) ispitanika su na trećoj godini preddiplomskog studija, 26 (25.5%) ispitanika su na drugoj godini preddiplomskog studija te 12 (11.8%) ispitanika koji su na prvoj godini preddiplomskog studija.

Koja ste godina studija?
102 odgovora

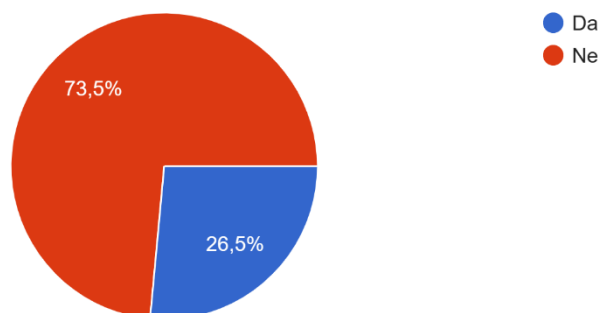


Slika 10. Struktura ispitanika s obzirom na stupanj obrazovanja

Na pitanje „Jeste li se do sada susreli s edukacijskim robotima?“ 75 ispitanika (73.5%) odgovorilo je s negativnim odgovorom dok se svega 27 (26.5%) ispitanika do sada susrelo s edukacijskim robotima (vidi Sliku 11.) .

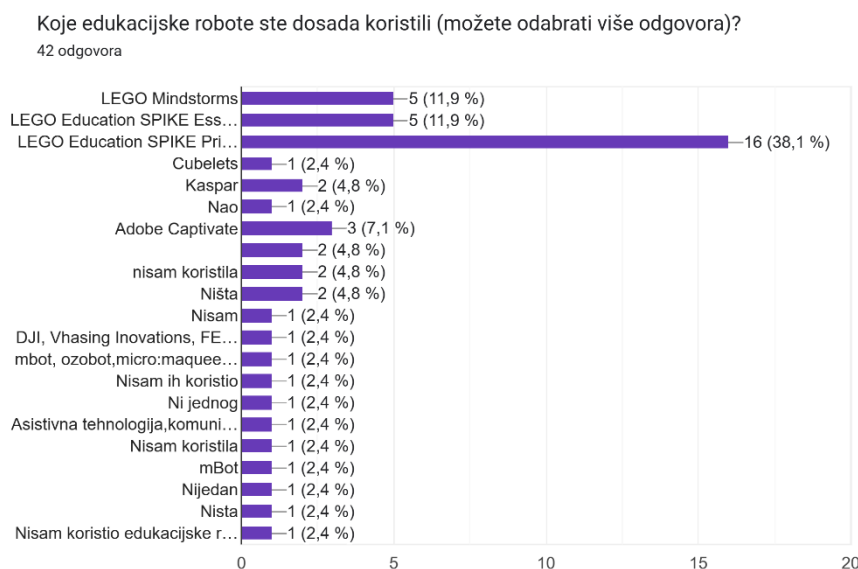
Jeste li se do sada susreli s edukacijskim robotima?

102 odgovora



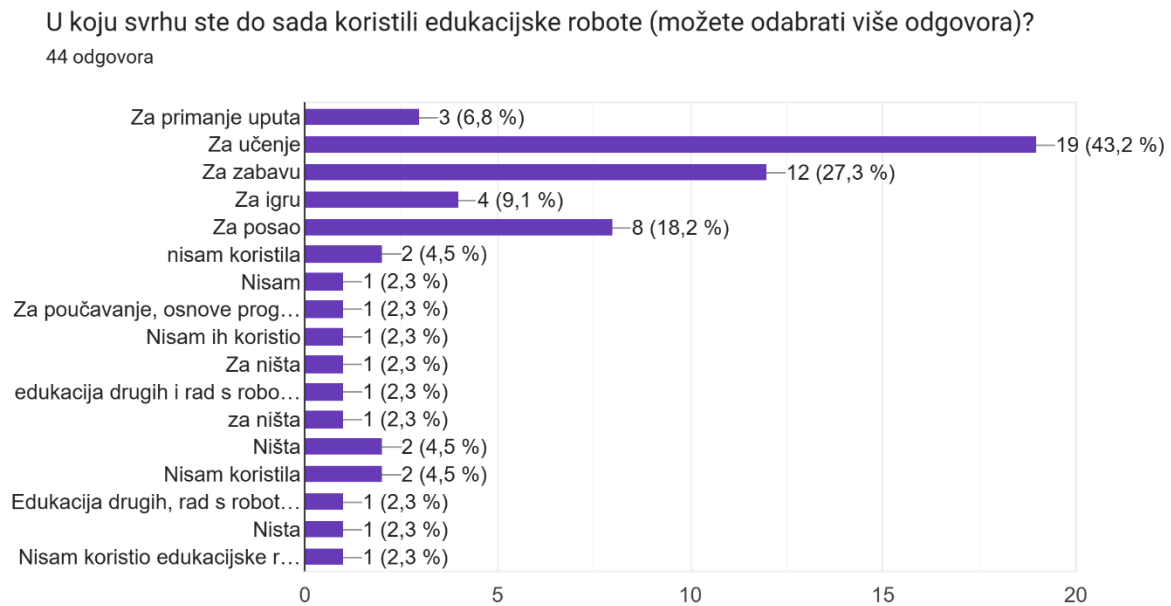
Slika 11. Odgovor ispitanika na pitanje „Jeste li se do sada susreli s edukacijskim robotima?“

Iz sljedećeg pitanja, „Koje edukacijske robote ste do sada koristili?“ (vidi Sliku 12.), gdje je bilo dopušteno odabrati više odgovora, vidljivo je da su LEGO serije robota daleko najučestalije u usporedbi sa svim ostalim robotima. LEGO Education SPIKE Prime set koristilo je 16 (38.8%) ispitanika, LEGO Education SPIKE Essential set i LEGO Mindstorms koristilo je po 5 (11.9%) ispitanika, Adobe Captivate koristila su 3 (7.1%) ispitanika, Kaspar robota i mBot koristila su po 2 (4.8%) ispitanika, a robote Cubelets, Ozobot, Marquee, Artie i Nao koristio je po 1 (2.4%) ispitanik. 11 Kada se udio LEGO robota zbroji vidimo da se njima sveukupno koristilo 26 ispitanika, što je 61.9%. Jedan korisnik dodao je kako se koristio robotima tvrtki DJI, Vhasing Innovations i FESTO, ali kako se u ovim slučajevima radi o snimateljskim dronovima, a ne o edukacijskim robotima smatra se kako se nije koristio edukacijskim robotima.



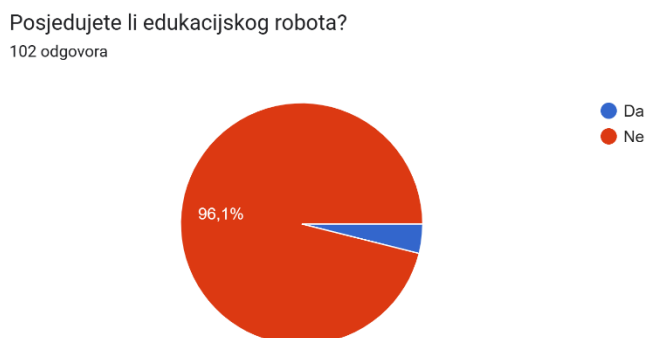
Slika 12. Odgovor ispitanika na pitanje „Koje edukacijske robote ste do sada koristili?“

Pitanje „U koju svrhu ste do sada koristili edukacijske robote?“ (vidi Sliku 13.) u kojem je također bilo moguće odabrati više odgovora dalo je uvid u to da se edukacijski roboti primarno koriste za ono za što su i namijenjeni. 19 (43.2%) ispitanika izjasnilo se da su robote koristili za učenje, 12 (27.3%) ispitanika koristilo je robote za zabavu, 11 (25%) ispitanika za posao, 4 (9.1%) ispitanika za igru, a 3 (6.8%) ispitanika za primanje uputa



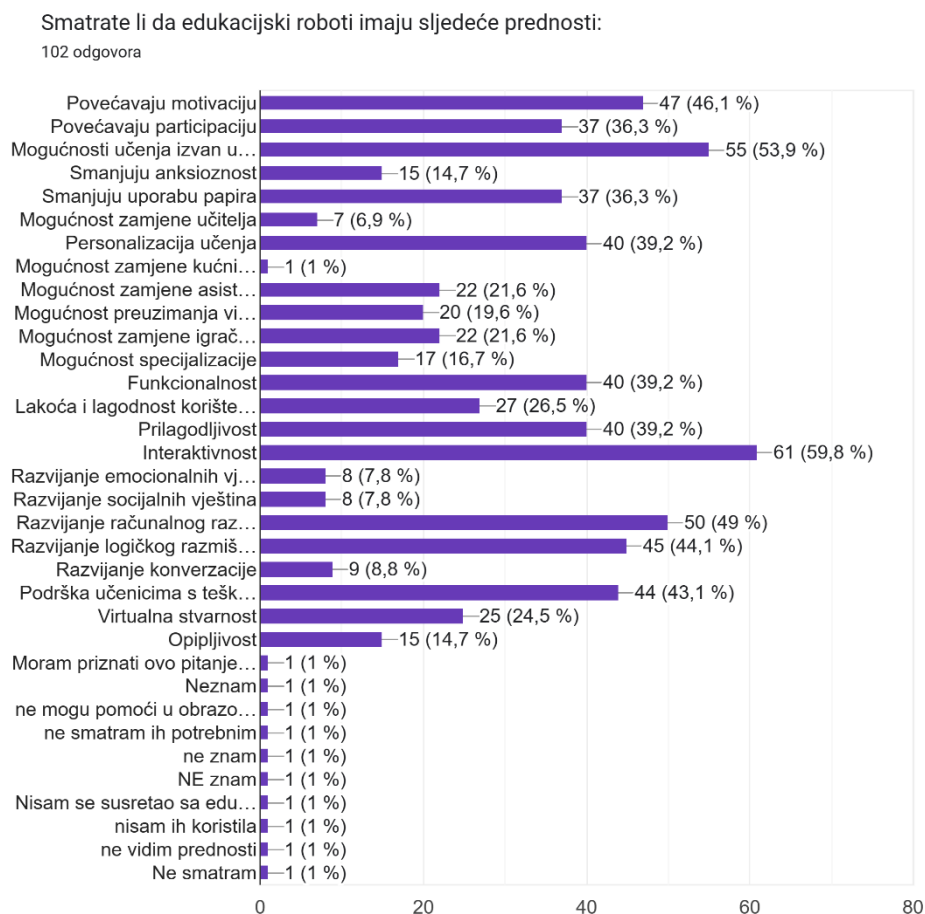
Slika 13. Odgovor ispitanika na pitanje „U koju svrhu ste do sada koristili edukacijske robote?“

Iz idućeg pitanja, „Posjedujete li edukacijskog robota?“ (vidi Sliku 14.) vidljivo je kako edukacijske robote primarno nabavljaju pravne osobe, budući da je čak 98 (96.1%) ispitanika odgovorilo da ne posjeduje edukacijskog robota dok su samo 4 (3.9%) ispitanika odgovorila kako posjeduju edukacijskog robota.



Slika 14. Odgovor ispitanika na pitanje „Posjedujete li edukacijskog robota?“

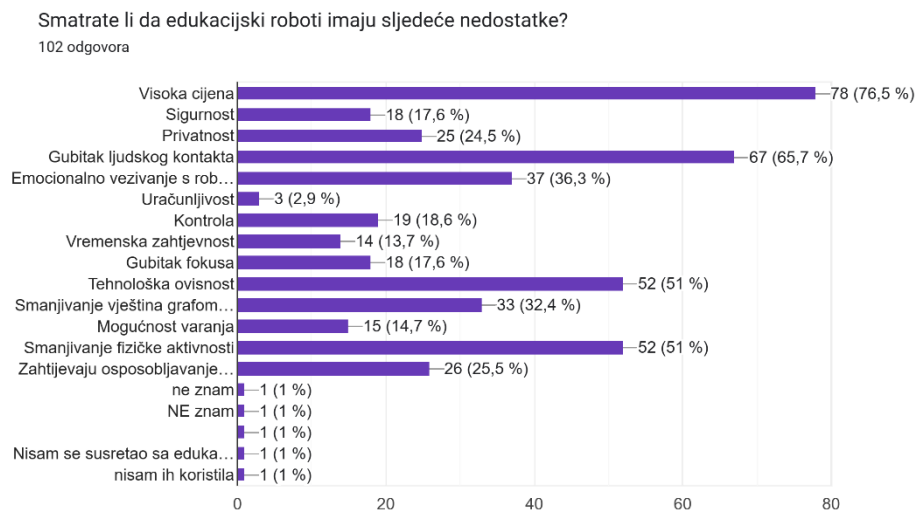
Naredno pitanje, „Smatrate li da edukacijski roboti imaju sljedeće prednosti?“ (vidi Sliku 15.), prvo je pitanje koje donosi uvid u mišljenje ispitanika o edukacijskim robotima. Kao najistaknutije prednosti pokazale su se interaktivnost koju odabire 61 (59.8%) ispitanika, mogućnosti učenja izvan učionice odabire 55 (53.9%) ispitanika, razvijanje računalnog razmišljanja odabire 50 (49%) ispitanika te povećanje motivacije odabire 47 (46.1%) ispitanika dok su najmanje istaknute prednosti mogućnost zamjene kućnih ljubimaca odabire 1 (1%) ispitanika, mogućnost zamjene učitelja odabire 7 (6.9%) ispitanika, razvijanje emocionalnih vještina i razvijanje socijalnih vještina od kojih svaka prednost ima po 8 (7.8%) odabira ispitanika te razvijanje konverzacije odabire 9 (8.8%) ispitanika. 1 (1%) ispitanik smatra kako edukacijski roboti ne mogu pomoći u obrazovanju jer ne pomažu u odgoju koji ima prednost ispred obrazovanja. 6 (5.9%) ispitanika smatra da edukacijski roboti nemaju prednosti.



Slika 15. Odgovor ispitanika na pitanje „Smatrate li da edukacijski roboti imaju sljedeće prednosti?“

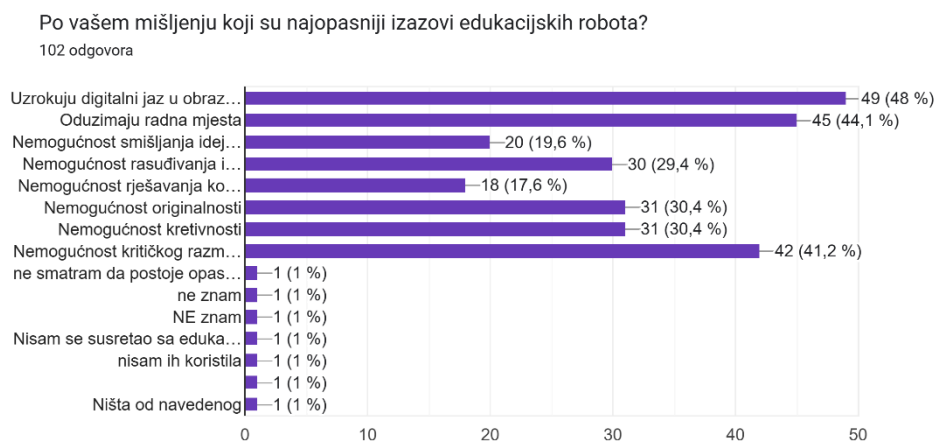
Sljedeće pitanje (vidi Sliku 16.), nasuprot prethodnome, za cilj je imalo ispitati glavne nedostatke edukacijskih robota, a glasilo je „Smatrate li da edukacijski roboti imaju sljedeće nedostatke?“.

Od 102 ispitanika, njih 78 (76.5%) smatra kako je cijena obrazovnih robota visoka, 67 (65.7%) ispitanika istaknulo je gubljenje ljudskog kontakta što se nadovezuje na prethodno pitanje u kojem su najmanje istaknute prednosti bile razvoj emocionalnih i društvenih vještina te mogućnost zamjene učitelja/ice. 52 (51%) ispitanika označila su tehnološku ovisnost i smanjenje fizičke aktivnosti kao najveće nedostatke. S druge strane, najmanje istaknuti nedostaci su uračunljivost, koju su označila 3 (2.9%) ispitanika, vremenska zahtjevnost odabralo je 14 (13.7%) ispitanika, mogućnost varanja odabralo je 15 (14.7%) ispitanika te gubitak fokusa i sigurnost odabralo je 18 (17.6%) ispitanika. 2 (2%) ispitanika označila su da ne znaju koje nedostatke imaju obrazovni roboti.



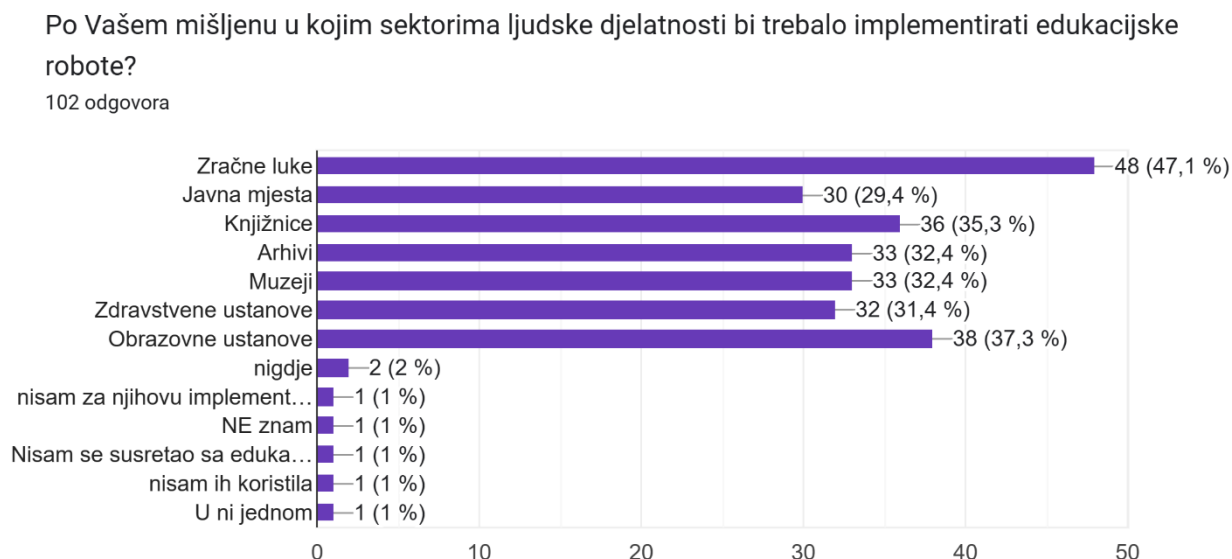
Slika 16. Odgovor ispitanika na pitanje „Smatrate li da edukacijski roboti imaju sljedeće nedostatke?“.

Iduće pitanje (vidi Sliku 17.) glasilo je „Po vašem mišljenju koji su najopasniji izazovi edukacijskih robota?“. Kao najopasniji izazov pokazalo se uzrokovanje digitalnog jaza u obrazovanju uslijed neravnomjerne dostupnosti tehnologije što je odabralo 49 (48%) ispitanika, odmah iza njega slijedilo je oduzimanje radnih mjesta što je odabralo 45 (44.1%) ispitanika te nemogućnost kritičkog razmišljanja što je odabralo 42 (41.2%) ispitanika. Kao najmanje opasni izazovi označeni su nemogućnost rješavanja kompleksnih problema što je odabralo 18 (17.6%) ispitanika, nemogućnost smišljanja ideja o nekoj temi što je odabralo 20 (19.6%) ispitanika te nemogućnost originalnosti i kreativnosti što je odabralo 31 (30.4%) ispitanika.



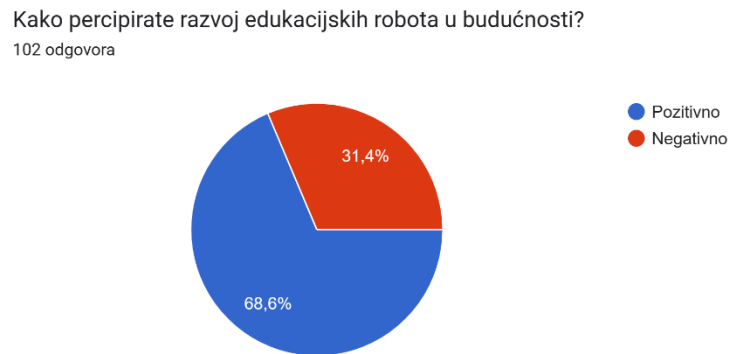
Slika 17. Odgovor ispitanika na pitanje „Po vašem mišljenju koji su najopasniji izazovi edukacijskih robota?“

Nadalje, pretposljednje pitanje (vidi Sliku 18.) glasilo je „Po Vašem mišljenju u kojim sektorima ljudske djelatnosti bi trebalo implementirati edukacijske robote?“. Najviše odabira dobile su zračne luke sa 48 (47.1%) odabira ispitanika dok su obrazovne ustanove na drugom mjestu sa 38 (37.3%) odabira ispitanika. Iduće su knjižnice sa 36 (35.3%) odabira ispitanika, a iza njih arhivi i muzeji sa po 33 (32.4%) odabira ispitanika. Najmanji broj odabira dobile su zdravstvene ustanove sa 32 (31.4%) odabira ispitanika i ostala javna mjesta sa 30 (29.4%) odabira ispitanika.



Slika 18. Odgovor ispitanika na pitanje „Po Vašem mišljenju u kojim sektorima ljudske djelatnosti bi trebalo implementirati edukacijske robote?“

Posljednje pitanje (vidi Sliku 19.) odnosilo se na općenitu percepciju razvoja edukacijskih robota u budućnosti gdje su ponuđeni odgovori bili pozitivno ili negativno. 70 (68.6%) ispitanika odgovorilo je da razvoj edukacijskih robota u budućnosti smatra pozitivnim dok je 32 (31.4%) ispitanika odgovorilo da razvoj edukacijskih robota u budućnosti smatra negativnim.



Slika 19. Odgovor ispitanika na pitanje „Kako percipirate razvoj edukacijskih robota u budućnosti?“

7.4. Rasprava

Demografska pitanja dala su uvid u strukturu ispitanika prema spolu, dobi i razini obrazovanja. Anketni upitnik ispunile su većinom pripadnice ženskog spola. Prema dobi i razini obrazovanja ispitanika vidljivo je da su obuhvaćeni većinom studenti viših godina fakulteta i nastavnici sa završenim fakultetima što povećava relevantnost odgovora budući da takve osobe vrlo vjerojatno posjeduju stvarna iskustva vezana uz temu istraživanja.

Nažalost, gotovo dvije trećine ispitanika nije se nikada susrelo s bilo kojim oblikom edukacijskih robota što nam daje do znanja da edukacijski roboti nisu još općeprihvaćena praksa u učionici iako u usporedbi s drugim svjetskim zemljama Hrvatska djeluje kao relativno napredna i otvorena zemlja.

Od ispitanika koji su se susreli s edukacijskim robotima vidljivo je da se najviše koriste setovi koji su cjenovno najprihvatljiviji. Radi se o LEGO Mindstorms i LEGO Education SPIKE setovima. Kada se zbroje postotci korištenja LEGO setova u usporedbi s ostalim, naprednijim robotima poput robota Nao ili Kaspar može se zaključiti da se radi o cijeni kao presudnom faktoru za odabir edukacijskog robota. Naime LEGO proizvodi čine gotovo 62% korištenih edukacijskih robota. Slična situacija je i u ostalim državama koje se koriste obrazovnom robotikom. Naime, LEGO roboti toliko su popularni da je LEGO osnovao službenu ligu koja se sastoji od 1 350

natjecanja u 80 zemalja, a okuplja 29 000 ekipa sa više od 200 000 članova od kojih svi koriste LEGO Mindstorms robote. Glavna nagrada za pobjedu u ligi je \$20 000.⁸²

Svrha u koju se koriste edukacijski roboti primarno je za učenje, a zatim za zabavu, posao ili igru. Ovo pitanje, kao i pitanje „Posjedujete li edukacijskog robota?“ iz kojeg je vidljivo da 96% ispitanika ne posjeduje edukacijskog robota ukazuje na to da se edukacijski roboti primarno kupuju od strane pravnih, a ne fizičkih osoba. Razlog ovomu može biti ponovno visoka cijena što otežava obiteljima nabavu edukacijskih robota. Drugi mogući razlog je specifična uporaba edukacijskih robota u smislu da zbog visoke cijene edukacijske roboti odnosno robotske setove najčešće kupuju ustanove koje ili imaju dovoljno financija za priuštiti si edukacijske robote ili imaju potporu države ili donacije pa si na taj način priušte edukacijske robote. Takva raspodjela vlasnika edukacijskih robota ima smisla jer se često radi o školama, domovima tehnike ili specijaliziranim centrima u kojima onda svi članovi određenih ustanova imaju pristup edukacijskim robotima uz adekvatan nadzor i obrazovanje. Zajedničko korištenje edukacijskih robota omogućava razvoj vještina koje sami edukacijski roboti ne mogu razviti kod djeteta poput emocionalnih i društvenih vještina što nije slučaj kod djece koja samostalno posjeduju edukacijske robote u vlastitim domovima. Mali postotak fizičkih osoba koje posjeduju edukacijske robote može se pripisati imućnijim obiteljima koje su u mogućnosti samostalno si priuštiti ovakvu vrstu edukacije, kolekcionarima ovakvih i sličnih proizvoda te vrlo uskoj skupini odraslih osoba koja samostalno proučava robote i robotiku.

Pitanja o prednostima i nedostacima obrazovnih robota nude kvalitetan uvid u mišljenja i stavove ispitanika o edukacijskim robotima. Kao prednosti robota najviše su se pokazale interaktivnost, mobilnost učenja i razvoj različitih načina razmišljanja. Sveopća interaktivnost se, povećanjem njezine uključenosti u svakodnevni život, polako dovodi u pitanje. Naime, kako uređaji i pomagala postaju interaktivni tako oni postaju jednostavniji za korištenje što ultimativno uključuje proces korištenja bez imalo ili uz vrlo malo razmišljanja. Primjeri su mnogobrojni, od računalnih programa i mrežnih stranica koji nakon nekoliko pitanja prema korisniku samostalno postavljaju najoptimalnije postavke za korištenje bez da korisnik ima uvid ili objašnjenje o čemu se radi do pećnica na vrući zrak koje također samostalno namještaju vrijeme i temperaturu ovisno o odabranoj slici hrane koja se priprema.

⁸² A Future in Robotics From Playing With Legos? URL: <http://www.rexe.cl/ojournal/index.php/rexe/article/view/549> (2024-01-20)

Interaktivnost se, na prvu, čini kao velika prednost i odlična osobina, no treba biti oprezan kako ona ne bi postala središte oko kojeg se proizvod razvija jer njezin razvoj, prema dosadašnjim primjerima iz stvarnog svijeta, uzrokuje smanjenje potrebnog razmišljanja što onda umanjuje ili negira svrhu edukacijskih robota. Edukacijski, ne i ostali, roboti ne bi trebali služiti primarno kao interaktivna zabava, već kao alat za unaprjeđenje djetetova mozga.

Iduća važna prednost razvoj je kritičkog i računalnog razmišljanja što je svakako slučaj kod edukacijskih robota. Računala su, kada ih se svede na osnove, vrlo jednostavni strojevi koji funkcioniraju na principima jednostavnih, logičkih koraka. Razvoj logičkog i računalnog razmišljanja, dakle, vrlo je potreban, čak i očekivan od edukacijskih robota jer bi ponudio korisnicima robota nove načine sagledavanja i rješavanja problema. Kada se na to doda i činjenica da će se buduće generacije sve manje susretati s pisanom riječju i papirom, a sve više s računalima, ovakvi načini razmišljanja, njihov razvitak i korištenje postaju obvezni.

Podrška učenicima s teškoćama prednost je s velikim potencijalom jer bi omogućila edukacijskim rehabilitatorima i asistentima u nastavi olakšan posao u smislu dodjele dijela posla edukacijskom robotu zbog čega bi asistent ili edukacijski rehabilitator mogao istovremeno raditi s povećanim brojem djece s poteškoćama. Također bi država mogla sufinancirati nabavu ovakvih robota obiteljima djece s poteškoćama kako bi se obrazovanje i raspodjela posla mogla nastaviti i kod kuće što bi rezultiralo bržim napretkom i većim opsegom znanja i mogućnosti.

Najmanje istaknute prednosti su zamjena učitelja te shodno s tim, razvoj emocionalnih i socijalnih vještina i razvijanje konverzacije. Potrebno je razumjeti kako su čovjek i robot dvije odvojene vrste te kako, za sada, jedno ne može zamijeniti drugo u raznim aspektima. Trenutna tehnologija ne omogućava robotima dovoljno sličan nastup ljudskome da bi ga se moglo prihvatiti kao potpunu zamjenu učitelju. Roboti nisu u mogućnosti podučiti empatiju, kontroliranje emocija, pružiti kvalitetnu socijalizaciju, u potpunosti zadovoljiti potrebe za ljudskim kontaktom, pružiti ljubav, toplinu ili istinsku podršku. S druge strane, moguće je da na znatno prihvatljiviji i jednostavniji način može podučiti tablicu množenja ili razmnožavanje stanice. Osim samog učitelja, za zdravi razvoj ovih vještina neophodni su i vršnjaci budući da se osoba najviše može poistovjetiti i razumjeti svoje vršnjake te s njima provodi najviše vremena.

Najistaknutiji nedostatak robota neupitno je visoka cijena što objašnjava njihovu slabiju raširenost po osnovnim i srednjim školama te po obiteljima. Cijena robota visoka je jer je tehnologija nova, neistražena i ubrzano se razvija to znači da zahtjeva velike priljeve novaca kako bi ubrzani razvoj bio moguć. Vremenom, kako se određene stvari budu ustalile za očekivati je kako

će i cijena opasti te će roboti postati dostupniji većem postotku populacije što će zasigurno ostaviti utjecaja na generacije koje budu odrasle uz robote. Kakvi će to utjecaji točno biti, za sada je teško reći jer takvih primjera ima u zanemarivim količinama.

Idući veliki nedostatak prema mišljenju ispitanika gubitak je ljudskog kontakta. Ovaj je problem ranije objašnjen, ali njegovo ponovno isticanje daje do znanja da su rezultati upitnika i mišljenja ispitanika konzistentni. Osim toga istaknute su tehnološka ovisnost i smanjivanje fizičke aktivnosti. Niti jedan od ova dva nedostatka nije novi, a edukacijski roboti, čini se, doprinose njihovom povećanju. Tehnološka ovisnost strjelovito raste iz desetljeća u desetljeće, a najbolji primjeri toga su Google karte bez kojih značajna populacija više nije u stanju pronaći točke interesa ili mjesta do kojih želi stići. Ovdje se može dodati i problem automobila i mobilnih uređaja bez kojih je moderan stil života nezamisliv u smislu transporta, komunikacije i mogućnosti sudjelovanja u javnim događajima. Tehnologija zasigurno olakšava svakodnevnicu, no ona nikako ne bi smjela biti temelj postojanja bez kojeg društvo ne može funkcionirati i čemu nema alternative. Tehnološka ovisnost sa sobom povlači smanjivanje fizičke aktivnosti jer kako sve više poslova obavlja tehnologija to je čovjek manje fizički aktivan. Stroj za pranje rublja pere rublje, robot usisava kuću i kosi travu, radijator grije kuću, internet umanjuje potrebu za izlaskom iz kuće i druženjem, kalkulator računa umjesto čovjeka itd.

Kao najopasniji izazov ispitanici su istaknuli uzrokovanje digitalnog jaza u obrazovanju uslijed neravnomjerne dostupnosti tehnologije. Opasnost digitalnog jaza eksponencijalno se povećava u 21. stoljeću jer je usko povezano sa nestajanjem srednje klase stanovništva. Jaz, uz doprinos edukacijskih robota, uzrokuje mnoštvo tehnoloških napredaka koji uslijed svoje nabavne cijene nisu dostupni ekonomski nižim klasama stanovništva. Idući prepoznati izazov je oduzimanje radnih mjesta. Ova opasnost vjerojatno će postati znatno prisutnija u budućnosti nego što je to slučaj u današnjici. Jako je teško robotom u potpunosti zamijeniti učitelja ili asistenta u nastavi s obzirom na trenutni stupanj razvijenosti tehnologije. Robot i osoba mogu djelovati jedno uz drugo, ali trenutno dostupni roboti nisu u mogućnosti samostalno održavati nastavni proces niti samostalno odgajati djecu u vrtićkim skupinama. Također nemaju sposobnosti pružanja osnovnih ljudskih vrijednosti poput suosjećanja, ljubavi, pažnje ili brige.

Za najmanje opasni izazov istaknuta je nemogućnost rješavanja kompleksnih problema. Za rješavanje kompleksnih problema često je potrebno primijeniti nekoliko različitih pristupa i načina razmišljanja kako bi rješenje bilo primjenjivo i izvedivo. Hoće li današnja djeca razviti mogućnosti rješavanja kompleksnih problema, ukoliko se budu obrazovala uz edukacijske robote, najviše ovisi

o tome kako će edukacijski roboti izgledati i do koje mjere će djeci biti olakšano, prilagođavano ili potpomognuto savladavanje gradiva. Ukoliko edukacijski robot preuzme velik dio funkcija na sebe ili omogući djetetu zaobilazanje truda i napora, teško je za očekivati da će tako obrazovana djeca imati veće kapacitete za rješavanje kompleksnih problema nego što je to danas. Razmišljanje se uči „na terenu“, kroz iskustvo i jako je zahtjevno prenijeti znanje stečeno iskustvom u teoriji, a da ono bude primjenjivo bez prakse.

Uspoređujući dobivene rezultate provedenog istraživanja s rezultatima prethodnih istraživanja mogu se izvući određeni zaključci u vezi ispitanika u ostalim državama u usporedbi ispitanika u Hrvatskoj. Istraživanje provedeno u Španjolskoj⁸³ pokazalo je kako učitelji pripravnici sami sebe smatraju digitalno kompetentnima iako su najviše poteškoća imali upravo s korištenjem softwera i hardwarea te rješavanjem računalnih problema dok se u provedenom istraživanju kao najviše izglasana prednost obrazovnih robota pokazala njihova mogućnost interaktivnosti što sugerira da su ispitanici sposobni samostalno koristiti obrazovne robote i usluge koje oni pružaju.

Istraživanje provedeno u Turskoj⁸⁴ pokazalo je da su ocjene samoprocjene STEM vještina u niske, vjerojatno uslijed stavljanja naglaska na matematiku ispred inženjerstva i tehnologije unutar obrazovnog sustava. Vezano uz matematiku, slična situacija je i u Hrvatskoj gdje se matematika poučava tijekom cijelog obveznog školovanja i odlazi u puno veće dubine u usporedbi s inženjerstvom i tehnologijom.

Istraživanje pod naslovom *A Systematic Review of Studies on Educational Robotics*⁸⁵ ukazalo je na mogućnost i potencijal za povećanje kreativnosti i interesa za učenje kod prosječnih učenika te kritičnu važnost kvalitete obrazovanja i volje za podučavanjem učitelja kao medijatora između učenika i robota. Iz rezultata ovog ispitivanja vidi se da ispitanici najvećim prednostima smatraju povećanje motivacije i participacije koji su među ključnim dijelovima za izraženu kreativnost dok su gubitak ljudskog kontakta i razvoj osnovnih ljudskih vještina poput emocija i

⁸³ Esteve, Francesc et.al. The Development of Computational Thinking in Student Teachers through an Intervention with Educational Robotics, 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/336304969_The_Development_of_Computational_Thinking_in_Student_Teachers_through_an_Intervention_with_Educational_Robotics (2024-01-03)

⁸⁴ Karaahmetoglu, Kubra. Korkmaz, Ozgen. The effect of project-based arduino educational robot applications on students' computational thinking skills and their perception of Basic Stem skill levels, 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/337658903_The_effect_of_project-based_arduino_educational_robot_applications_on_students'_computational_thinking_skills_and_their_perception_of_Basic_Stem_skill_levels (2024-01-04)

⁸⁵ Anwar, Saira et.al. A Systematic Review of Studies on Educational Robotics, 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/334324787_A_Systematic_Review_of_Studies_on_Educational_Robotics (2024-01-05)

društva pripisane poglavito učiteljima što daljnje potvrđuje neizmjernu važnost učitelja u ovakvom odnosu.

8. Zaključak

Razvoj tehnologije nepredvidiva je strana ljudskog postojanja jer broj novosti i izuma koje čovjek može smisliti gotovo da je neograničen. Dvadeseto i dvadeset prvo stoljeće donijeli su struju, elektroniku, razvoj materijala, umjetnu inteligenciju te cijeli spektar dijelova potrebnih za sastavljanje edukacijskih robota. Edukacijski roboti novo su područje koje se, skupa s ostalim sličnim tehnologijama, ubrzano razvija kako bi zadovoljilo želje i potrebe tržišta. Takvi roboti obuhvaćaju raspon od svojih najjednostavnijih oblika poput LEGO kocaka s jednostavnim softverom za upravljanje do kompleksnih jedinica koje se samostalno kreću, uče pa čak i razmišljaju kao što su Nao, Kaspar ili Yuki. Edukacijski roboti prave se za specifična obrazovna područja, primjerice STEM i za specifičnu publiku kao što su djeca osnovnoškolske dobi i djeca s posebnim potrebama. Razlog ovakvoj proizvodnji nedovoljna je razvijenost tehnologije za proizvodnju općih robota koji bi bili primjenjivi u nekoliko predmeta i za različite dobne skupine te, popratno, njihova visoka cijena zbog čega se najčešće kupuju u sklopu ustanova ili uz državne subvencije.

Istraživanja su pokazala da edukacijski roboti doprinose poboljšanju motivacije i zainteresiranosti za nastavni program, računalnom i logičkom razmišljanju te smanjenju anksioznosti i nesigurnosti. S druge strane, istraživanjima je utvrđeno kako korištenje edukacijskih robota, ukoliko nema dovoljne uključenosti nastavnika ili vršnjaka dovodi do osjećaja usamljenosti te smanjivanja emocionalnih, društvenih i komunikacijskih vještina. Ovi zaključci daju do znanja da s uporabom robota, kao i sa svakom drugom tehnologijom treba biti oprezan, barem sa sadašnjim stupnjem razvoja robota i ne dopustiti da edukacijski robot u potpunosti zamjeni nastavnika.

S obzirom na brzinu dosadašnjeg razvoja obrazovne robotike lako je zaključiti da je ova tehnologija još u povojima te da će se njezin razvoj kroz nadolazeće godine samo ubrzavati i da će roboti postati uobičajena pojava ne samo u obrazovanju već i u ostalim područjima ljudske djelatnosti poput zračnih luka, medicinskih ustanova, kućanstava, bankama, graditeljstvu i slično. Istraživanje provedeno u ovom radu pokazalo je da studenti i nastavnici generalno imaju pozitivan stav prema razvoju edukacijskih robota u budućnosti te da im nije strana činjenica da će ih kroz skoriju budućnost početi aktivno koristiti u vlastitom nastavnom procesu.

9. Literatura

1. A Future in Robotics From Playing With Legos? URL: <https://www.ecpi.edu/blog/robotics-career-from-playing-with-legos> (2024-01-20)
2. Adobe. URL: <https://www.adobe.com/products/captivate.html> (2023-12-18)
3. Adobe. URL: <https://www.adobe.com/products/captivate/certificate.html> (2023-12-18)
4. Aldebaran. URL: <https://www.aldebaran.com/en/nao> (2023-11-23)
5. Alismisis, Dimitris. Educational robotics: Open questions and new challenges. // Themes in Science & Technology Education Vol. 6, No 1(2013), 63-71. URL: <http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/view/119/85> (2023-12-23)
6. Amazon. URL: https://www.amazon.com/s?k=cubelets+robot+blocks&crd=X700BEHFTEPJ&sprex=cubelets+%2Caps%2C167&ref=nb_sb_ss_ts-doa-p_1_9 (2023-12-03)
7. American Graphics Institute. URL: <https://www.agitraining.com/adobe/captivate/classes/what-is-adobe-captivate> (2023-12-18)
8. Anwar, Saira et.al. A Systematic Review of Studies on Educational Robotics, 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/334324787_A_Systematic_Review_of_Studies_on_Educational_Robotics (2024-01-05)
9. Automate. URL: <https://www.automate.org/robotics/engelberger/joseph-engelberger-unimate> (2023-11-25)
10. Bodkin, Henry. 'Inspirational' robots to begin replacing teachers within 10 years, 2017-9-11. URL: <https://www.telegraph.co.uk/science/2017/09/11/inspirational-robots-begin-replacing-teachers-within-10-years/> (2023-12-28)
11. Bustos Iliescu, Alexandra. The future of educational robotics: enhancing education, bridging the digital divide, and supporting diverse learners, 2023-3-31. URL: <https://aiforgood.itu.int/the-future-of-educational-robotics-enhancing-education-bridging-the-digital-divide-and-supporting-diverse-learners/> (2023-12-23)
12. Cardosa Gomez, Desiree Rosa. Personal and social robots in education: The role of robots in the education of the future, 2018-11-28. URL: <https://blogs.uoc.edu/elearning-innovation-center/personal-and-social-robots/> (2023-12-29)
13. Condliffe, Jamie. What Skills Will You Need to Be Employable in 2030?, 2017-9-28. URL: <https://www.technologyreview.com/2017/09/28/148906/what-skills-will-you-need-to-be-employable-in-2030/> (2023-12-29)
14. Cyclone. URL: https://en.cyclone-robotics.com/product/info_10.html (2023-11-28)

15. Debczak, Michele. These Revised Guidelines Redefine Birth Years and Classifications for Millennials, Gen Z, and Gen Alpha, 2023. URL: <https://www.mentalfloss.com/article/609811/age-ranges-millennials-and-generation-z> (2024-01-04)
16. Dodd, George G.; Rossol, L.. A Vision-Controlled Robot System for Transferring Parts from Belt Conveyors. // Computer Vision and Sensor-Based Robots / New York: Springer New York, 1979. 81-100.
17. Ed. URL: <https://edstem.org/> (2023-12-18)
18. Ed-Thelen. URL: <https://ed-thelen.org/comp-hist/robots.html> (2023-11-25)
19. Eicher, Bobbie; Polepeddi, Lalith; Goel, Ashok. Jill Watson Doesn't Care if You're Pregnant: Grounding AI Ethics in Empirical Studies, 2017. URL: https://aies-conference.com/2018/contents/papers/main/AIES_2018_paper_104.pdf (2023-12-22)
20. Eng. Science, technology, engineering and mathematics
21. Esteve, Francesc et.al. The Development of Computational Thinking in Student Teachers through an Intervention with Educational Robotics, 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/336304969_The_Development_of_Computational_Thinking_in_Student_Teachers_through_an_Intervention_with_Educational_Robotics (2024-01-03)
22. European Commission, Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture. Key competences for lifelong learning, 2019. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2766/569540> (2024-01-03)
23. Fernandez Morales, Cecilia et.al. Contextualización de la formación virtual en robótica educativa de los docentes rurales del Perú. // Revista de Estudios y Experiencias en Educacion vol.2, 2(2018).71-82. URL: <http://www.rexe.cl/ojournal/index.php/rexe/article/view/549> (2024-01-20)
24. Gazebo. URL: <https://gazebosim.org/home> (2023-11-28)
25. Georgia Tech. URL: <https://gvu.gatech.edu/research/projects/virtual-teaching-assistant-jill-watson> (2023-11-28)
26. Grow with Google. URL: <https://grow.google/intl/hr/> (2023-12-23)
27. Hack Education. URL: <https://hackededucation.com/2015/04/10/mindstorms> (2023-11-29)
28. Harper, Amelia. Will robots replace teachers in the future?, 2018-11-15. URL: <https://www.k12dive.com/news/will-robots-replace-teachers-in-the-future/542239/> (2023-12-29)
29. History of Information. URL: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=4352> (2023-11-25)
30. Hrastović, Dina. ROBOTI SU BUDUĆNOST OBRAZOVANJA: Yuki uz pomoć umjetne inteligencije predaje studentima na fakultetu, a uskoro će potpuno zamijeniti asistente,

- 2019-5-6. URL: <https://www.jutarnji.hr/naslovnica/roboti-su-buducnost-obrazovanja-yuki-uz-pomoc-umjetne-inteligencije-predaje-studentima-na-fakultetu-a-uskoro-ce-potpuno-zamijeniti-asistente-8830238> (2023-12-28)
31. Hrvatska enciklopedija. URL: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/umjetna-inteligencija> (2023-11-25)
32. Karaahmetoglu, Kubra. Korkmaz, Ozgen. The effect of project-based arduino educational robot applications on students' computational thinking skills and their perception of Basic Stem skill levels, 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/337658903_The_effect_of_project-based_arduino_educational_robot_applications_on_students'_computational_thinking_skills_and_their_perception_of_Basic_Stem_skill_levels (2024-01-04)
33. Konjin, Elly A; Smakman, Matthjis Henricus Johannes; van den Berghe, Rianne. Use of Robots in Education. 2020. URL: https://www.researchgate.net/profile/EllyKonijn/publication/345737267_Use_of_Robots_in_Education/links/608928d92fb9097c0c133e79/Use-of-Robots-in-Education.pdf (2023-12-27)
34. LEGO Education. URL: <https://education.lego.com/en-us/> (2023-11-30)
35. LEGO. URL: <https://spike.legoeducation.com/essential/lobby/> (2023-11-30)
36. LEGO. URL: <https://spike.legoeducation.com/prime/lobby/> (2023-11-30)
37. LEGO. URL: <https://www.lego.com/en-us/product/robot-inventor-51515> (2023-11-29)
38. LEGO. URL: <https://www.lego.com/en-us/themes/mindstorms> (2023-11-23)
39. Microsoft. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/credentials/> (2023-12-23)
40. Modular Robotics. URL: <https://modrobotics.com/> (2023-12-03)
41. Nesta. The future of UK skills: employment in 2030. URL: <https://data-viz.nesta.org.uk/future-skills/index.html> (2023-12-29)
42. Nesta. URL: <https://www.nesta.org.uk/> (2023-12-29)
43. Pavlović-Šijanović, Sanja. Zašto je važno razvijati računalno razmišljanje?, 2020-10-22. URL: <https://www.skole.hr/zasto-je-vazno-razvijati-racunalno-razmisljanje/#:~:text=C.%20Selby%20i%20J.Woollard%20definiraju%20ra%C4%8Duna lno%20razmi%C5%A1ljanje%20kao,sadr%C5%BEava%20apstrakciju%2C%20dekomp oziciju%2C%20algoritamski%20dizajn%2C%20evaluaciju%20i%20generalizaciju%E2%80%9C> (2024-01-03)
44. Pei, Zhenghua; Nie, Yong. Educational Robots: Classification, Characteristics, Application Areas and Problems. // International Conference of Educational Innovation through Technology (EITT), (2018). URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8719451> (2023-11-28)

45. Piazza. URL: <https://piazza.com/> (2023-12-18)
46. Raja, R. Nagasubramani, P. C. Impact of modern technology in education. // Journal of Applied and Advanced Research 3,1(2018.), 33-35. URL: https://www.researchgate.net/publication/325086709_Impact_of_modern_technology_in_education (2023-12-23)
47. Robots. URL: <https://robotsguide.com/robots/cubelets/> (2023-12-03)
48. School Robots By RobotLAB. URL: <https://www.robotlab.com/store/engagek12> (2023-12-17)
49. School Robots By RobotLAB. URL: <https://www.robotlab.com/store/nao-power-v6-educator-pack> (2023-12-12)
50. Scratch. URL: <https://scratch.mit.edu/> (2023-11-29)
51. Selby, Cynthia; Woollard, John. Computational thinking: the developing definition, 2013. URL: https://eprints.soton.ac.uk/356481/1/Selby_Woollard_bg_soton_eprints.pdf (2024-01-03)
52. Slack. URL: <https://slack.com/> (2023-12-18)
53. Slate. URL: <https://slate.com/technology/2018/03/the-kaspar-robot-that-aids-autistic-children-is-the-future-of-social-a-i.html> (2023-12-12)
54. Smakman, Matthijs Henricus Johannes. Robotics in education: Implementing robot tutors in a morally justified way, 2023-3-31. URL: [matthijssmakmanthesis+-+6435ad66d5784.pdf](https://matthijssmakmanthesis.com/files/matthijssmakmanthesis+-+6435ad66d5784.pdf) (vu.nl) (2023-12-27)
55. A Future in Robotics From Playing With Legos? URL: <http://www.rexe.cl/ojournal/index.php/rexe/article/view/549> (2024-01-20)

10. Prilozi

Popis tablica:

1. Tablica1. Prikaz rasporeda aktivnosti obavljenih kroz istraživanje

Popis slika:

1. Slika1. Prvi industrijski robot nazvan Unimate (Izvor: <https://www.automate.org/robotics/engelberger/joseph-engelberger-unimate>)
2. Slika2. LEGO Mindstorms set (Izvor: <https://lstore.hr/collections/lego-mindstroms>)
3. Slika3. LEGO Education Spike Essential Set (Izvor: <https://www.lego.com/en-us/product/lego-education-spike-essential-set-45345>)
4. Slika4. LEGO Education SPIKE Prime Set (Izvor: <https://www.lego.com/en-us/product/lego-education-spike-prime-set-45678>)
5. Slika5. Cubelets robot (Izvor: <https://us.amazon.com/Cubelets-Code-Construct-Education-Pack/dp/B0751TLWX3>)
6. Slika6. Humanoidni robot Kaspar (Izvor: <https://learningenglish.voanews.com/a/health-lifestyle-robot-helps-autistic-children-learn-social-skills/3801379.html>)
7. Slika7. Nao robot Izvor: (https://en.wikipedia.org/wiki/Nao_%28robot%29)
8. Slika8. Adobe Captivate korisničko sučelje (Izvor: <https://elearning.adobe.com/2023/06/adobe-captivate-project-charm-is-now-live/>)
9. Slika9. Primjer odgovora Jill Watson asistenta (Izvor: <https://www.semanticscholar.org/paper/Jill-Watson-Doesn't-Care-if-You're-Pregnant%3A-AI-in-Eicher-Polepeddi/3b5773dd446210c80edc2c7a81e7283ac7f931cc>)
10. Slika10. Struktura ispitanika s obzirom na stupanj obrazovanja (Obrada autora)
11. Slika11. Postotak ispitanika koji se prethodno istraživanju susreo s edukacijskim robotima (Obrada autora)
12. Slika12. Prikaz obrazovnih robota kojim su se ispitanici koristili prethodno istraživanju (Obrada autora)
13. Slika13. Prikaz najčešćih svrha u koje se koriste obrazovni roboti (Obrada autora)
14. Slika14. Prikaz omjera ispitanika koji posjeduju obrazovnog robota i koji ne posjeduju (Obrada autora)
15. Slika15. Prednosti obrazovnih robota koje su ispitanici najviše prepoznali (Obrada autora)

16. Slika16. Nedostatci obrazovnih robota koje su ispitanici najviše prepoznali (Obrada autora)
17. Slika17. Prikaz najopasnijih izazova obrazovnih robota (Obrada autora)
18. Slika18. Prikaz odabira primjene obrazovnih robota u različitim ljudskim djelatnostima (Obrada autora)
19. Slika19. Prikaz percepcije o razvoju obrazovnih robota u budućnosti (Obrada autora)