

# Primjena robotike u osnovnoj školi

---

Raguž, Roberta

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:671702>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Fakultet informatike u Puli

**ROBERTA RAGUŽ**

**PRIMJENA ROBOTIKE U OSNOVNOJ ŠKOLI**

Diplomski rad

Pula, srpanj 2019.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Fakultet informatike u Puli

**ROBERTA RAGUŽ**

**PRIMJENA ROBOTIKE U OSNOVNOJ ŠKOLI**

Diplomski rad

**JMBAG:** 0165060002, izvanredni student

**Studijski smjer:** Nastavni smjer informatike

**Predmet:** Opća pedagogija

**Znanstveno područje:** Društvene znanosti

**Znanstveno polje:** Informacijske i komunikacijske znanosti

**Znanstvena grana:** Informacijski sustavi i informatologija

**Mentor:** prof. dr. sc. Nevenka Tatković

**Komentor:** doc. dr. sc. Sven Maričić

Pula, srpanj 2019.



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisana **Roberta Raguž**, kandidatkinja za magistru edukacije informatike (mag. educ. inf.) ovime izjavljujem da je ovaj Diplomski rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Diplomskog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

---

U Puli, 01.07.2019. godine



## IZJAVA

### o korištenju autorskog djela

Ja, **Roberta Raguž** dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj diplomski rad pod nazivom **Primjena robotike u osnovnoj školi** koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 01.07.2019. godine

Potpis

---

## ZAHVALA

---

*Zahvaljujem se projektu „Sister Moon live moon bounce” te voditeljici projekta Martine- Nicole Rojina na pružanju mogućnosti za sudjelovanjem u projektu te prilici za uspostavljanjem komunikacije s Mjesecom koja čini ovaj diplomski rad jedinstvenim. Zahvaljujem se i Znanstveno tehnološki institutu VISIO Sveučilišta Jurja Dobrile te Infobip-u kao glavnim partnerima projekta bez kojih projekt ne bi bio realiziran.*

*Zahvaljujem se tvrtki Holcim d.o.o. i projektu Dynamic na suradnji i ustupanju informacija potrebnih za izradu diplomskog rada.*

*Zahvaljujem se mentorici prof. dr. sc. Nevenki Tatković i komentoru doc. dr. sc. Svenu Maričiću.*

---

## SAŽETAK

Tema ovog diplomskog rada odnosi se na robotiku, njen razvitak te samu primjenu robotike u osnovnoškolskom obrazovanju. Na početku rada govori se o primjeni i razvoju robotike u svijetu i u Hrvatskoj. Dani su primjeri koji kronološki prate razvoj robotike. Informacijsko- komunikacijske tehnologije, kao bitna komponenta ovog rada, imaju posebno poglavlje u kojemu se opisuje uporaba IKT-a u obrazovanju te način na koji IKT predstavlja izazov tradicionalnom obrazovnom sistemu. Zatim slijede primjeri realizirane radionice iz robotike te natjecanja iz robotike za osnovnoškolce kao i primjer upotrebe robotike na Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli. Nakon toga, opisuje se robotska ruka koja je korištena za izradu didaktičkih zadataka u diplomskom radu. Opisana je njena funkcionalnost i specifikacije. Didaktički su zadaci opisani tekstualno i vizualno radi što bolje percepcije čitatelja. U diplomskom radu iznesena je ideja za prvu didaktičku zbirku iz robotike u Hrvatskoj. Napravljen je prototip zadataka prilagođenih učenicima osnovne škole. Uzorci koji su korišteni za rješavanje zadataka napravljeni su pomoću 3D printera. Zadaci nude budućim generacijama osnovnoškolaca mogućnost za bolje razumijevanje napredne tehnologije i robotike, odnosno nude vrhunsku podlogu za budućnost. Takvo nastavno gradivo i takvi zadaci imaju velik utjecaj na razvoj kognitivnih sposobnosti kod učenika. Osnovnoškolska dob idealna je za razvoj vizualne percepcije, koncentracije, pažnje, logičkog razmišljanja, zaključivanja, aktivnog slušanja i sl. Gotovo nijedan predmet ne nudi ovakav spektar raznih mogućnosti za učenike te malo njih prati napredak suvremene tehnologije.

**KLJUČNE RIJEČI:** Robotika, obrazovanje, IKT, robotska ruka

## SUMMARY

The theme of this thesis is related to robotics, its development and the application of robotics in elementary education. At the beginning of the thesis it is said about the application and development of robotics in the World and in the Croatia. There are examples that chronologically follows the development of robots. Information and Communication Technologies, as an essential component of this paper, have a special chapter describing the usage of ICT in education and how ICT represents a challenge to the traditional education system. Further, there are more examples which show on realized robotics workshops and robotics competition for elementary students as well as examples of robotic usage at the University of Juraj Dobrila in Pula. After that, the robot arm used to produce didactic tasks in this paper is described. Its functionality and specifications are described. Didactic tasks are described textually and visually for the best perception of the reader. In thesis was presented the idea for the first didactic robotics workbook in Croatia. A prototype of tasks tailored to elementary school students was created. Samples that were used to resolve tasks in the workbook were made using 3D printer. Tasks offer future generations of elementary schoolers the ability of better understanding advanced technology and robotics. Such teaching materials and tasks have a great influence on the development of cognitive abilities on students. Primary school age is ideal for the development of visual perception, concentration, attention, logical thinking, conclusion, active listening, etc. Almost no subject in elementary school offers such a range of opportunities for the young learners and only few follow the advances of modern technology. The author of the this paper work tries to point out this problem in elementary school and offers a solution for Croatian youth to be in step with the rest of the World.

**KEY WORDS:** Robotics, education, ICT, robot arm



## SADRŽAJ:

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD.....  | 1  |
| 1.1. Sister Moon.....   | 2  |
| 2. ROBOTIKA I RAZVOJ ROBOTIKE.....  | 4  |
| 2.1. Robotika u Hrvatskoj.....  | 14 |
| 3. PRIMJENA ROBOTIKE U OBRAZOVANJU.....   | 17 |
| 3.1. Izborna nastava robotike u osnovnoj školi.....   | 20 |
| 3.2. Spoj primjene robotike u proizvodnom sektoru i edukacije.....                                | 21 |
| 4. INFORMACIJSKO- KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE (IKT).....   | 23 |
| 4.1. Uporaba informacijsko- komunikacijskih tehnologija u obrazovanju.....                        | 24 |
| 4.2. Informacijsko- komunikacijske tehnologije i robotika- izazov tradicionalnom obrazovanju..... | 27 |
| 4.3. Primjena virtualne stvarnosti u svrhu obrazovanja.....                                       | 28 |
| 5. UTJECAJ UVOĐENJA ROBOTIKE U OSNOVNOŠKOLSKO OBRAZOVANJE NA DALJNI RAZVOJ OBRAZOVANJA.....       | 31 |
| 5.1. Primjer realizirane nastave (radionice) robotike.....  | 32 |
| 5.2. Natjecanje iz robotike.....  | 33 |
| 5.3. Edukacijski robot mBot.....  | 35 |
| 5.4. Primjer upotrebe robotike na Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli.....                           | 37 |
| 6. ROBOTSKA RUKA.....   | 40 |
| 6.1. Specifikacije i mogućnosti robotske ruke.....  | 40 |
| 6.2. RACS Software.....   | 43 |
| 6.3. Kako pokrenuti softver RACS.....   | 44 |
| 6.3.1. RobotLoader softver.....   | 44 |
| 6.3.2. RACS- uspostava veze.....  | 45 |
| 6.3.3. RASC- kontrolni gumbi.....   | 47 |
| 7. PRIMJER DIDAKTIČKIH ZADATAKA- šest didaktičkih zadataka.....                                   | 49 |

|   |    |
|---|----|
| 7.1. Primjer uporabe didaktičkih zadataka unutar studentskog startupa $\mu$ SCOPE ..... | 54 |
| 7.2. Funkcija povezivanja robotske ruke s mikroskopom $\mu$ SCOPE.....                  | 57 |
| 8. ZAKLJUČAK .....  | 60 |
| LITERATURA .....  | 61 |
| POPIS ILUSTRACIJA.....  | 65 |
| POPIS TABLICA .....   | 67 |

## 1. UVOD

Zbog svih svojih mogućnosti i prednosti informacijske i komunikacijske tehnologije (IKT) imaju veliki utjecaj na napredak i razvitak društva. Uz pomoć IKT-a društvo prelazi iz informacijskog u društvo znanja. Današnji ubrzan način života i svakodnevne obveze zahtijevaju brzu prilagodljivost različitim situacijama, u ovom slučaju rapidnom razvoju tehnologije. Suočavanje s brzim znanstvenim i tehnološkim napredcima ima utjecaj na promjene kako u društvu tako i u obrazovanju. Roboti su, kao predstavnici novih tehnologija, pokretači promjena u gospodarstvu koje će obilježiti 21. stoljeće. Kako bi tehnološki napredak tekao u pozitivnom smjeru, društvo i obrazovni sustav trebaju se prilagoditi. Obrazovni sustav je kompleksan te vrijeme prilagodbe može biti dugo i sporo što može direktno utjecati na buduća zanimanja, zaposlenost, a samim time i na gospodarstvo države. Robotika je još uvijek neostvareni segment obrazovnog sustava te može donijeti velike promjene ako se uvede u isti.

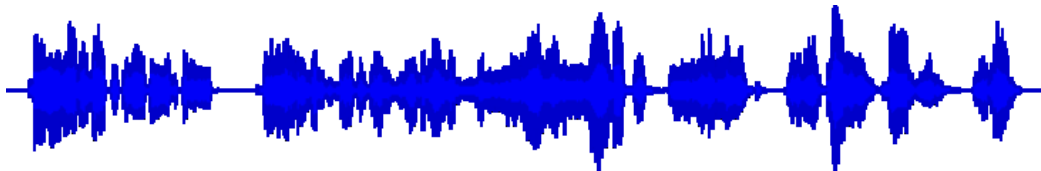
Pojavom računala započeli su pokušaji njihove primjene u svrhu obrazovanja. Takvi pokušaji bili su ambiciozni i obećavajući. Međutim, postojale su mnoge prepreke poput: vrlo visokih cijena hardvera i softvera, nedostatka potrebnog znanja i iskustva, socijalna inercija, itd. zbog kojih se sektor obrazovanja daleko sporije kretao prema informacijsko- komunikacijskim tehnologijama nego većina ostalih sektora. Od tad pa do danas, uvjeti i mogućnosti su se promijenile. U današnje vrijeme računala imaju aktivnu ulogu u procesu obrazovanja i ona su vrlo bitan segment obrazovanja. Sveprisutna su te su u uzlaznoj potražnji na svim razinama obrazovanja. Danas više nije aktualno pitanje treba li koristiti računala u obrazovanju, nego kako ih koristiti kako bi djelotvornost obrazovanja uz njihovu pomoć te uz pomoć suvremene tehnologije bila što veća. Razvoj tehnologije svakodnevno postavlja nove izazove pa tako i robotika predstavlja novi izazov osnovnoškolskom obrazovanju (Topolovec, 1989).

Ovaj diplomski rad bavi se temom koja spaja razvoj tehnologije, robotiku i obrazovanje. Obrazovanje je ključno razdoblje u životu svakoga čovjeka. Ključno je za osobni razvoj i napredak pojedinca. Osnovnoškolsko obrazovanje postavlja temelje za buduće obrazovanje iz čega proizlazi zaključak: "Ako je osnovnoškolsko obrazovanje u koraku

s modernim tehnologijama, to znači da će i učenik, kao dio sustava tog obrazovanja, biti u koraku s vremenom”.

## 1.1. Sister Moon

U sklopu MTF festivala u Puli održan je i projekt pod nazivom “*Sister Moon live moon bounce*”. Voditeljica projekta bila je Martina- Nicole Rojina. Domaćin projekta bio je Znanstveno tehnološki institut VISIO Sveučilišta Jurja Dobrile, a Infobip glavni partner. Radi se o *sci/tech/art*, odnosno znanstvenom/tehnološkom/umjetničkom projektu gdje se emitiraju signali koji se odbijaju od površinu Mjeseca.



Slika 1. Odjek signala o Mjesečevu površinu koji sadrži naziv diplomskog rada (engl. moon echo)

Na slici 1 prikazan je emitirani signal naziva ovog rada. Odjek je prikazan onako kako on zvuči na Mjeseću. Signal se emitira pomoću radio teleskopa Dwingeloo koji se nalazi u Nizozemskoj. Poveznica između Sister Moon projekta te ovog diplomskog rada je robotska ruka koja ima mogućnost ispisivanja emitiranih zvučnih signala. Ista robotska ruka je korištena i u samom diplomskom radu. Na slici 2 je prikazano kako izgleda ispis odjeka s Mjeseca pomoću robotske ruke. Kako bi se odjek ispisao, prvo je zapisan u 3D obliku, a potom ispisano na papir.



Slika 2. Ispis odjeka signala s Mjeseca pomoću robotske ruke

## 2. ROBOTIKA I RAZVOJ ROBOTIKE

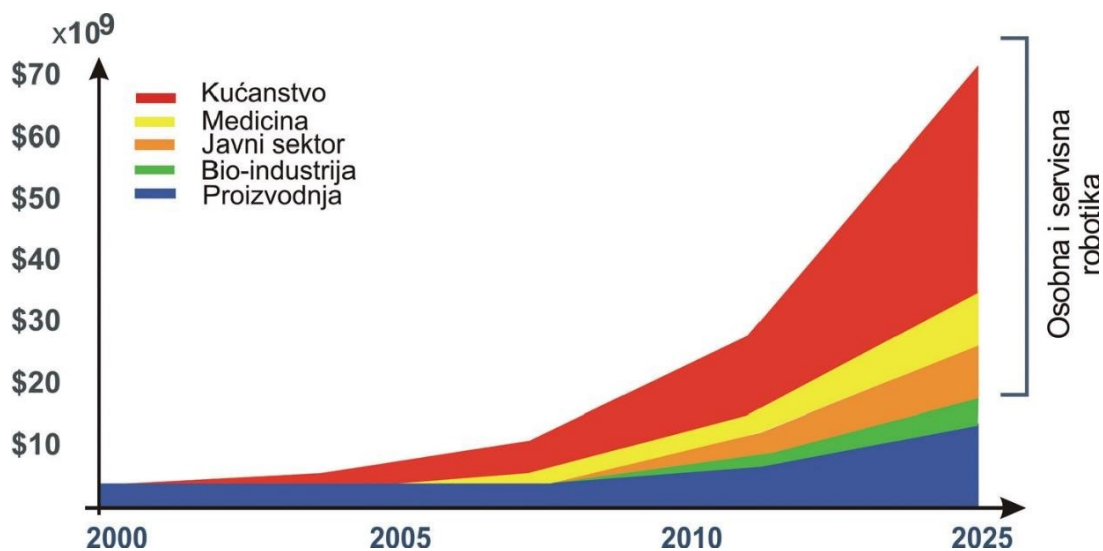
Prvenstveno su se roboti primjenjivali u industriji, najviše u proizvodnim pogonima. Utjecaj primjene robota u proizvodnim procesima usko je vezan uz automatizaciju. Kako se automatizacija razvijala, tako su i roboti išli u zajedno u korak s njenim razvitkom. Proizvodne su linije upravljane i nazirane računalima, automatskim strojevima, uređajima i slično.

Današnji roboti više ne odgovaraju nekadašnjim definicijama robota (RIA, JIRA, ISO i dr.). Razvoj robota uvelike je napredovao od baznih definicija koje su opisivale isključivo industrijskog robota. Danas se pod pojmom robota podrazumijevaju uređaji koji obavljaju svoje funkcije koristeći senzorske, aktuatorske i upravljačke sustave. Roboti sve više dobivaju samostalnost u “odlučivanju” što se ostvaruje u vidu umjetne inteligencije prilikom obavljanja zacrtanih zadataka. Roboti su samo jedan segment novih tehnologija, ali onaj koji ima najviši stupanj automatizacije. Oni mogu zamijeniti radnika na poslovima koji se rutinski i serijski obavljaju te koji ne zahtijevaju dozu kreativnosti (Nikolić, 2015).

Robotika se smatra granom inženjerske znanosti i tehnologije. Tehnologija razvoja robota odnosi na dizajn (oblikovanje, konstruiranje i projektiranje), proizvodnju i primjenu robota. Robotika objedinjuje mehaniku, elektroniku, računarstvo, informacijske sustave i automatiku (Lapov Padovan, Kovačević, i Purković, 2018). Temelj robotike je automatika koja se može poučavati bez robotike, ali se robotika ne može poučavati bez automatike. Automatika proučava načela i teorije automatskih kontrolnih sustava kao i uređaje koji izvršavaju zadatke bez neprestanog nadzora čovjeka. U svakidašnjem životu ljudi se sve više susreću s automatskim sustavima i robotima. Roboti donose i sve više će donositi niz novih zanimanja s vrlo specifičnim znanjima (Nikolić, 2014).

Robotika je nova dimenzija znanstvenog i tehnološkog polja. Tehnološko-znanstvenim napretkom i razvojem umjetne inteligencije kao jednog od najbitnijih faktora, roboti od “neinteligentnih” industrijskih strojeva postaju “pametni” radni partneri čovjeku. Danas oni mogu obavljati poslove u medicini, uslužnim djelatnostima, kućanske poslove, itd. Oni sve više postaju sastavni dio ljudskog života. Ima puno primjera gdje su roboti uključeni u svakodnevni život ljudi, a neki od njih su auto-piloti i noviji automobili. Danas je uobičajeno i preporučljivo da zrakoplovi imaju auto-pilote

što su zapravo robotizirani sustavi koji zamjenjuju pilote. U skladu s takvim razvitkom, kreće i prva serijska proizvodnja automobila bez vozača. Automobili koji se „sami“ parkiraju već su uvelike na tržištu. Takvi automobili djelomično su upravljani robotskim sustavima. Razvoj robota (u širem smislu te riječi) u 21. stoljeću je usmjeren na raznovrsne primjene. Slika broj 3 prikazuje ulaganja u različita područja primjene robota. Podaci su iz 2015. godine te su se do danas ulaganja uvelike proširila i promijenila. Ulaganje u edukaciju pomoću robota postalo je jedna od vodećih stavki.



Slika 3. Prikaz ulaganja u različita područja primjene robota (izvor: Nikolić, 2015)

U bliskoj budućnosti roboti će sve više sličiti ljudima, kako fizički tako i intelektualno. Imat će znanje, moć rasuđivanja i druge intelektualne mogućnosti kao i ljudi, a možda čak i veće. Kao takvi, savršeno će se uklopiti u ljudsku zajednicu. Predviđa se kako će nastati promjene socijalnih odnosa u društvu i do sada još nezamislivi društveni odnosi (prijateljstva i druženja s robotima i slično).

Roboti koji su razvijeni na sliku čovjeka već su realnost. Takvi roboti se nazivaju humanoidima. Humanoidni roboti imaju oblik tijela sličan čovjeku. Roboti se dizajniraju na takav način iz više razloga: funkcionalnost, eksperimentalni razlozi, lakša interakcija robota i okoline i sl. Roboti po uzoru na čovjeka uvijek imaju glavu, oči, usta, torzo, dvije ruke i noge. Primjer takvih robota su: ASIMO (Honda) i QRIO (Sony). Oni su jedni od najsavršenijih humanoidnih robota danas. Njihov spektar mogućnosti i pokreta je velik te mogu obavljati razne zadatke poput trčanja, penjanja, plesanja, sviranja, posluživanja, komuniciranja na raznim jezicima i slično. Prikazani su na slikama pod brojevima 4 i 5.



*Slika 4. Robot ASIMO tvrtke Honda (izvor: <https://asimo.honda.com/gallery/>)*





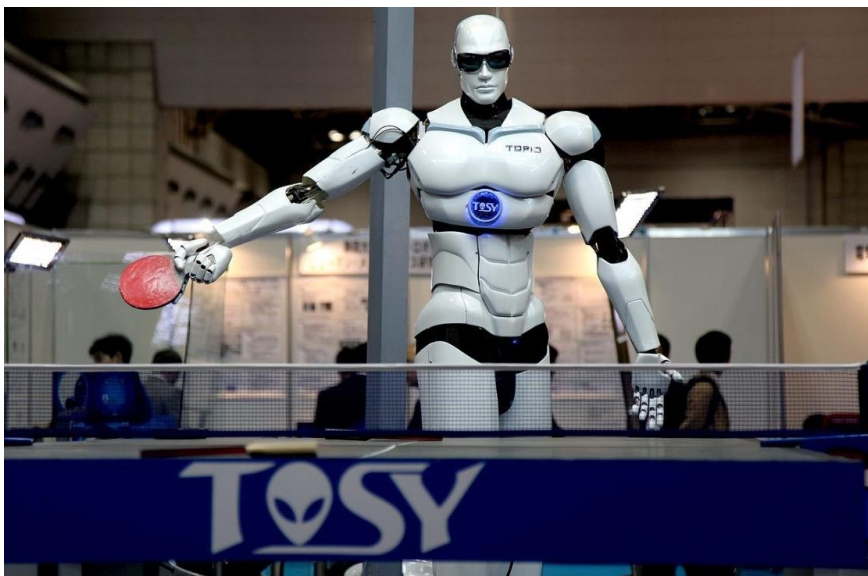
*Slika 5. Robot QRIO tvrtke Sony (izvor: <https://www.roboticstoday.com/robots/qrio>)*

Još neki primjeri robota humanoida su:

- EveR- serija robota ženskog lika razvijenih u Koreji
- robot s glavom Einsteina razvijen u Japanu
- robot Rollin' Justin (slika 6)
- robot Topio ("TOSY Ping Pong Playing Robot") koji koristi naprednu umjetnu inteligenciju za igranje stolnog tenisa protiv ljudskog bića (slika 7)



Slika 6. Robot Rollin' Justine  
(izvor:[https://www.dlr.de/rm/en/Portaldata/52/Resources/Roboter\\_und\\_Systeme/Justin/Rollin\\_Justin/allgemeines/Rollin\\_justin\\_feb2013\\_800px.jpg](https://www.dlr.de/rm/en/Portaldata/52/Resources/Roboter_und_Systeme/Justin/Rollin_Justin/allgemeines/Rollin_justin_feb2013_800px.jpg))



Slika 7. Robot Topio (izvor:  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/92/TOPIO\\_3.jpg/1280px-TOPIO\\_3.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/92/TOPIO_3.jpg/1280px-TOPIO_3.jpg))

Takvi humanoidni roboti koji su napravljeni po uzoru na čovjeka nazivaju se još i androidima. Ženska verzija androida naziva se ginolda. Nazivi android i ginolda potječu iz grčkog jezika (grč. gyneka – žena; grč. andr- čovjek, muškarac; grč. eides- iz iste vrste, sličan). Najpoznatija ginolda razvijena je od strane japanskog profesora Hiroshi-a Ishiguro-a sa Sveučilišta u Osaki. Prvo je napravio ginoldu Repliee Q1Expo 2005. godine, a potom 2008. robota androida Geminoid HI-4 po uzoru na svoj lik. Najsavršenija ginolda u izvedbi profesora Ishiguro-a je izrađena 2012. pod nazivom Geminoid F (Slika 8) koja može promijeniti 36 facijalne ekspresije. Profesor Ishiguro izradio je robota po uzoru na lik njegove kćeri. Njegovim stopama je krenuo i danski profesor Henrik Scharfe s Aalborg Sveučilišta koji je prema svom liku projektirao 2011. androida Geminoida DK. Njegov android također može poprimati facijalne ekspresije i raditi grimase, smijati se, treptat, itd.



*Slika 8. Ginolda Geminoid F prof. Hiroshi-a Ishiguro-a (2012.) (izvor: <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/1/sok-buducnosti,82,1120.html>)*

U svom radu Nikolić (2015) predviđa se da bi trend razvoja robota bio prema univerzalnosti i fleksibilnosti namijenjen malim, često promjenjivim i različitim poslovima. Do sada je tendencija bila razviti robote koji su namijenjeni velikim serijama, odnosno serijskim proizvodnjama. Sada se naglasak stavlja na umjetnu inteligenciju i robote koji mogu „sami“ raditi u istom okruženju kao i ljudi. Takvi roboti nisu specificirani (programirani) samo za par zadataka već se mogu kretati među ljudima uz pomoć posebnih tehnologija. Među prvim robotima s takvom tehnologijom razvijen je Baxler koji je prikazan na slici 9. Baxler je robot s dvije ruke koje imaju sedam stupnjeva slobode gibanja. Njegov softver se stalno usavršava kako bi se radno područje robota prilagodilo onom od čovjeka. Usavršavanjem softvera radi se na tome da pokreti takvih robota budu što precizniji, a samim time i sigurniji za ljude u njihovoj okolini. Baxler je plasiran na tržište u rujnu 2012. godine. Tad mu je cijena bila oko 22 000\$. Zbog takve relativno niske cijene, visoke fleksibilnosti i sposobnosti za rad među ljudima, ovaj je robot dobro primljen od strane industrije. Jednostavno se može naučiti raditi vođenjem ruke robota po putanji koji treba ostvariti (Bélanger-Barrette, 2014). Robot je dovoljno “pametn” da se prilagodi nastalim promjenama na radnom mjestu. Vizualni senzorski sustavi robota prepoznaju predmete u prostoru. Kada je sigurnost u pitanju, tu pomažu posebno dizajnirani senzori koji detektiraju ljude koji se nalaze u kontaktnoj udaljenosti. Senzori signaliziraju robotu da uspori kretanje te prilagodi brzinu na sigurnu brzinu rada. U slučaju da dođe do prestanka električnog napajanja, ruke robota se spuštaju polako i dovoljno sporo da se čovjek koji se nalazi u njegovom okruženju može maknuti s puta na vrijeme (bez opasnosti da ga robot ozljedi naglim pokretom). Robot je popularan u tvrtkama diljem Sjeverne Amerike. One su postavile Baxter robote u svoje proizvodne pogone. S obzirom na nisku cijenu dostupan je i za mala i srednja poduzeća (Nikolić, 2015 prema BAXTER with INTERA 3, 2014).



*Slika 9. Baxter robot (izvor: <https://robots.ieee.org/robots/baxter/>)*

U sličnom smjeru razvita robota idu i prilagodljivi (popustljivi) roboti. Njihov naziv je Light – Weight Robots (LWR). Kao što samo ime govori, to su roboti koji su lagane i fleksibilne strukture. Oni su opremljeni sensorima koji su posebno predodređeni radu u osjetljivom području ljudske interakcije. Senzori rade na takav princip da je robota dovoljno dodirnuti i on se zaustavlja. Kad se dodir makne, on nastavlja s radom. Prvog takvog robota proizvela je tvrtka KUKA. Na slici pod brojem 10 nalazi se prikaz KUKA-inog LWR robota. Kao i kod prethodnog robota Baxter-a, njegova ruka ima sedam stupnjeva slobode gibanja. Doseg ruke je 790 milimetara. Prednost LWR robota u odnosu na Baxter-a je tu tome što se on može zaustaviti na dodir i što se može slobodnije kretati u prostoru. Neke od glavnih karakteristika ovog LWR robota su: nosivost do 7 kg, integrirani senzori koji omogućuju visoku osjetljivost na dodir, niska potrošnja energije, mala težina (oko 16 kg) što ga čini prenosivim i lakim za rukovanje. Prednost je i dizajn robota. Zaobljeni rubovi su sigurni za čovjeka koji radi pokraj robota, ne postoji mogućnost slučajne ozljede. Light Weight robotski sustav je u stalnom razvitku tako da je do sada već napravljeno nekoliko generacija takvih robota.



*Slika 10. KUKA-in Light-Weight robot (LWR) (izvor: <https://www.coboticsworld.com/portfolio-items/kuka-lwr/>)*

Primjer takvog robota razvijen je i u Hrvatskoj. Robot Ronna G4 je hrvatski robot-neurokirurg koji se već uvelike koristi u operacijskim salama kao pomoć se pri biopsijama tumora mozga. Robot Ronna G4 proglašen je najboljom inovacijom (Best Integration and Innovation Award) u Londonu 2018. godine. Ronna je zajednički projekt prof. dr. sc. Bojana Jerbića sa zagrebačkog Fakulteta strojarstva i brodogradnje i doc. dr. Darka Chudyja, neurokirurga iz KBC Dubrava.

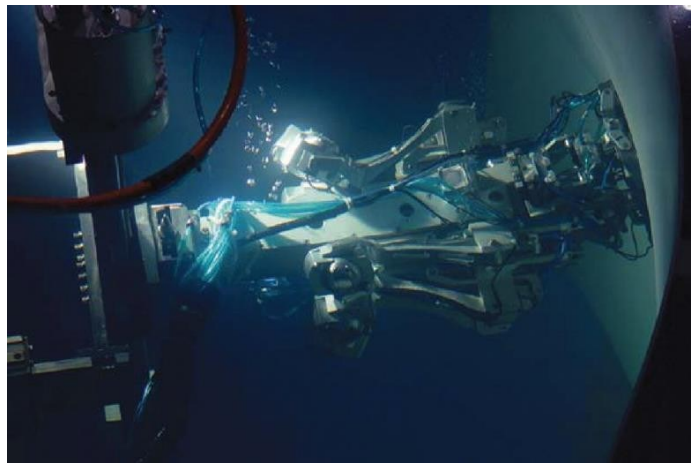
Perspektivno razvojno područje robota su roboti koji su namijenjeni pomoći ljudima u svakodnevnom životu. U Njemačkom Institutu "Fraunhofer" je razvijen prototip robota Care-O-Bot (Slika 11) koji je namijenjen kao pomoć pri pripremanju hrane i pića. Također može poslužiti i starijoj populaciji stanovništva na način da ih podsjeća da je vrijeme za uzimanje lijekova ili da je vrijeme za njihovu omiljenu seriju na televiziji i sl. U slučaju bilo kakve opasnosti ili problema Care-O-Bot odmah obavještava hitnu pomoć ili policiju. Robot se izvrsno kreće u prostoru predviđenom za ljudski boravak. Robotskim sustavom se upravlja pomoću glasovnih naredbi. Care-O-Bot je testiran u muzejima gdje je obavljao poslove vodiča (Nikolić, 2015).



Slika 11. Robot Care-O-Bot (izvor: [https://www.care-o-bot.de/en/care-o-bot-3/download/images/\\_jcr\\_content/contentPar/gallery2.vimg.large.jpg/careobot/en/images/Care-O-bot-3/Download/differentversions/Care-O-bot\\_neuesTablett.jpg](https://www.care-o-bot.de/en/care-o-bot-3/download/images/_jcr_content/contentPar/gallery2.vimg.large.jpg/careobot/en/images/Care-O-bot-3/Download/differentversions/Care-O-bot_neuesTablett.jpg))

## 2.1. Robotika u Hrvatskoj

Osim prethodno navedenog primjera robota Ronne, postoji još primjera robota i razvoja robotike u Hrvatskoj. Robotika u Hrvatskoj još uvijek nije u punom jeku, ali polako ide ka tome. Postoji nekolicina tvrtki koje se bave razvojem i primjenom na području robotike, ali su dvije koje se najviše ističu. To je tvrtka INETEC (Institute for Nuclear Technology) iz Zagreba i tvrtka HSTEC (High Speed technique) iz Zadra. Tvrtka INETEC osnovana je 1991. godine zajedničkim ulaganjem s američkim partnerom te je vrlo uspješna u svom poslovanju. Već gotovo trideset godina, INETEC je sinonim za tehnološku i uslužnu izvrsnost u nuklearnoj industriji. Tvrtka svoju pažnju usmjerava i na obrazovanje te je 1991. pokrenula Intec NDT školu i centar za obuku. Robotski sustavi koje koriste za ispitivanje nuklearnih postrojenja su njihove inovacije koje sami proizvode i ispituju. Kao primjer takvih robota mogu se izdvojiti dva: LANCER koji je osmišljen da bi zadovoljio sve zahtjeve koji se odnose na ispitivanje reaktora u nuklearnoj elektrani RPV (Reactor Pressure Vessel) kao i korektivne aktivnosti. Obavlja podvodna ultrazvučna testiranja, uzimanje uzoraka, kao i potrebna bušenja, te druge korektivne akcije (Slika 12).



Slika 12. Podvodni robot LANCER tvrtke INETEC (izvor:<http://www.infotrend.hr/clanak/2015/9/naprugu-robotske-revolucije,86,1199.html>)



Drugi robot je FORERUNNER (Slika 13). On se primjenjuje kao reaktor za vodu pod tlakom (engl. pressurized water reactor) za inspekciju "steamgenerator-a (SG)". Forerunner je mobilan robot i ima mogućnost prilagodbe različitim cijevnim konfiguracijama i promjerima. U kombinaciji s raznim modulima za SG inspekcije, robot ima mogućnost da obavi popravak kvara samostalno („ROBOTICS - Institute for Nuclear Technology“, 2018).



Slika 13. Mobilni robot za ispitivanje cijevi FORERUNNER tvrtke INETEC  
(izvor:[http://www.infotrend.hr/userfiles/Image/casopis/200/Infotrend\\_200\\_z\\_a\\_web-2-045.jpg](http://www.infotrend.hr/userfiles/Image/casopis/200/Infotrend_200_z_a_web-2-045.jpg))

Druga značajna hrvatska tvrtka je HSTec iz Zadra koja osnovana 1997. godine. Osnovna politika tvrtke zasniva se na vlastitim inovacijama, razvijanju novih proizvoda, primjeni robota te primjeni znanosti u industriji. U suradnji s Fakultetom strojarstva i brodogradnje 2006. godine krenuli su razvijati tzv. SCARA (*Selected Compliance Assambly Robot Arm*). Konstruirali su robotsku ruku za punjenje, pražnjenje i posluživanje strojeva u automobilske industriji. Dobivena je jedna od najbržih struktura scara robota kojeg su pripremili za obradu, za sve manipulacije, posluživanje i automatizaciju (slika 14). Poveznica tvrtke HSTec i obrazovanja je ta da je tvrtka potpomogla osnutak studija elektronike i robotike na Sveučilištu u Zadru.



*Slika 14. Dva osnivača tvrtke M. Šarlija i Ž. Goja pokraj SCARA robota (izvor: Nikolić, 2015)*

Postoji još nekoliko tvrtki u Republici Hrvatskoj koje su uvele robote u svoj proizvodni pogon. Neke od njih su: Elektro kontakt iz Zagreba, Tvornica Rade Končara i Tvornica radijatora u Lipovici (Slika 15).



*Slika 15. Robot na poslovima izvlačenja odljevka tlačnog lijeva, Tvornica radijatora u Lipovici (izvor: [http://lipovica.hr/lib/plugins/thumb.php?src=upload\\_data/site\\_photos/web\\_006.jpg&w=1000&h=750&zc=3](http://lipovica.hr/lib/plugins/thumb.php?src=upload_data/site_photos/web_006.jpg&w=1000&h=750&zc=3))*

### 3. PRIMJENA ROBOTIKE U OBRAZOVANJU

Robotika kao dio obrazovnog sustava u Republici Hrvatskoj tek se nazire. Ona postoji kao dio obrazovanja na pojedinim fakultetima, ali u osnovnoškolskom obrazovanju ona gotovo i ne postoji. Tek neke osnovne škole imaju ponuđenu robotiku kao dio izborne nastave. Ubrzan razvoj automatizacije i tehnologije uvjetuju i sam odgojno- obrazovni proces. Kako bi društvo pratilo korak s vremenom te kako bi postalo društvo znanja, ono se mora prilagođavati. Odgojno- obrazovni sustav treba biti spreman na promjene kao što je u ovom slučaju uvođenje robotike u osnovne škole. Djeca osnovnoškolske dobi pokazuju interes za različitim automatskim i robotskim uređajima jer su oni sve više dostupni. Zbog svoje dostupnosti, ali i atraktivnosti, takvi uređaju postaju sredstvo učenja i poučavanja u raznim školskim i izvanškolskim aktivnostima. Međutim, robotika zahtjeva od učenika visoke kognitivne zahtjeve koje je potrebno posebno prilagoditi njihovoj dobi. Potrebno je odabrati primjeren pristup i metode učenja i poučavanja, odnosno razviti adekvatan kurikulum za operacionalizaciju nastave robotike. Taj proces je posebno zahtjevan i osjetljiv te može potrajati duži vremenski period jer se radi o djeci u najosjetljivijoj životnoj dobi.

U svom radu Lapov Padovan, Kovačević i Purković (2018) ponudili su rješenje za razvoj kurikuluma za osnovnoškolsku nastavu robotike. Rješenje se sastoji od teorijskih i praktičnih polazišta za organizaciju nastave i razvoj kurikuluma. U teorijskom dijelu rada oni govore o značaju i položaju tehnike u osnovnoškolskom obrazovanju. Iznose općenito koncepte i pristupe razvoja nastave robotike. U drugom dijelu rada, praktičnom, daju smjernice za razradu i operacionalizaciju kurikuluma. Donose prijedlog okvirnog kurikuluma koji još ima prostora za razne dorade. Prema njima, glavni razlozi uvođenja robotike kao predmeta u opće obrazovanje povezani su s lakšim i jednostavnijim korištenjem robota, usvajanjem znanja o načelima rada robotskih naprava te s osposobljavanjem učenika da kritički promatraju i manipuliraju s automatiziranim uređajima s ciljem njihove nadogradnje i poboljšanja. Kako oni tvrde, u konačnici svrha nastave robotike je razvijati tehničko stvaralaštvo kod učenika putem stvaranja novih, učinkovitijih i ekološki prihvatljivijih automatiziranih tehničkih tvorevina. Iz toga se zaključuje kako su primarni ciljevi nastave robotike usmjereni na razvoj spoznajnih vještina, odnosno, kognitivnih mehanizama učenika za uspješno rješavanje tehničkih problema.

Što se tiče visokoobrazovnih ustanova, većina tehničkih fakulteta u Hrvatskoj uvela je kolegije koji izučavaju robote te njihovu primjenu u procesima proizvodnje. Nekolicina fakulteta se bavi i razvojem robota, stavljajući naglasak na razvoj softvera.

„Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu je najznačajnija institucija koja se bavi, ne samo primjenom robota već i razvojem softvera za upravljanje robotima, opremanjem robota sofisticiranim senzorskim uređajima za snalaženje robota u prostoru, uređajima za prihvat proizvoda, materijala, alata i instrumenata. Intenzivno radi s gospodarstvom rješavajući probleme robotiziranih linija za njihovu proizvodnju (Elektro kontakt, Rade Končar, HSTEC, i dr.) (Slika 16). Značaj katedre za robotiku prepoznala je i Japanska tvornica Fanuc koja ih je imenovala stručnim konzultantima za Europu. Temeljem dobivenih sredstava na natječaju iz strukturnog fonda u iznosu oko 25 milijuna kuna, stvaraju vjerojatno najsuvremeniji praktikum robotike u Europi.“ (Nikolić, 2015)

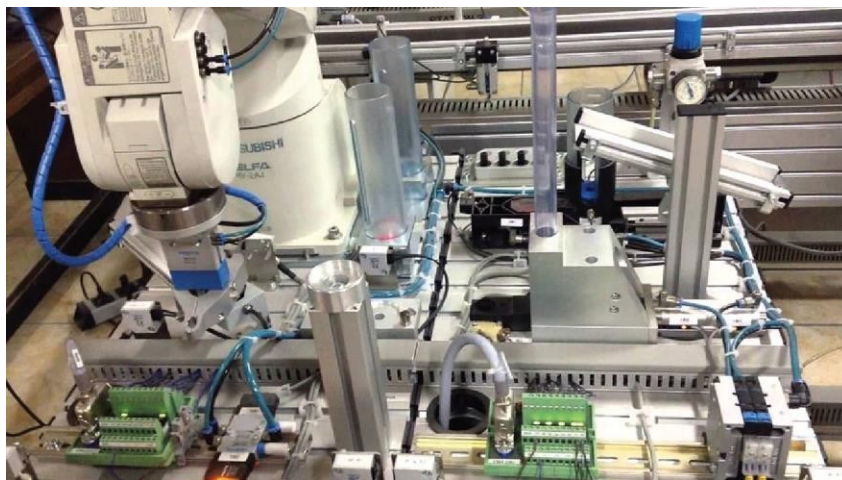


*Slika 16. Laboratorij za robotiku na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu (izvor: <https://www.racunalo.com/wp-content/uploads/2015/10/Na-FSB-u-Zagrebu-predstavljeni-proizvodi-visoke-tehnologije-01-630x355.jpg>)*



Nadalje, bitno je spomenuti i Fakultetu za elektrotehniku i računalstvo koji također ima katedru koja je zadužena za razvitak softvera za robote i suradnju čovjek-robot. Jedan od njihovih najbitnijih projekata vezan je uz komunikaciju između robota i djece s autizmom.

U srednjoškolsko obrazovanje robotika je ukomponirana u srednjim strukovnim školama. Smjer koji se najznačajnije bavi robotikom je mehatronički smjer. Nakon završetka srednjoškolske izobrazbe, učenici posjeduju znanja potrebna za primjenu i upravljanje robotima na jednostavnim poslovima. Primjeri takvih strukovnih škola u Republici Hrvatskoj su: Prva tehnička škola Tesla u Zagrebu, Tehnička škola u Šibeniku, Elektrostrojarska škola u Varaždinu i dr. Na slici pod brojem 17 nalazi se prikaz simulacije proizvodnog rada koji se koristi u nekim srednjim školama.



*Slika 17. Didaktička MPS linija tvrtke Festo s robotom Mitsubishi RV-2AJ i odgovarajućim napravama za simulaciju proizvodnog rada (prospekt tvrtke Festo) (izvor: Nikolić, 2015)*

Dakle, može se zaključiti kako je primjena robotske edukacije u osnovnim školama tek negdje realizirana i da je takav način obrazovanja u samim začetcima. U srednjoškolskom obrazovanju situacija je drugačija i robotika je više zastupljena. Najveći problem u osnovnim školama stvaraju velike razlike u opremljenosti škola. Neke škole imaju dobre uvjete i potrebnu opremu za izvođenje nastave, dok druge nisu u mogućnosti izvesti ni ono što je minimalno potrebno. „Trenutno se nastava robotike izvodi kao aktivnost klubova mladih tehničara, koje osnivaju nastavnici tehničke kulture, ali i kao aktivnost koju pod ovim nazivom provode nastavnici informatike.

Druge mogućnosti kojima se trenutno uspješno realizira nastava robotike obuhvaćaju različite izvanškolske aktivnosti. Ove aktivnosti provode se u organizaciji različitih udruga koje djeluju pod okriljem Hrvatske zajednice tehničke kulture, ali i putem privatnih inicijativa i radionica, ljetnih škola, kampova i sl. Takva nastava obuhvaća kraće, jednodnevne radionice, ali i tečajeve od nekoliko mjeseci pohađanja predavanja i radionica. U većini slučajeva izvanškolske aktivnosti se realiziraju kao dio komercijalnih aktivnosti, te se naplaćuju polaznicima ili su na druge načine u osnovi komercijalne. Bez obzira na način realizacije, aktualnu nastavu ili radionice iz robotike realiziraju entuzijasti, često koristeći vlastita sredstva i sponzore koje su svojim umijećem angažirali. Osim toga u velikom dijelu škola se ovakve aktivnosti ne provode zbog nedostatnih kompetencija i/ili motiviranosti nastavnika tehničke kulture, ali i visokih troškova potrebnih za nabavu i održavanje edukacijskih robotskih sredstava i sustava.“ (Lapov Padovan, Kovačević, i Purković, 2018)

### 3.1. Izborna nastava robotike u osnovnoj školi

Postoji prijedlog kurikuluma o izbornoj nastavi robotike u osnovnoj školi. Prijedlog se odnosi na nastavu koja je namijenjena učenicima trećeg odgojno-obrazovnog ciklusa, odnosno učenicima od 6. do 8. razreda osnovne škole. Izborni predmet bi bio usmjeren na proširivanje i produbljivanje razvoja tehničkih kompetencija te razvoja metakognicije, kritičkog mišljenja, komunikacije, suradnje, informatičke i digitalne pismenosti i primjerenog korištenja tehnologija. Prijedlog je da se nastava provodi jednom tjedno, putem objedinjena tri školska sata (trosat) u terminu koji odgovara svim učenicima koji pohađaju nastavu robotike. Ne treba isključiti ni mogućnost provođenja nastave subotom iz razloga što učenici gube potreban kontinuitet u radu ukoliko se svaki sat nastave provodi pojedinačno tri puta tjedno. Prema predloženom kurikulumu, na uvodnom satu, učenici bi kreirali svoje račune na web portalu za učenje koji bi predstavljao digitalni portfelj učenika. Portal kao takav ujedno bi predstavljao i poligon za suradnju i razmjenu informacija. Svaki učenik bi uređivao svoj dokument iz izborne nastave robotike za sebe i takav dokument nastavnik može koristiti za praćenje aktivnosti svakog učenika. Uz račune na web portalu, učenici bi trebali koristiti i vanjsku memoriju na koju će pohranjivati različite materijale i programske kodove robota. Po

završetku svakog projekta projekta, učenici bi na portal za učenje postavljali svoj program, slike, video-uratkne, izvješće i ostalu digitalnu dokumentaciju. Robotika treba biti usmjerena na razvoj sistematskog i kritičkog razmišljanja te shvaćanju načela rada tehničkih tvorevina. Tako usmjeren predmet kod učenika razvija kompetencije potrebne za buduće profesionalno napredovanje, ali i za inovativnost i stvaralaštvo (Lapov Padovan, Kovačević, i Purković, 2018).

### 3.2. Spoj primjene robotike u proizvodnom sektoru i edukacije

Primjena robotike u proizvodnom sektoru od iznimne je važnosti. Proizvodni se sustavi nastoje što više automatizirati kako bi proizvodnja bila brža i efikasnija, a samim time i ekonomičnija. Napretkom tehnologije i povećanjem zahtjeva kupaca potrebno je pronaći rješenje koje će održati konkurentnost na tržištu. Kako bi se uopće mogla doseći veća razina proizvodnih procesa, potrebno je educirati zaposlenike. Nove tehnologije, u ovom slučaju primjena robotike u svrhu efikasnije proizvodnje, zahtijevaju edukaciju svih zaposlenika od rukovodećih do nižih pozicija.

Primjer tvrtke koja uspješno održava konkurentnost na tržištu je Holcim d.o.o. Holcim Hrvatska je dio LafargeHolcim Grupe, koja je u srpnju 2016. godine nastala spajanjem dvaju vodećih poduzeća u području građevinskog materijala: Lafarge i Holcim. LafargeHolcim ima sva potrebna sredstva za rješavanje izazova modernog društva kroz lokalno prisustvo, korištenje najinovativnijih rješenja, snažnu predanost zdravlju i sigurnost te održivost. Tvrtka ima najučinkovitiji model poslovanja vođen od strane vrhunskih stručnjaka. Neprestano ulaganje tvrtke u nove tehnologije omogućuje da ponude optimalna rješenja koja odgovaraju na rastuće zahtjeve tržišta i kupaca.

Kao perspektivna tvrtka, Holcim ima Centar za inovacije i projekte. Ovaj odjel vrlo je bitan jer nudi mogućnost napretka proizvodnje kroz edukaciju zaposlenika i krajnjih korisnika. Tim Centra je sastavljen od stručnjaka čiji je ključni zadatak stvaranje dodatne vrijednosti krajnjim korisnicima kroz individualno prilagođene savjete i rješenja. Radom i djelovanjem Centra za inovacije i projekte, nastoje doprinijeti unapređenju pet ključnih elemenata:

- **Trošak** (optimizacija receptura u proizvodnji betona, smanjenje ukupnog troška) projekta
- **Okoliš** (inovativni proizvodi s manjim utjecajem na okoliš, prilagodba receptura i savjeti za smanjenje utjecaja na okoliš)
- **Projektiranje** (podrška u odabiru materijala putem savjeta, izrade proba i uzorak, stvaranje individualne recepture po mjeri projekta, tehnička podrška kod pripreme i vođenja EU projekata)
- **Kvaliteta** (ispitivanje svojstava cementa, betona i agregata, izrada industrijskih proba, savjeti za recepture i procese za povećanje kvalitete)
- **Društvo** (poticanje održive gradnje, savjeti o zahtjevima certifikata održive gradnje LEED ili BREEAM)

Otvaranje mogućnosti uporabe robota u proizvodnom sektoru vrlo je korisno. Industrijski je robot automatski upravljani, reprogramabilan, višenamjenski manipulator koji ima mogućnost programiranja u tri ili više osi. Takav robot može biti stacionaran ili mobilan za primjenu u industrijskoj automatizaciji. Danas je robotika ključni pokretač konkurentnosti u velikim proizvodnim industrijama. Roboti poslodavcu, a samim time i cjelokupnom proizvodnom sektoru, predstavljaju manji trošak od klasičnog radnika, brže i točnije obavljanje rutinskih radnji u odnosu na čovjeka, nude mogućnost poboljšanja kvalitete proizvodnje te minimiziraju potrošnju različitih resursa i ne stvaraju otpad.

Uvođenjem robotike u osnovne škole započela bi rana edukacija koja udovoljava suvremenim potrebama proizvodnog sektora. Na taj način tvrtke ne bi trebale imati posebne odjele za edukaciju jer bi njihovi zaposlenici već bili educirani i u koraku s modernim tehnologijama.



#### 4. INFORMACIJSKO- KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE (IKT)

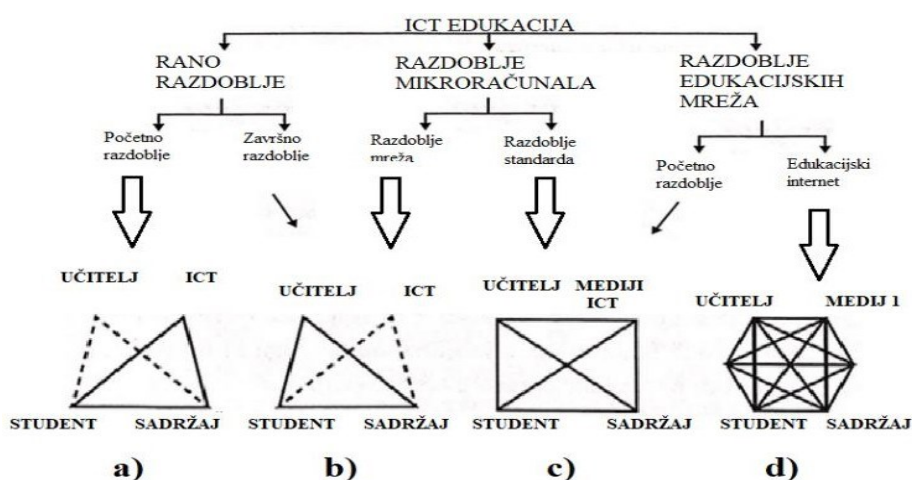
„Informacijsko- komunikacijske tehnologije najrasprostranjenije su tehnologije današnjice i temelji ekonomije i društva 21. stoljeća. IKT je kratica engleskog termina *Information and Communication Technology*“ (Tatković, Močinić, 2012). Razni autori nude različite definicije za informacijsko- komunikacijske tehnologije koje u suštini govore o istom.

Informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT) definiraju se kao kombinacija informatičke tehnologije s drugim tehnologijama, posebice komunikacijskom tehnologijom (Bakić-Tomić i Dumančić, 2010). IKT se sastoje od informacijske tehnologije, telefonije, elektroničkih medija, svih tipova obrade i prijenosa audio i video signala te svih funkcija nadgledanja i kontrole, baziranih na mrežnim topologijama (Smiljčić, Livaja, i Acalin, 2017). Zbog svojih mogućnosti prikupljanja, pohranjivanja, prenošenja i obrade informacija toliko su rasprostranjene i toliko su unaprijedile cijelo društvo da ih je gotovo nemoguće usporediti s bilo kojim izumom do sada. Znanje i inteligentno korištenje informacija ključ su napretka društva te prelaska informacijskog društva u društvo znanja. Informacijsko- komunikacijske tehnologije mogu se primijeniti u svim granama gospodarstva i na svim područjima znanosti i upravljanja. One omogućuju jednostavan pristup informacijama i znanju što rezultira kvalitetnijim donošenjem odluka u zdravstvu, poslovanju, državnoj upravi, privatnom životu i obrazovanju (Tatković, Močinić, 2012 prema Budin, Bajica, Carić et. al., 2011).

## 4.1. Uporaba informacijsko- komunikacijskih tehnologija u obrazovanju

U današnjim uvjetima, primjena IKT-a u obrazovanju od velikog je značaja. Tradicionalna pismenost poprima novu dimenziju pomoću informacijsko-komunikacijskih tehnologija. Kombinacija tradicionalne pismenosti i IKT-a udovoljava svim zahtjevima suvremene nastave. Učenicima je omogućeno učenje na daljinu, a Internet omogućuje pristup svim informacijama iz bilo kojeg mjesta u bilo kojem trenutku. Bitno je da učenici steknu i informacijsku pismenost kako bi mogli razlučiti potrebne i bitne informacije od onih netočnih i nebitnih. Informacija je sve više, a njihova točnost je ponekad upitna. Nagli razvoj IKT-a i društva znanja predstavljaju velike izazove za obrazovne institucije. Potrebno se je prilagoditi promjenama, uvesti nove modele učenja i poučavanja, ali prvenstveno poučiti učenike i nastavnike kako ispravno koristiti informacije, odnosno razviti njihovu digitalnu kompetenciju. Pojam digitalna kompetencija ima različite interpretacije kod različitih autora. Pojam je usko vezan uz digitalnu pismenost. Digitalna kompetencija jedna je od osam ključnih kompetencija potrebnih za cjeloživotno obrazovanje donesenih od strane Europskog parlamenta. „Digitalna je kompetencija usko povezana s kompetencijom učiti kako učiti, koja bi trebala postati podlogom svih aktivnosti učenja, pa tako i onih koje se odvijaju primjenom IKT-a i suvremenih medija“ (Tatković, Močinić, 2012).

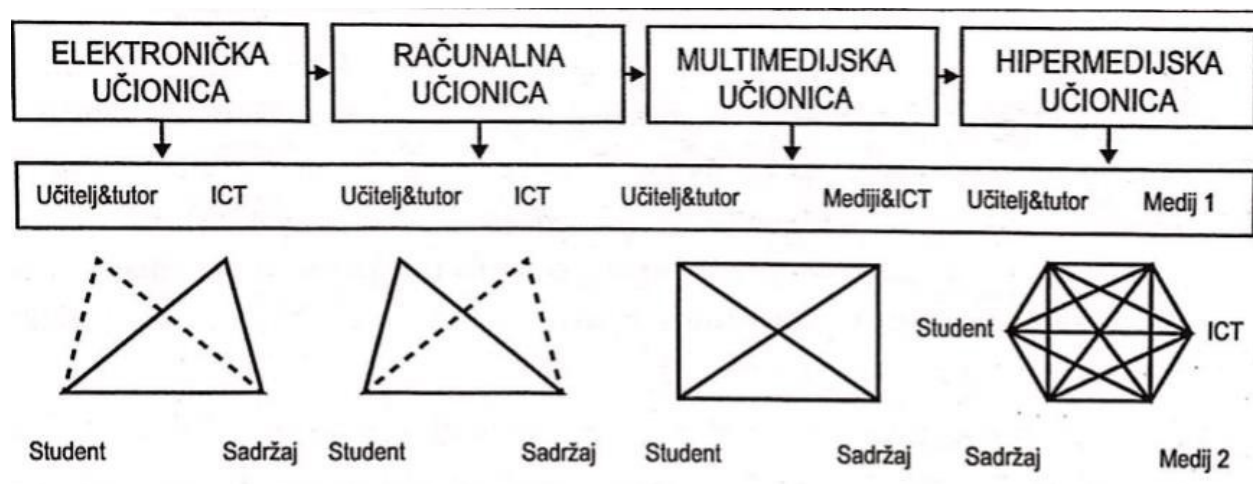
Na slici 18 prikazano je inicijalno razdoblje uvođenja računala, odnosno informacijsko-komunikacijskih tehnologija u obrazovanje. Razdoblje je prikazano kao didaktički trokut.



Slika 18. Didaktičke osobine povijesnih razdoblja uporabe IKT-a u obrazovanju (izvor: Gerlič, 2010)

Kao što je vidljivo na slici, svaki trokut je sastavljen od četiri temeljna čimbenika nastave: učitelj, učenik, obrazovni sadržaj i jedno računalo (IKT). U početnoj fazi (a) smanjena je uloga učitelja u obrazovanju. Međutim, to je vrlo brzo prepoznato kao problem, što dovodi do druge faze (b). U drugoj fazi učitelj dobiva nazad svoju ulogu jer se uvidjelo da je učitelj glavna stavka koja održava balans. U daljnjem razvitku, reduciraju se manjkavosti te se didaktički trokut mijenja u didaktički četverokut (c) gdje se poboljšava multimedijски pristup. Naposljetku, uporabom multimedije uključuju se tekst, slika, video, zvuk, animacija, itd. u interaktivno poučavanje. Razvojem interaktivnih mogućnosti te uporabom najsuvremenijih tehnologija i IKT alata (responderi, interaktivne ploče), didaktički četverokut prelazi u didaktički poligon (d). Faza d) predstavlja didaktičku stranu suvremenog multimedijskog- hipermedijskog pristupa obrazovanju.

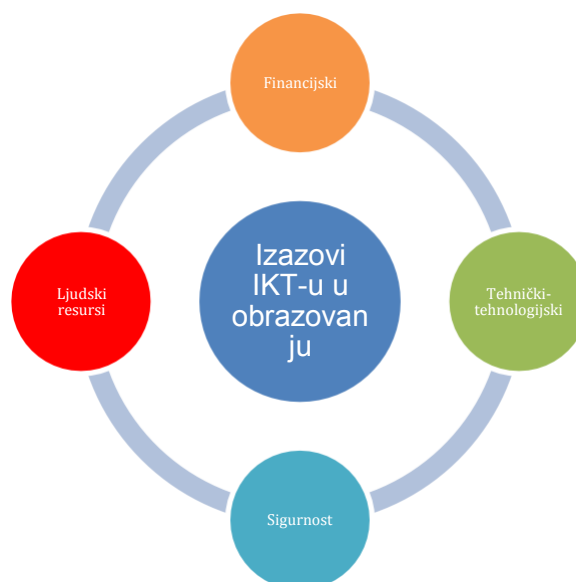
U skladu s tim promjenama, učionica mijenja izgled i funkciju (Tatković, Močinić, 2012 prema Gerlič 2010). Novonastale promjene u učionicama su prikazane na slici 19.



Slika 19. Novonastale promjene u učionicama (izvor: Gerlič, 2010)

Uvođenje IKT-a u obrazovanje predstavlja razne izazove obrazovnom procesu koji su detaljnije su opisani u idućem potpoglavlju. Neki od tih izazova prikazani su na slici 20. Izazovi mogu biti različiti, a ova četiri su najzastupljenija:

- **Financijski**- problem financiranja uređaja potrebnih za provedbu nastave u okvirima IKT-a
- **Tehnički/tehnologijski**- problemi koji se mogu javiti oko održavanja opreme, ne postoji oprema koja je u potpunosti pouzdana
- **Sigurnost**- pitanje sigurnosti na internetu uvijek je aktualno. Sve je više dostupnih sadržaja. Sa sve većom dostupnosti sadržaja i informacija, sigurnost postaje sve upitnija, posebice za učenike koji ponekad ne znaju razlučiti dobro od lošeg i točne informacije od onih netočnih
- **Ljudski resursi**- ovdje se javlja pitanje postoji li dovoljno educiranih učitelja koji su kompetentni provoditi nastavu koristeći IKT sadržaje



Slika 20. Izazovi IKT-u u obrazovanju

## 4.2. Informacijsko- komunikacijske tehnologije i robotika- izazov tradicionalnom obrazovanju

Robotika i informacijsko- komunikacijske tehnologije predstavljaju izazov tradicionalnom obrazovanju. Tradicionalni pristup obrazovanju i samoj izvedbi nastave nije u suglasnosti sa zahtjevima modernog društva. Kako bi škola i školstvo moglo konkurirati na tržištu znanja, trebaju iskoristiti prednosti tehnologijskog razvitka. Uvođenjem robotike u osnovne škole te razvoj mladih u bogatom medijskom okruženju predstavlja mogućnost za značajan napredak obrazovnog sustava.

Škola je jedna od najstarijih institucija. Školski sustav se je mijenjao i napredovao kroz povijest. Uloga nastavnika također se mijenjala i napredovala, od one osnovne u tradicionalnim školama kao što je samo prenošenje znanja evaluira u mnogo dublju kako bi se odgovorilo izazovima suvremenoga društva. U tradicionalnoj nastavi prevladava frontalni oblik rada, komunikacija je često jednosmjerna od nastavnika prema učeniku te je uloga učenika pasivna. Nastava robotike u izravnoj je suprotnosti takvom izvođenju nastave jer osim frontalnog oblika rada potrebno je provesti i individualni oblik rada te rad u paru koji su osobito važni za nastavu robotike. Što se tiče nastavnih metoda, u tradicionalnom školstvu najzastupljenije su bile verbalne metode: metoda usmenog izlaganja i metoda razgovora. Za uspješno izvođenje nastave robotike vizualne metode jednako su važne kao i verbalne. Učitelji trebaju uvrstiti metodu pokazivanja kako bi učenicima vizualno dočarali dio gradiva jer je robotika specifičan predmet koji ima posebne komponente koje je teško usmeno opisati. Nadalje, izuzetno je bitno da se vidi pomak s tradicionalnog izvođenja nastave na suvremeno u tome što će učitelji koristiti metodu demonstracije. Vizualna metoda, metoda demonstracije ima izuzetnu važnost jer učitelj mora demonstrirati učenicima kako se što radi i kako se što koristi (npr. kako se sastavlja robot, kako se koristi softver koji upravlja robotom i sl.). Nakon učiteljeve demonstracije, učenici su spremni za samostalno izvođenje zadataka uz eventualnu pomoć učitelja. To je jedna od bitnih razlika koja predstavlja izazov učiteljima, učenicima i obrazovnom sustavu.

„Izazovi tradicionalnom obrazovanju leže i u činjenici da naglasak s procesa poučavanja prelazi na proces učenja, a time i na uporabu individualiziranih sposobnosti istraživanja informacija, anticipacije i rješavanja problema, ali i preuzimanja odgovornosti za osobni napredak u učenju. Shodno tome i hrvatski

Nacionalni okvirni kurikulum traži promjene metoda i oblika rada koji će zamijeniti tradicionalne nastavne pristupe prenošenja znanja“ (Tatković, Močinić, 2012).

Dakle, shodno prethodnim tvrdnjama proizlazi zaključak kako bi škola, koja se nalazi u tehnologijski naprednom i perspektivom dobu, trebala pratiti suvremene trendove i suvremene oblike izvođenja nastave. Trebala bi pripremati učenike za novu tehnološki razvijenu okolinu sa sljedećim vještinama:

- kritičko mišljenje;
- fleksibilne vještine, prilagodljive u različitim situacijama;
- IKT vještine potrebne za stručni rad;
- sposobnost donošenja odluka;
- snalaženje u dinamičnim situacijama;
- rad u timu;
- učinkovita komunikacija (Tatković, Močinić 2012 prema Maravić, 2003).

#### 4.3. Primjena virtualne stvarnosti u svrhu obrazovanja

Virtualna stvarnost (engl. *Virtual Reality – VR*) predstavlja virtualni svijet unutar kojega korisnik može biti u interakciji sa svime što se nalazi unutar tog svijeta. Proširena stvarnost (engl. *Augmented Reality – AR*) služi kao most između realnog i virtualnog svijeta. Glavna razlika između virtualne i proširene stvarnosti je to što kod proširene stvarnosti korisnik ostaje u kontaktu s realnim svijetom dok se kod virtualne taj kontakt gubi.

Iako se je virtualna stvarnost primarno koristila kao tehnologija za poboljšanje iskustava kod računalnih igara, danas se razvija i u drugim smjerovima. Primjenu pronalazi i u području obrazovanja. Na primjer, u nekim se školama koristi virtualna stvarnost za odlaske u „posjete“ raznim znamenitostima koje inače učenici ne bi mogli posjetiti (udaljene destinacije). Virtualna stvarnost omogućava učenicima lakše učenje i bolji doživljaj učenja. Primjerice, kod učenja biologije virtualna stvarnost može dočarati različite prirodne procese bolje nego udžbenik. Najbolje se uči i pamti kada učenici to sami vide i na neki način dožive. Virtualna stvarnost kod učenika znatno

povećava motivaciju za učenjem. Motivacija je jedan od ključnih faktora za uspješno ovladavanje nastavnim gradivom.

Za sad, virtualna stvarnost u svrhu obrazovanja još uvijek je nedovoljno zastupljena, ali se polako razvija. Obrazovni sustav i obrazovni djelatnici uvidjeli su mogućnosti koje ona nudi. Danas postoji određeni broj mobilnih aplikacija koje omogućuju iskustvo virtualne stvarnosti u obrazovne svrhe. Neke od njih su:

- Titans of Space- aplikacija koja koristi virtualnu stvarnost za prikazivanje planeta Sunčevog sustava
- DiscoveryVR- aplikacija koja koristi virtualnu stvarnost za pregledavanje videa prikazanih u 360°
- Anatomy VR- aplikacija koja koristi virtualnu stvarnost za interaktivan pregled ljudske anatomije tijela
- Google Expeditions- aplikacija koja koristi virtualnu stvarnost za interaktivna putovanja svijetom (ovo je najčešće korištena aplikacija u školama)

Stvaranje sadržaja za virtualnu stvarnost može predstavljati jednu od najvećih prepreka učiteljima jer zahtjeva napredno informatičko znanje za razvijanje aplikacija. Međutim, postoje i alternative koje su jednostavnije za stvaranje. Neke od njih su:

1. Snimanje interaktivnih videa tehnike koja obuhvaća vidokrug od 360° - ovo može biti vrlo jednostavan način za kreiranje sadržaja virtualne stvarnosti, ali zahtjeva dodatnu opremu za koju škole često nemaju budžet
2. Izrada 3D konstrukcije- za ovaj način je potrebno imati znanje u programiranju, npr. može se koristiti alat *Unity*

Budući da za provedbu nastave kroz virtualnu stvarnost zahtjeva određene informatičke vještine, najkompetentniji za to su učitelji informatike. Virtualna stvarnost bi bila izuzetno dobar način provedbe nastave kroz napredne sate informatike gdje učenici i sami mogu stvarati virtualne sadržaje. Bitno je napomenuti kako korištenje virtualne stvarnosti u nastavi može pomoći učenicima s invaliditetom jer pruža brojne mogućnosti za njih koje im ne može pružiti klasični oblik nastave. Učenici s invaliditetom pomoću virtualne stvarnosti mogu se bolje izraziti i razviti određene

motoričke sposobnosti. Na slici 21 prikazano je kako dječak s motoričkim poteškoćama svira klavir uz pomoć uređaja za proširenu stvarnost.



Slika 21. Dječak s motoričkim poteškoćama svira klavir uz pomoć uređaja za proširenu stvarnost  
(izvor: <https://i.guim.co.uk/img/static/sys-images/Guardian/Pix/pictures/2015/1/14/1421248003527/963deca0-98a8-4cde-a020-4265071abe1f-620x372.png?width=620&quality=45&auto=format&fit=max&dpr=2&s=209fd0f5858492b25dfa6898f7babaf0>)

Zaključiti se može kako bi implementacija virtualne stvarnosti u obrazovanje donijela mnogo mogućnosti za učenike, ali i za učitelje. Radnje koje su prije bile nemoguće (poput odlaska u Egipat) s virtualnom stvarnosti postaju moguće. Učenici mogu posjetiti udaljene lokacije i sudjelovati interaktivno u svim nastavnim sadržajima koji su im do sada bili prikazani slikama i riječima.



## 5. UTJECAJ UVOĐENJA ROBOTIKE U OSNOVNOŠKOLSKO OBRAZOVANJE NA DALJNI RAZVOJ OBRAZOVANJA

Tradicionalno obrazovanje, kao što je zaključeno u prošlom poglavlju, polako odlazi u prošlost. Uvođenje robotike u osnovnoškolsko obrazovanje ima veliki utjecaj na daljnji razvoj obrazovanja svakog pojedinca, ali i obrazovnog sustava u globalu. Potrebno je ostvariti sustav u kojemu se prate trendovi i razvitak suvremenog društva.

U skladu s trendovima, robotika se polako, ali sigurno uvodi u osnovnoškolsko obrazovanje. U ovom trenutku nameće se pitanje utjecaja robotike kao predmeta na daljnji razvoj obrazovanja. Utjecaj je višedimenzionalan, što znači da takva promjena može utjecati na tijek obrazovanja kod pojedinca (djeteta u osnovnoj školi), ali i na obrazovanje i obrazovni sustav općenito. Kod pojedinaca takva promjena može utjecati na to kako će im se odvijati daljnji tijek obrazovanja. Oni mogu proširiti svoje poglede i afinitete uvođenjem nečeg novog s čim se do sada nisu susretali. Svaka promjena otvara nove poglede i nove mogućnosti. Osnovnoškolska djeca mogu otkriti već u ranoj dobi zanimanje za robotiku i tehničke znanosti.

Kod obrazovnog sustava i obrazovanja općenito, veliki utjecaj ima država, odnosno njena vlada. Hrvatska treba provesti značajna ulaganja u obrazovanje, usavršavanje obrazovnog sustava i razvoj učiteljskih kompetencija u kontekstu IKT-a i robotike. Primarni cilj tih ulaganja je razvoj obrazovanja, ali samim time i sekundarni cilj stvaranja konkurentnosti na domaćem i svjetskom tržištu bi bio zadovoljen. Kako bi se robotika uvela u osnovnoškolski obrazovni sustav (a kasnije i u srednjoškolski), ulaganja u obrazovanje su neophodna. Svaka osnovna škola trebala bi biti opremljena za izvedbu takve nastave. Izvedba nastave zahtjeva tehnički moderno i bogato opremljen prostor u kojem bi izvedba nastave robotike bila funkcionalna. Primjeri takvog prostora i programa opisani su u idućim potpoglavljima.

## 5.1. Primjer realizirane nastave (radionice) robotike

Hrvatska zajednica tehničke kulture zamijetila je problem u kojem su aktivnosti i nastava danas uglavnom prilagođeni prosječnim sposobnostima, interesima i znanju. Djeca koja žele usvajati nova znanja i koja imaju drugačije interese su ograničena. Kako bi riješila takvu problematiku i ponudila djeci više mogućnosti, Hrvatska zajednica tehničke kulture odlučila je organizirati nastavu (radionicu) robotike u Nacionalnom centru tehničke kulture u Kraljevici. Obrazovni programi izvode se u višenamjenskom, modernom i bogato opremljenom prostoru. S učenicima rade mentori iz raznih škola. Područje obrazovnih programa je tehničko. Postoje razne radionice, škole tehničkih aktivnosti, savjetovanja i vikend tečajevi iz gotovi svih grana tehnike.

Program „Središte izvrsnosti robotike u Nacionalnom centru tehničke kulture u Kraljevici“ radionica je robotike. Ova radionica je financirana od Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske i započela je sa svojim radom 2008. godine. Provodi se tijekom ljetnih praznika i namijenjena je darovitim osnovnoškolcima od petog do sedmog razreda. Trajanje radionice je 36 školski sati i provodi se svakodnevno. Voditeljica programa, Jasna Malus Gorišek, tvrdi kako je ključ uspješnosti programa rad u malim skupinama, do 12 učenika. Također bitan faktor za uspjeh su i stručni voditelji/mentori kao i vrhunski uvjeti u Nacionalnom centru tehničke kulture. Moderna oprema omogućuje da kreativnost učenika dođe do vrhunca, prostor je prostran, a metode učenja i poučavanja su raznovrsne i suvremene.

Ovakav primjer iz prakse može poslužiti kao vodilja uvođenju robotike kao predmeta u osnovne škole.

Na slici broj 22 prikazano je kako izgleda radionica robotike u praksi. Osnovnoškolci i njihovi voditelji montiraju robota kojim će kasnije upravljati pomoću računala.



Slika 22. Voditelji i osnovnoškolci montiraju robota (izvor: Priručnik robotika za mentore i učenike, 2010)

## 5.2. Natjecanje iz robotike

Udruga pod nazivom *Institut za razvoj i inovativnost mladih* (IRIM) 2014. pokrenula je Croatian Makers Ligu. Projekt ove udruge namijenjen je osnovnoškolcima te za cilj ima omogućiti učenje robotike, automatike i programiranja. Svi sudionici projekta imaju osigurano korištenje modela robota. Koriste edukacijski robot mBot koji je detaljnije opisan u idućem potpoglavlju 5.3. IRIM kroz projekt Croatian Makers uvodi STEM aktivnosti u obrazovno-odgojne ustanove i lokalne zajednice. Projekt je najveći izvanškularni pokret u Hrvatskoj. Fokus mu je razvoj digitalne, znanstvene i tehnološke kompetencije kod učenika u okviru STEM područja kako bi postali ravnopravni građani 21. stoljeća. Cilj projekta je i omogućavanje jednakog pristupa tehnologiji djeci i mladima, neovisno o lokaciji na kojoj se nalaze i mogućnostima koje imaju.

Projekt je osmišljen tako da se provede natjecanje koje je podijeljeno u dvije kategorije. Jedna kategorija rezervirana je za učenike od 1. - 5. razreda osnovne škole, a druga

za učenike od 6. - 8. razreda. Zamišljeno je da se natjecanje odvija u kontinuitetu, otprilike jednom mjesečno. Takav princip omogućava učenicima da uče i ponavljaju naučeno kontinuirano što je vrlo bitno kad je riječ o kompleksnom projektu kao što je robotika. Početkom svake školske godine Croatian Makers Liga otvara novi natječaj u kojem se škole mogu priključiti projektu. Tako je od 2015./2016. godine do 2018./2019. broj škola sudionica značajno porastao:

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

Trenutno, ukupan broj učenika koji sudjeluju u projektu je oko 11000.

Na službenim stranicama Croatian Makers Lige nalaze se upute kako se odgojno-obrazovne ustanove i lokalne zajednice mogu prijaviti te ostale bitne informacije o projektu. Natjecanje je organizirano tako da se svi sudionici podjele u regionalne grupe. Takav način podjele ima za cilj da svi sudionici iz cijele zemlje mogu u jednom poslijepodnevu odraditi sudjelovanje.

Na slici broj 23 prikazano je superfinale 2018./2019. školske godine gdje su učenici imali za zadatak programirati mBota tako da riješi kompleksan zadatak koristeći razne funkcije i senzore. Mbot trebao je pratiti iscrtane linije, pomicati objekte, detektirati razinu svjetlost i/ili komunicirati s drugim robotima.

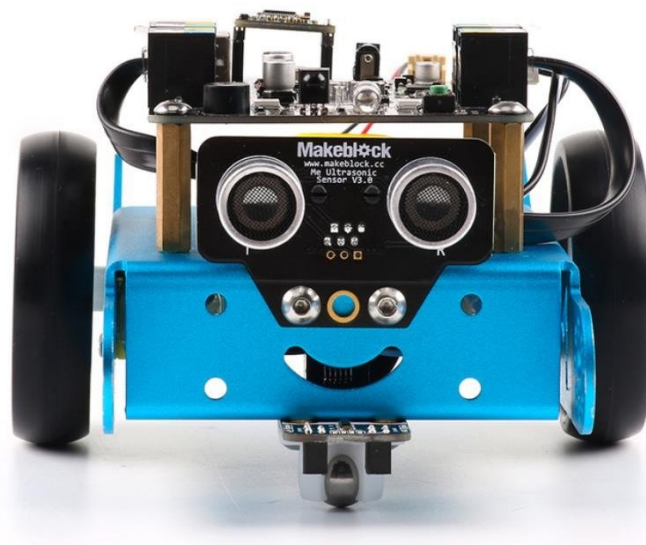


Slika 23. Superfinale Croatian Makers Lige (izvor: [https://croatianmakers.hr/wp-content/uploads/2019/05/IMG\\_2090.jpg](https://croatianmakers.hr/wp-content/uploads/2019/05/IMG_2090.jpg))

### 5.3. Edukacijski robot mBot

Edukacijski robot mBot nudi vrlo jednostavan ulazak u svijet robotike, programiranja i elektronike. Robotski set namijenjen je osnovnoškolcima te nudi cjelokupno rješenje za praktično iskustvo u programiranju, elektronici i robotici. Edukacijski robot set je vrlo jednostavan i praktičan za sastavljanje i korištenje. Princip rada edukacijskog robota inspiriran je programom Scratch 2.0. Softverska platforma na kojem je baziran mBot je Arduino. Platforma je otvorenog tipa te omogućava korisnicima stvaranje novih uređaja i naprava koje omogućuju spajanje računala s fizičkim svijetom, tzv. internet stvari. Takva platforma bila je potrebna kako bi se kreirao mBot.

Robotski set sadrži 38 dijelova. Za sastavljanje potrebno je 10-ak minuta. mBot se može programirati tako da slijedi linije, baca loptice i gura predmete, izbjegava zidove i sl. Programiranje je odvija na princip „povuci i ispusti“ uz pomoć računalno- grafičkog softvera temeljenog na Scratch 2.0. Za upravljanje robotom koristi se daljinski upravljač koji dolazi zajedno u setu. Na slici 24 prikazan je mBot.



Slika 24. Edukacijski mBot robot (izvor: <https://izradi.croatianmakers.hr/wp-content/uploads/2016/09/mBot1.jpg>)

Korištenjem mBot-a u kao edukacijskog sredstva, obrazovanje se podiže na veću razinu, a učenje postaje zanimljivije i zabavnije.



#### 5.4. Primjer upotrebe robotike na Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli

Postoji nekoliko primjera uporabe robotika na raznim sveučilištima, ali ovo je jedna od značajnijih primjena robotike u visokoškolskom obrazovanju. U sklopu suradnje znanstveno-tehnološkog instituta Visio s Hrvatskim telekomom tijekom izvedbe projekta “Europska noć istraživača” sudjelovala je robotica Pepper. Ona je po prvi puta u povijesti hrvatskog visokoškolskog sustava postala i počasna asistentica-predavačica u sklopu otvorenog slobodnog kolegija Robotika i budućnost nositelja doc.dr.sc. Svena Maričića, prof.dr.sc. Marinka Škare i izv.prof.dr.sc. Valtera Boljunčića. Robotica Pepper spada u napredniju generaciju humanoidnih robota. Proizvedena je u Japanu. Pepper se služi između ostalih jezika i hrvatskim jezikom. Prilikom govora, gestikulira i pokreće ruke i tijelo. Visoka je 1.2 metra i teži 30 kilograma. Opremljena je s dvanaest senzora, četiri mikrofona, dva zvučnika i dvije kamere koje se nalaze na čelu i u ustima.



Slika 25. Prikaz osnovnih kinematičkih plesnih pokreta tijekom predstavljanja za novinare (Autor fotografije: D.Memedović, Glas Istre)



*Slika 26. Prikaz rada s roboticom Pepper tijekom održavanja Europske noći istraživača u Puli, 2018. godine*



*Slika 27. Prikaz rada s roboticom Pepper tijekom održavanja Europske noći istraživača u Puli, 2018. godine*

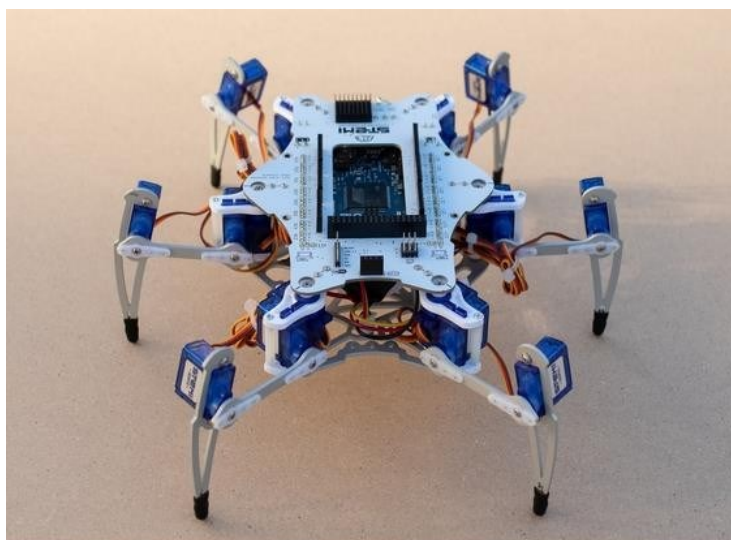




*Slika 28. Europska noć istraživača*

Na slikama 25, 26, 27 i 28 prikazano je kako izgleda robotica Pepper te kako je protekao projekt “Europska noć istraživača” uz njenu asistenciju.

Tijekom održavanja Europske noći istraživača u Puli, nastavnici i učenici Industrijske i obrtničke škole predstavili su svoje projekte iz područja primijenjene robotike, poput robotske trke na prstenac. Tijekom Europske noći istraživača posjetitelji su se mogli upoznati i s prvim domaćim heksapodom kojeg je razvio domaći startup STEMI koji je prikazan na slici 29.



*Slika 29. Prvi domaći heksapod*

## 6. ROBOTSKA RUKA

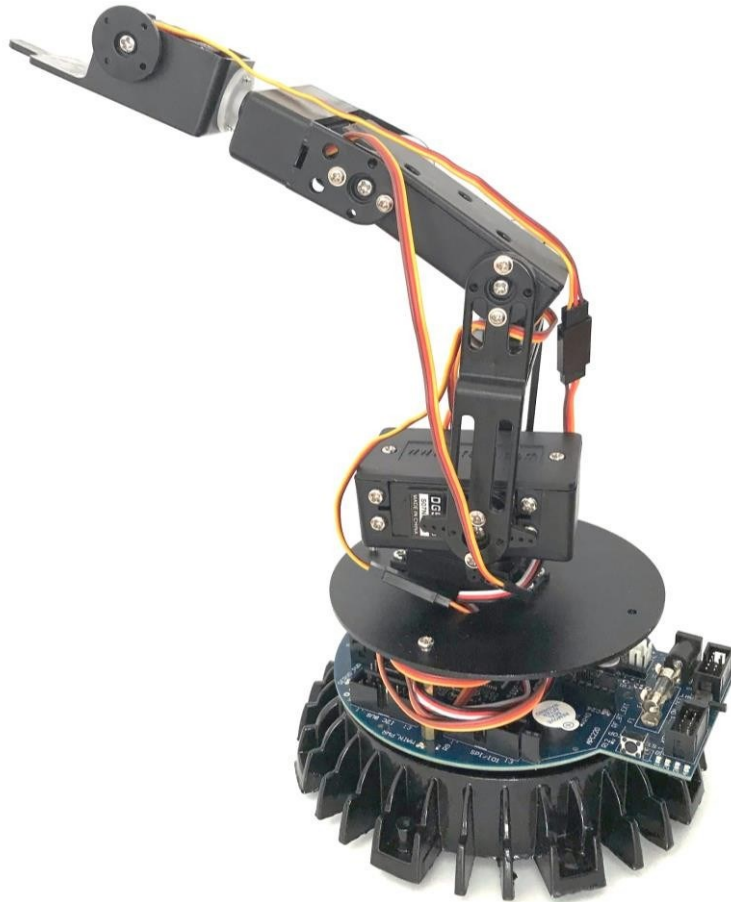
Robotska ruka može se predstaviti kao mini robot koji služi u svrhu edukacije. Idealno je rješenje za osnovnoškolce, ali i za sve početnike u robotici. Namijenjena je kao pomoć pri učenju osnova elektronike, mehanike i programiranja. Pokrete robotske ruke kontrolira moćni mikrokontroler ATMEGA64. Mikrokontroler je programiran kao „Open Source“ (hrv. otvoreni kod) u programskom jeziku C. Budući da je otvorenog koda, korisnik može učitati svoje programe jednostavno i vrlo brzo. Korisnik svoje kodove, odnosno programe može prenijeti putem USB (engl. Universal Serial Bus) sučelja i softvera koji je posebno dizajniran za prijenos/učitavanje korisnikovih programa. Ulazno/ izlazne jedinice zajedno s fleksibilnim I2C sustavom sabirnice omogućuju dodavanje dodatnih modula čime robot može reagirati na svoje okruženje.

Sadržaj paketa robotske ruke sastoji se od cjelokupne elektronike i mehanike potrebne za konstrukciju ruke, USB sučelja te CD-ROM-a sa svim potrebnim softverima i priručnicima za korištenje.

### 6.1. Specifikacije i mogućnosti robotske ruke

Robotsku ruku (slika 30) pokreće procesor ATMEGA64 koji sadrži različite ulazno/ izlazne jedinice koje omogućavaju lakšu komunikaciju i razmjenu podataka između robotske ruke i korisnika. Nadalje, robotski paket sadrži I2C sabirnice, četiri mini servos-a DGServo 12g i dva maxi servos-a DGServo S07NF STD. Plastična ruka dugačka je 260 mm i proteže se u visinu do 320 mm. Napajati se može između 9 i 14 V.

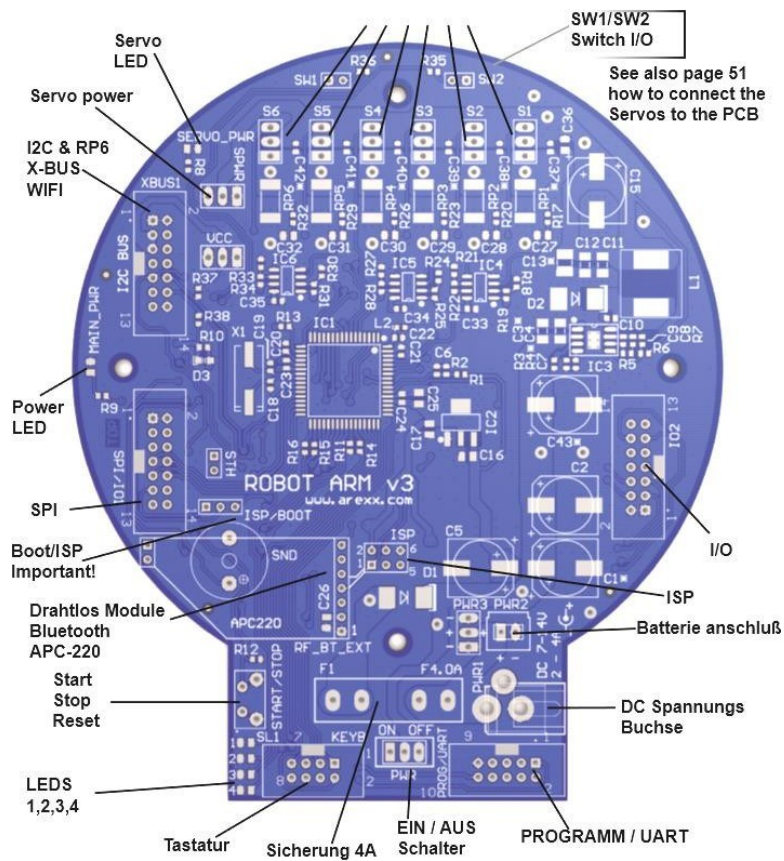
Robotska ruka može se kontrolirati pomoću tipkovnice. Za programiranje koristi se RACS softver. Nadograditi se može pomoću već gotovih modula za proširenje, tako da može „čuti“, „osjetiti“ i reagirati na svoje okruženje. Robotskom se rukom može jednostavno upravljati te se ona može programirati da obavlja zadatke koje korisnik zadaje (pogledati primjere didaktičkih zadataka u poglavlju 7).



---

Slika 30. Prikaz modela robotske ruke (izvor, proizvođač)

Na slijedećoj slici 31 prikazana je PCB (engl. *Printed Circuit Board*) ploča, odnosno tiskana ploča. PCB je naziv za sredstvo pomoću kojeg se mogu povezati elektroničke komponente. Tiskana ploča se sastoji od dva dijela, podloge koja je načinjena od izolatorskog materijala te vodljive strukture. Električke komponente robotske ruke povezane su pomoću takve ploče.



Slika 31. Prikaz tiskane ploče (engl. PCB -Printed Circuit Board) (izvor: [http://www.arexx.com/robot\\_arm/html/en/index.htm](http://www.arexx.com/robot_arm/html/en/index.htm))

## 6.2. RACS Software

RASC je engleska skraćenica za softver koja označava *Robot Arm Control Software*. U prijevodu na hrvatski jezik to bi značilo ono što doslovno i jest, softver koji upravlja robotskom rukom. Dakle, pomoću softvera omogućen je pristup i upravljanje robotskom rukom. Softver je intuitivan te lak za korištenje. Pomoću miša i softvera navodi se robotska ruka. To se odvija na način da motori robotske ruke reagiraju na položaje postavljene mišem. Na slici 32 prikazan je upravljački dio programa za direktno upravljanje (pomoću perifernih uređaja).



Slika 32. Upravljački dio programa za direktno upravljanje (pomoću perifernih uređaja)

Trenutne pozicije ruke mogu biti spremljene, promijenjene ili izbrisane. Pozicije koje su spremljene, spremaju se kao posebna datoteka na računalo te se mogu učitati u bilo kojem trenutku kako bi se robotska ruka pozicionirala na željeni položaj.

Bitno je napomenuti kako robot nadzire napon struje svakog pojedinog motora. U slučaju da se prekorači prag struje koji je dopušten (npr. tijekom sudara ili preopterećenja), tekst koji se nalazi u RACS softveru počinje bljeskati. U tom slučaju, robot se mora vratiti u zadnji položaj što je brže moguće ili se *servo power* treba

onemogućiti. *Servo power* se onemogućuje tako da se odabare opcija „*Disable*“ u potvrdnom okviru (engl. *checkbox*). Ako se to ne učini, robotska ruka bi mogla biti trajno oštećena pa je vrlo bitno obratiti pozornost da napon struje bude u okviru koji je dozvoljen.

Kako bi se softver mogao koristiti, potrebno je instalirati RobotLoader softver sa USB adapterom koji omogućava programiranje.

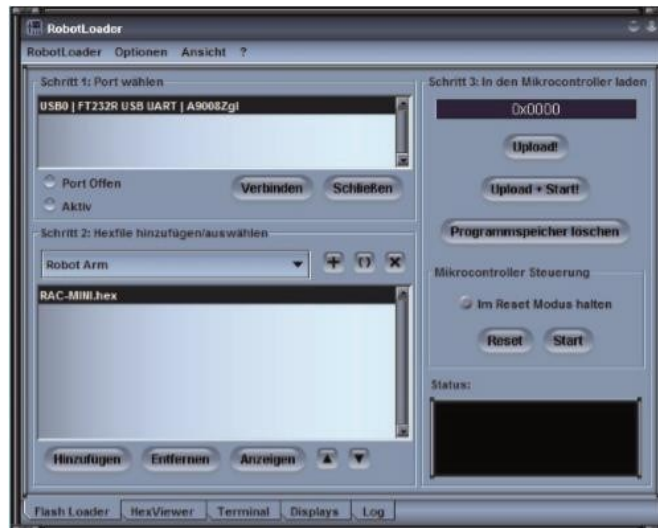
### 6.3. Kako pokrenuti softver RACS

U ovom poglavlju je objašnjeno kako pokrenuti RACS softver. Objašnjenja su popraćena detaljnim opisima te slikama svakog bitnog koraka. Instalacija je objašnjena pomoću službene dokumentacije robotske ruke.

#### 6.3.1. RobotLoader softver

Prije početka korištenja robota, potrebno je učitati HEX softver RAC-MINI.hex u Flash memoriju procesora. Za razliku od RAM i ROM memorije, Flash memorija je način dugoročnije pohrane podataka kojoj se može pristupiti i kad nema napajanja.

Potrebno je spojiti kabel (engl. *programming/control lead*) s USB priključkom na računalu i pokrenuti *Loader softver*. Zatim se prikazuje korisničko sučelje prikazano na slici 33.



Slika 33. RobotLoader korisničko sučelje (izvor: [http://www.arexx.com/robot\\_arm/html/en/index.htm](http://www.arexx.com/robot_arm/html/en/index.htm))

Ako se na popisu „Step 1: Select Port“ ne prikaže niti jedan USB priključak (engl. *USB Port*), potrebno je provjeriti je li kabel ispravno priključen te jesu li instalirani svi potrebni upravljački programi. Popis priključaka moguće je pozvati putem izbornika prateći sljedeće korake:

- RobotLoader-> Refresh port list

Kad se uspješno obavi korak 1, potrebno je prijeći na sljedeći korak. U drugom koraku potrebno je označiti i dodati datoteku s nastavkom hex: RAC-MINI.HEX. Zatim slijedi korak pod brojem 3 gdje je potrebno odabrati gumb *Upload* kako bi se učitala datoteka.

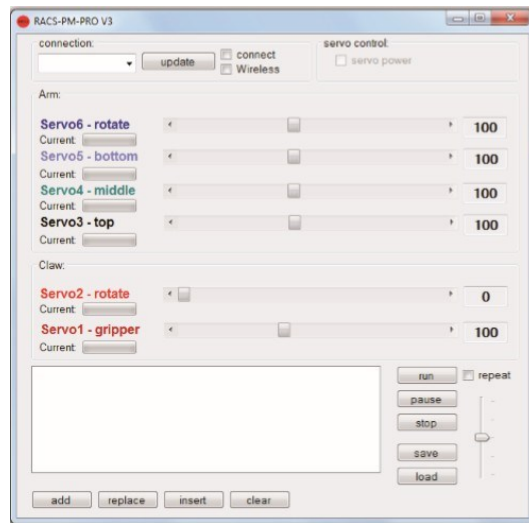
Bitno je napomenuti da ako se želi upravljati robotskom rukom, potrebno je isključiti *RobotLoader*. Isključiti se može u prvom koraku tako da se odabere gumb *Close*. Kad se program zatvori, veza se automatski prekida.

### 6.3.2. RACS- uspostava veze

U sljedećim koracima bit će prikazano na koji način se uspostavlja veza između RACS softvera i robotske ruke.

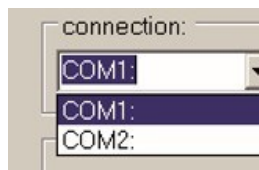
Prvi korak: potrebno je dvostruko kliknuti na *Robot Arm Control Software* kako bi se softver pokrenuo. Sučelje softvera izgleda kao na sljedećoj slici 34:





Slika 34. RACS sučelje (izvor: [http://www.arexx.com/robot\\_arm/html/en/index.htm](http://www.arexx.com/robot_arm/html/en/index.htm))

Korak dva: U padajućem izborniku Connection pojavit će se ispis svih serijskih sučelja.



Slika 35. Serijska sučelja (izvor: [http://www.arexx.com/robot\\_arm/html/en/index.htm](http://www.arexx.com/robot_arm/html/en/index.htm))

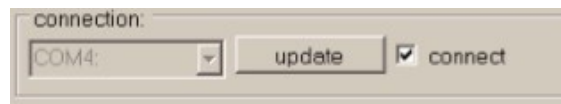
Korak tri: Potrebno je priključiti USB.

Korak četiri: Sada je potrebno odabrati *Update* gumb. U padajućem izborniku pojavit će se novo dodatno sučelje koje se inicijalizirala putem USB programatora.

Korak pet: Potrebno je odabrati novonastalo sučelje. Ovdje je bitno obratiti pozornost da se imena sučelja mogu razlikovati od ovih navedenih u primjeru, ovisno od računala do računala.

Korak šest: Nakon odabira novog sučelja, potrebno je povezati sučelje označavanjem potvrdnog okvira (engl. *checkbox*) *connect*. Također je potrebno označiti potvrdni okvir *servo power*. Oba potvrda okvira prikazana su na slikama 36 i 37.





Slika 36. Potvrdni okvir za connection (izvor: [http://www.arexx.com/robot\\_arm/html/en/index.htm](http://www.arexx.com/robot_arm/html/en/index.htm))



Slika 37. Potvrdni okvir za servo power (izvor: [http://www.arexx.com/robot\\_arm/html/en/index.htm](http://www.arexx.com/robot_arm/html/en/index.htm))

Korak sedam: Sada bi veza trebala biti uspostavljena. Ako je došlo do pogreške tijekom uspostave veze, pojavit će se prozorčić prikazan na slici 38. Tada je potrebno ponoviti korake 2-6.



Slika 38. Greška tijekom uspostave veze (izvor: [http://www.arexx.com/robot\\_arm/html/en/index.htm](http://www.arexx.com/robot_arm/html/en/index.htm))

### 6.3.3. RASC- kontrolni gumbi

Na slici 39 prikazan je prozorčić s kontrolnim gumbima.



Slika 39. RASC kontrolni prozorčić (izvor: [http://www.arexx.com/robot\\_arm/html/en/index.htm](http://www.arexx.com/robot_arm/html/en/index.htm))

Slijede objašnjenja za svaki od kontrolnih gumba:

- Add- gumb koji dodaje trenutni položaj klizača (engl. *slider*) na listu
- Replace- gumb zamjenjuje odabranu stavku s trenutnim položajem klizača
- Insert- gumb koji umeće trenutne pozicije klizača iznad odabrane stavke
- Clear- gumb pomoću kojeg se odabrana stavka s lista briše
- Save- gumb pomoću kojeg se odabrana stavka s liste pohranjuje
- Load- gumb pomoću kojeg se učitava
- Run- gumb pomoću kojeg se započinje obrada stavki, s vrha prema dolje. Ako je opcija *Repeat* omogućena, robotska ruka će kontinuirano obrađivati sve stavke
- Step Time- gumb pomoću kojeg se može definirati koliko dugo (u sekundama) će robot čekati prije nego prijeđe na sljedeću stavku
- Pause- gumb koji pauzira proces
- Stop- gumb koji prekida proces

## 7. PRIMJER DIDAKTIČKIH ZADATAKA- šest didaktičkih zadataka

Na temelju prethodno navedenih prednosti uvođenja robotike u osnovnu školu, predlaže se šest didaktičkih zadataka za prvu didaktičku zbirku zadataka iz robotike. Zadaci su namijenjeni djeci od 6. do 8. razreda osnovne škole. Rješavanje didaktičkih zadataka zahtjeva poznavanje korištenja robotske ruke. U prethodnim poglavljima opisan je detaljan način rada i korištenja robotske ruke iz čega proizlazi prijedlog zbirke zadataka.

Zadaci:

|    |   |
|----|---|
| 1. | posložiti geometrijske likove prema geometrijskoj sukladnosti |
| 2. | posložiti geometrijske likove naizmjenično po boji            |
| 3. | posložiti geometrijske likove cilindričnog oblika             |
| 4. | posložiti geometrijske likove pravokutnog oblika              |
| 5. | posložiti geometrijske likove piramidalnog oblika             |
| 6. | posložiti geometrijske likove kvadratnog oblika               |

*Tablica 1. Šest didaktičkih zadataka*

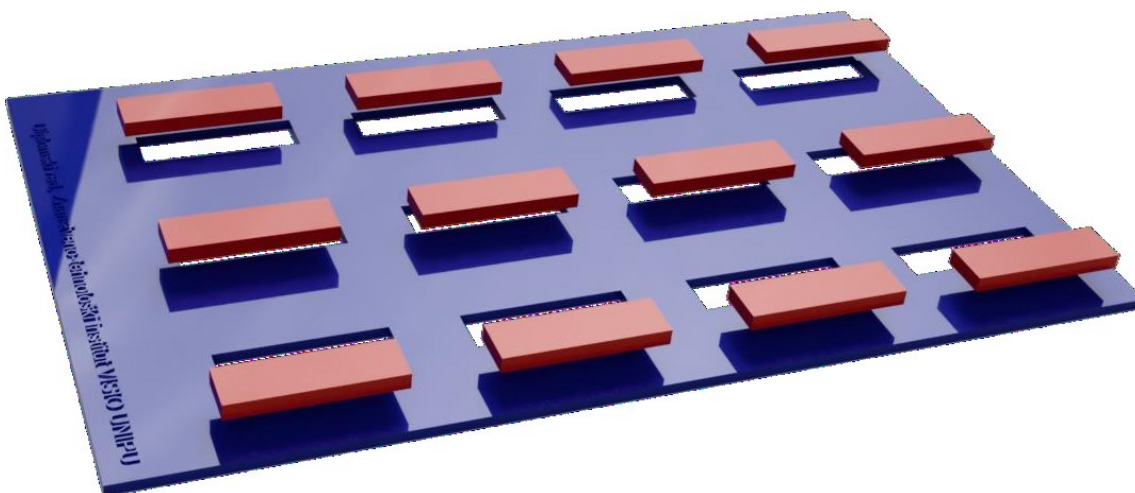
Primjer 1.

U primjeru na slici 40 prikazana je ploča i geometrijski likovi pravokutnog oblika. Likove je potrebno postaviti na predviđena mjesta na ploči uz pomoć robotske ruke. Ploču je moguće prikazati pomoću matrice 3 x 4. Matrični prikaz omogućuje lakše snalaženje po ploči, odnosno lakši pronalazak određenog mjesta. Oznaka  $A_{1,1}$  označava da se geometrijski oblik nalazi u prvom redu na prvom mjestu na ploči, dok oznaka  $A_{3,2}$  označava da se geometrijski oblik nalazi u trećem redu na drugom mjestu. Matrični

prikaz omogućuje jednostavnije planiranje programskog zadatka. U tablici 2 prikazan je matrični izgled ploče 3 x 4.

|                  |                  |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| A <sub>1,1</sub> | A <sub>1,2</sub> | A <sub>1,3</sub> | A <sub>1,4</sub> |
| A <sub>2,1</sub> | A <sub>2,2</sub> | A <sub>2,3</sub> | A <sub>2,4</sub> |
| A <sub>3,1</sub> | A <sub>3,2</sub> | A <sub>3,3</sub> | A <sub>3,4</sub> |

Tablica 2. Matrični prikaz ploče 3 x 4



Slika 40. Ploča i geometrijski likovi pravokutnog oblika

Robotska ruka kreće se po ploči tako da ju korisnik navodi uz pomoć softvera i perifernih uređaja. Koraci koje je potrebno napraviti kako bi se navigirala robotska ruka na željeno mjesto:

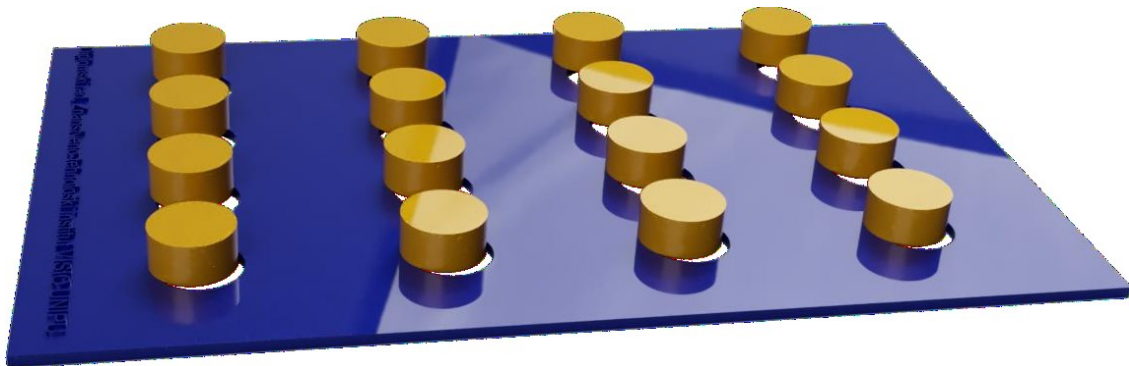
1. Reset robotske ruke
2. Definiranje brzine pomaka
3. Dolazak u početni položaj tzv. "home position"
4. Izvršenje prve naredbe - dolazak na prvu kodiranu poziciju

Primjer 2.

U drugom primjeru na slici 41 prikazana je ploča i geometrijski likovi cilindričnog oblika. Likove je potrebno postaviti na predviđena mjesta na ploči uz pomoć robotske ruke. U ovom slučaju, ploču je moguće prikazati pomoću matrice 4 x 4. Oznaka  $B_{1,1}$  označava da se geometrijski oblik nalazi u prvom redu na prvom mjestu na ploči, dok oznaka  $B_{3,2}$  označava da se geometrijski oblik nalazi u trećem redu na drugom mjestu. U tablici 3 prikazan je matrični izgled ploče 4 x 4.

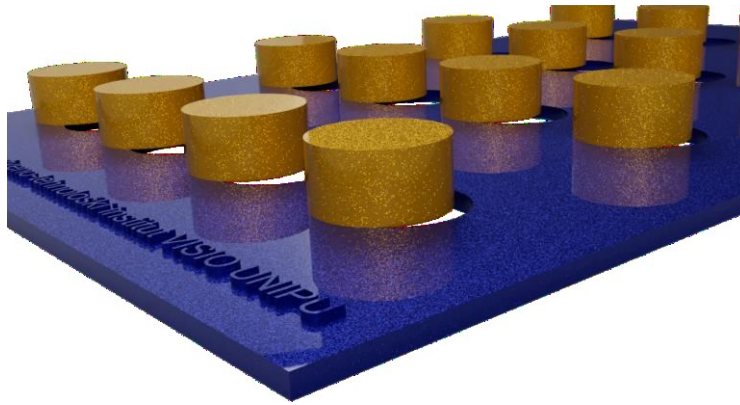
|           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $B_{1,1}$ | $B_{1,2}$ | $B_{1,3}$ | $B_{1,4}$ |
| $B_{2,1}$ | $B_{2,2}$ | $B_{2,3}$ | $B_{2,4}$ |
| $B_{3,1}$ | $B_{3,2}$ | $B_{3,3}$ | $B_{3,4}$ |
| $B_{4,1}$ | $B_{4,2}$ | $B_{4,3}$ | $B_{4,4}$ |

Tablica 3. Matrični prikaz ploče 4 x 4



Slika 41. Ploča i geometrijski likovi cilindričnog oblika

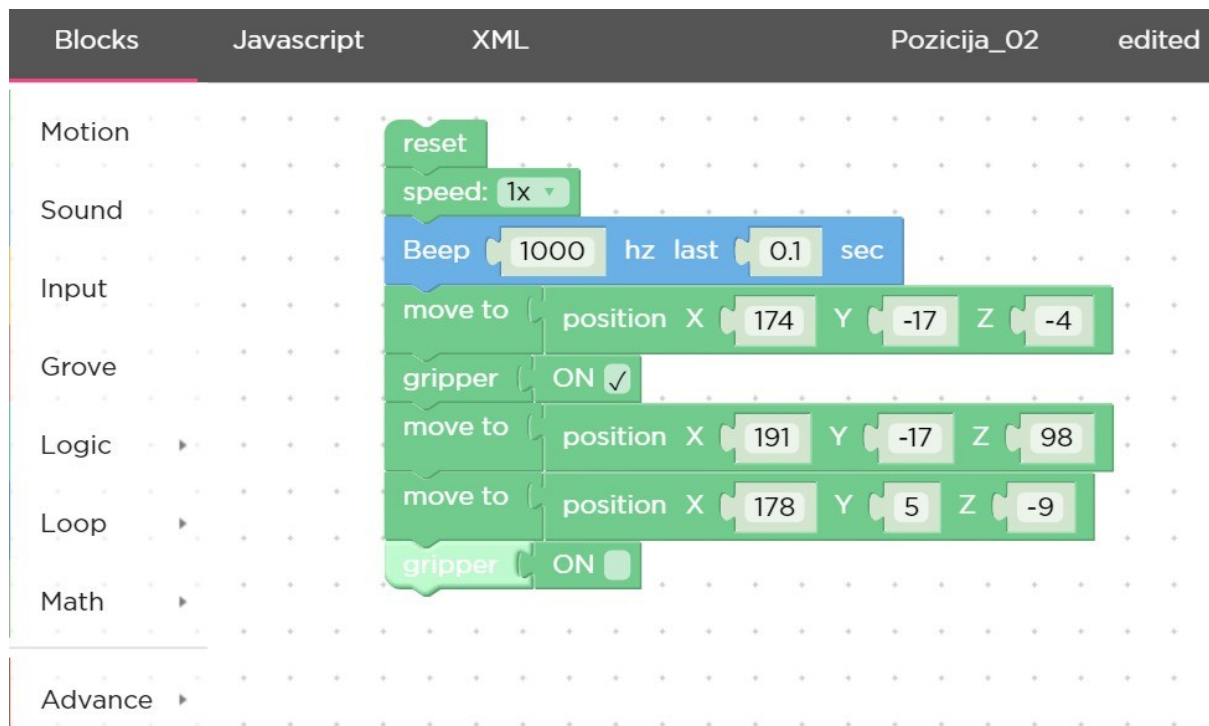
Na slici 42 prikazana je ista ploča sa cilindričnim oblicima. Prikazani su detalji ploče i elemenata odmaknuti u smjeru z-osi.



Slika 42. Prikaz detalja ploče s elementima odmaknutim u smjeru z-osi

U ovom primjeru, kao i u prethodnom, na isti se način upravlja robotskom rukom te je potrebno slijediti iste korake kako bi korisnik uspješno navigirao ruku do željenih koordinata.

Predloženo programsko rješenje može se generirati uz pomoć *Blockily* načina rada prikazanog na slici 43.



Slika 43. Prikaz programskih blokova

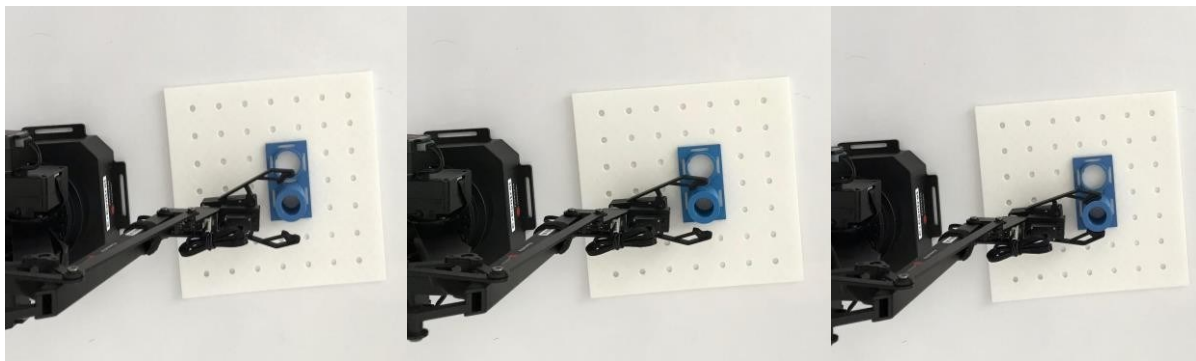
*Blockily* način rada generiran je u programskom jeziku. Na slici 44 dan je prikaz programskog koda u Javascript programskom jeziku. Funkcija *reset* postavlja robotsku ruku na početni položaj te briše sve prethodno. *Set\_speed* postavlja brzinu kretanja robotske ruke koja može biti: 1x, 2x ili 4x. *Buzzer* je funkcija koja proizvodi zvuk unutar koje se postavljaju parametri frekvencije (Hz) i trajanja (sec). Zatim se pomoću funkcije *set\_position* navodi kretanje robotske ruke gdje se postavljaju parametri x, y i z koji označavaju točan položaj do kojega treba doći robotska ruka. *Set\_gripper* je funkcija pomoću koje se izvršava naredba hvatanja uzorka (predmeta). Zatim se robotska ruka premješta na drugu poziciju koja se definira pomoću naredbe *set\_position*. Na kraju se hvatač robotske ruke otvara pomoću funkcije *set\_gripper* (gdje je "ON" postavljen na *false*) te ispušta uzorak na mjesto postavljenih koordinata u prostoru.

```
(async function() {
  await UArm.reset();
  UArm.set_speed(1);
  await UArm.set_buzzer({ "frequency": 1000, "duration": 0.1, "wait": true });
  await UArm.set_position({ "x": 174, "y": -17, "z": -4 });
  await UArm.set_gripper({ "ON": true, "wait": true });
  await BlocklyLib.wait(2);
  await UArm.set_position({ "x": 191, "y": -17, "z": 98 });
  await UArm.set_position({ "x": 178, "y": 5, "z": -9 });
  await UArm.set_gripper({ "ON": false, "wait": true });
})();
```

Slika 44. Prikaz generiranog programskog koda

Na slici 45 prikazane su snimke sekvenci robotske ruke u prostornom rasporedu u odnosu na 3D model. Prva sekvenca prikazuje pozicioniranje ruke i otvaranje hvatača, druga sekvenca prikazuje zatvaranje hvatača dok treća prikazuje uzimanje uzorka koji se premješta na traženo mjesto.

Slika 45. Prikaz snimljenih sekvenci robotske ruke u prostornom rasporedu u odnosu na 3D model

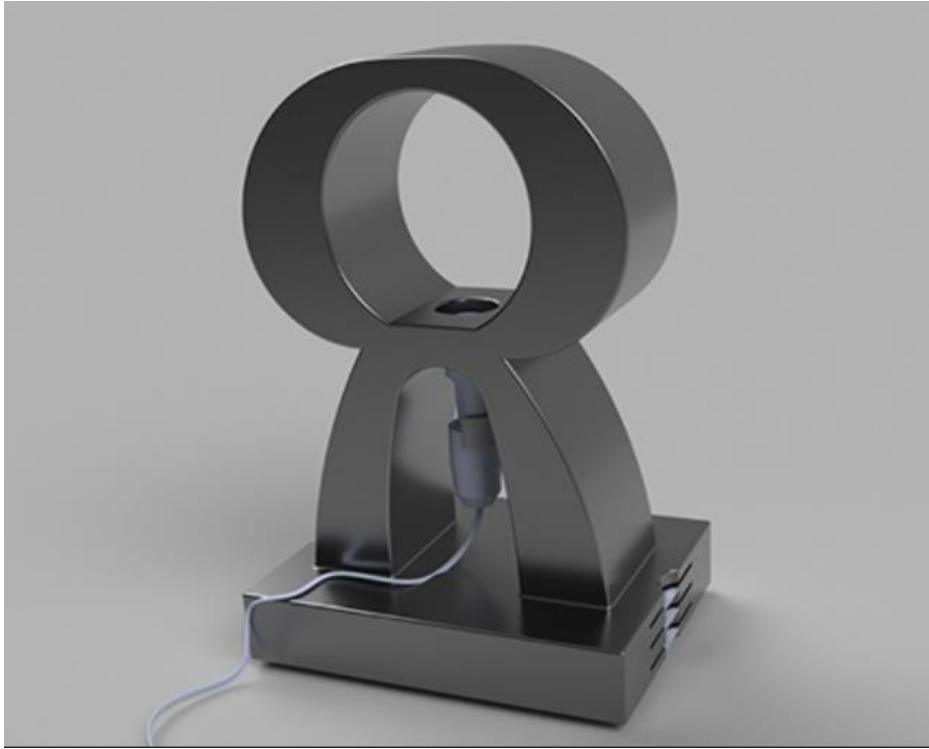


### 7.1. Primjer uporabe didaktičkih zadataka unutar studentskog startupa $\mu$ SCOPE

$\mu$ SCOPE je prvi hrvatski 3D printani mikroskop koji je razvijen od strane studenata Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli pod vodstvom docenta Svena Maričića. Mikroskop je postao prvo zaštićeno intelektualno vlasništvo Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli.

Mikroskop je u obliku glagoljičnog slova S te je prikazan na slici 46. Nastao je zajedničkim radom različitih područja (pedagoški fakultet, ekonomski fakultet, IKT i proizvodno strojarstvo), a njegova je svrha omogućiti najmlađim generacijama bolje razumijevanje svijeta i okoline. Iako je većina današnjih dječjih igračaka didaktička te one utječu na razvoj raznih djetetovih sposobnosti poput razvoja vizualne percepcije, koncentracije, pažnje, logičkog razmišljanja, zaključivanja, aktivnog slušanja i sl. malo njih prati napredak suvremene tehnologije - u ovom slučaju 3D tisak. Mikroskopom se mogu promatrati obične stvari iz okoline (npr. vrh olovke, šal, kosa, šibica i sl), a pogled kroz okular mikroskopa učenicima pomaže u širenju njihovih horizonta i dobivanju nove slike svijeta.





*Slika 46. Prikaz  $\mu$ SCOPE-a, prvog hrvatskog 3D printanog mikroskopa (izvor: [https://www.unipu.hr/\\_pub/carousel/4c69f98d49ec45b80dac7b8ed625603e1517987177.jpg](https://www.unipu.hr/_pub/carousel/4c69f98d49ec45b80dac7b8ed625603e1517987177.jpg))*

Kao vrlo uspješan projekt,  $\mu$ SCOPE je osvojio nekoliko nagrada. Najznačajnije su: StartUp Europe Awards Croatia gdje je  $\mu$ SCOPE proglašen pobjednikom u kategoriji SOCIAL te zlatna medalja osvojena na Arca 2018., 16. međunarodnoj izložbi inovacija u Zagrebu (slika 47).



16. međunarodna  
izložba inovacija  
*16<sup>th</sup> International Innovation Exhibition*

Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu  
*National and University Library in Zagreb, Croatia*  
18. - 20. listopada/october 2018.

odjeljuje  
*awarded*

dr. sc. SVEN  
MARIČIĆ  
DALEN  
BERNACA



*μSCOPE - PRVI HRVATSKI  
3D PRINTANI MIKROSKOP*

Ocjeniivački  
Zoran Barišić, predsjednik

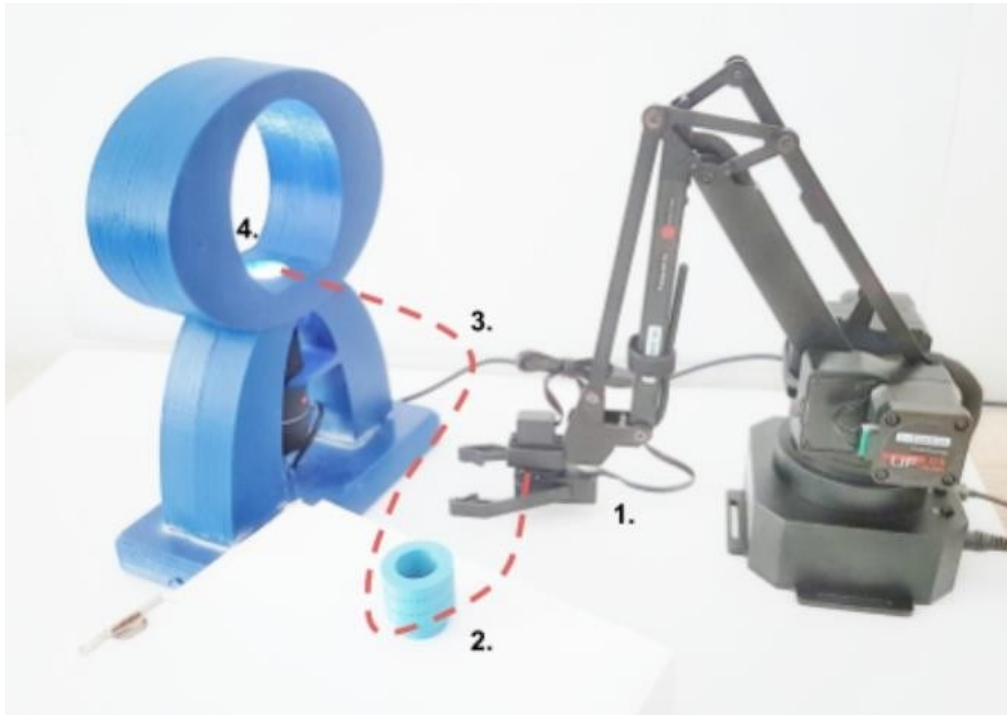


Udruga inovatora Hrvatske  
Ivan Bračić, predsjednik

Slika 47. Arca, zlatna medalja

## 7.2. Funkcija povezivanja robotske ruke s mikroskopom $\mu$ SCOPE

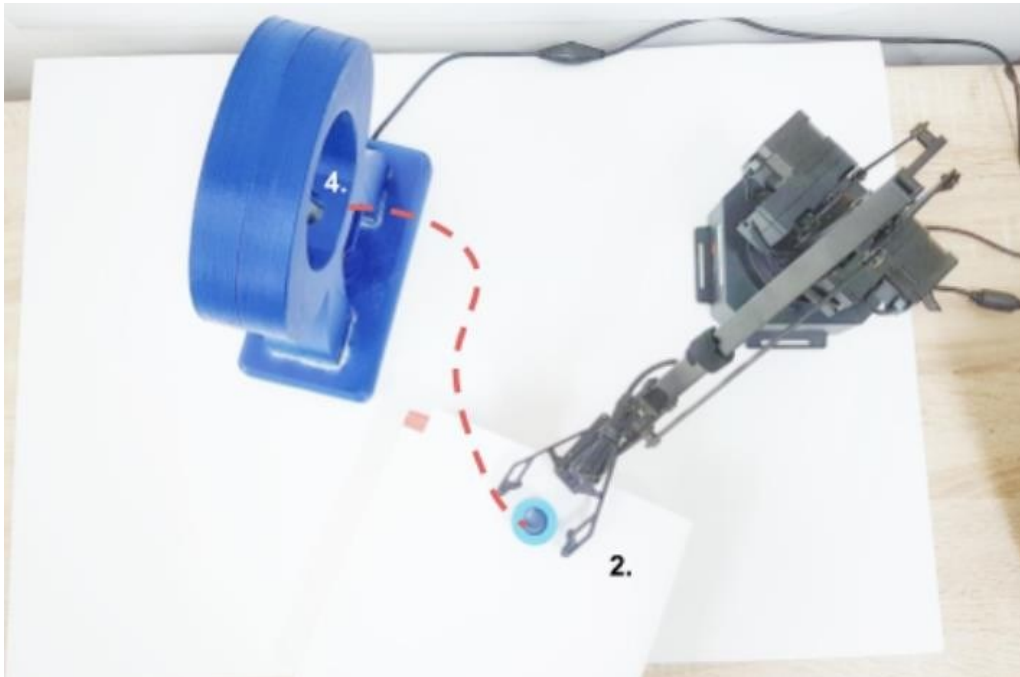
Na slici 48 prikazano je kako su povezani robotska ruka i  $\mu$ SCOPE mikroskop u okviru didaktičkih zadataka.



Slika 48. Prikaz programiranih zahvata s pripadnim pozicijama

Na slici je označena putanja uzorka crvenom isprekidanom strelicom. Prikazani su programirani zahvati u četiri pozicije.

1. pozicija: početna (home) pozicija
2. pozicija: uzimanje uzorka
3. pozicija: namještanje endefektora (čeljusti) robotske ruke
4. pozicija: pozicija okulara mikroskopa



Slika 49. Prikaz programiranih zahvata s pripadnim pozicijama, pogled odozgo

Zatim slijede slike koje prikazuju kako su programirani zahvati pomoću programskih blokova u *Blockily* načinu rada te kako izgleda generirani programski kod nakon izvedbe zadatka. Sve naredbe su iste kao i u prethodnim primjerima.



Slika 50. Prikaz programskih blokova

```

(async function() {
  await UArm.reset();
  UArm.set_speed(1);
  await UArm.set_buzzer({ "frequency": 1000, "duration": 0.1, "wait": true });
  await UArm.set_position({ "x": 168, "y": 157, "z": 67 });
  await UArm.set_buzzer({ "frequency": 1000, "duration": 0.1, "wait": true });
  await UArm.set_gripper({ "ON": true, "wait": true });
  await BlocklyLib.wait(2);
  await UArm.set_position({ "x": 219, "y": 26, "z": 150 });
  await UArm.set_buzzer({ "frequency": 1000, "duration": 0.1, "wait": true });
  await UArm.wrist_turn({ "angle": 75, "wait": true });
  await BlocklyLib.wait(0.1);
  await UArm.set_position({ "x": 288, "y": 13, "z": 147 });
  await UArm.set_buzzer({ "frequency": 1000, "duration": 0.1, "wait": true });
  await UArm.set_gripper({ "ON": false, "wait": true });
  await UArm.set_buzzer({ "frequency": 1000, "duration": 0.1, "wait": true });
  await UArm.reset();
})();

```

*Slika 51. Prikaz generiranog programskog koda*

## 8. ZAKLJUČAK

Robotika je doživjela nagli razvitak u posljednjih desetak godina. Sve se više koristi u svim aspektima ljudskog života. Razvoj robotike, u okviru razvoja tehnologije, uvjetuje odgojno-obrazovni proces koji se mora prilagođavati kako bi krajnji cilj bio zadovoljen, a to je konkurentnost radne snage. Obrazovanje je vrlo bitna stavka u životu pojedinca i ona je nedvojbeno značajan činitelj društvenog napretka i individualnog razvoja svake osobe. Osnovnoškolsko obrazovanje je izričito bitno jer je ono najčešće prvo formalno obrazovanje s kojim se svaki pojedinac susreće na početku svog životnog procesa obrazovanja. Kasnije se znanje i navike iz osnovnoškolskog obrazovanja preslikavaju na srednjoškolsko i visokoškolsko, a samim time i na radnu sposobnost. Obrazovani pojedinac, zaposlenik, je odraz poduzeća u kojem radi, države čiji je stanovnik i društva u kojemu se nalazi. Trenutno formalno obrazovanje postaje nedovoljno širokog spektra te se javlja potreba za promjenama i novim sadržajima. Osim formalnog obrazovanja, postoji i cjeloživotno obrazovanje. Pod pojmom cjeloživotnog obrazovanja prvenstveno se podrazumijeva obrazovanje za nove zadaće koje još nisu ni postojale tijekom formalnog obrazovanja, kao što je to bio slučaj s uvođenjem računala ili mikroelektronike u prošlom obrazovnom ciklusu.

Trenutno postoje određene izvankurikularne aktivnosti pod okriljem robotike, ali službeno ne postoji robotika kao nastavni predmet u osnovnim školama. Postoje i prijedlozi kurikuluma za izvođenje nastave robotike, ali bez pomoći Ministarstva znanosti i obrazovanja taj cilj nije moguće ostvariti. Trenutno se mijenja kurikulum te se uvodi informatika kao obavezan predmet u osnovne škole, što je izuzetno bitno i od velikog značaja i pokazatelj napretka hrvatskog školstva. Kako bi obrazovni sustav i dalje išao ususret modernom vremenu, očekuje se uvođenje robotike u osnovne škole. Takvim promjenama školstvo Republike Hrvatske postaje uistinu vrlo kvalitetno i konkurentno na europskom i svjetskom nivou.

## LITERATURA

1. Android robot. Dostupno na: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Android> [Pristupljeno 27.4.2019.]
2. Bakić-Tomić, L.J., Dumančić, M. (2012.) Odabrana poglavlja iz metodike nastave informatike. *Učiteljski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, 2, str. 5-11. Dostupno na: [https://2co2.ufzg.hr/pluginfile.php/1764/block\\_html/content/UFSKRIPTA\\_LJBTMD-2.pdf](https://2co2.ufzg.hr/pluginfile.php/1764/block_html/content/UFSKRIPTA_LJBTMD-2.pdf) [Pristupljeno 7.3.2019.]
3. Bélanger-Barrette, Mathieu. (2014.) Software Update for the Collaborative Robot Baxter. *Robotiq*. Dostupno na: <https://blog.robotiq.com/bid/69389/Software-Update-for-the-Collaborative-Robot-Baxter> [Pristupljeno: 16.3.2019.]
4. Budin, L., Bajica, M., Carić, A. et al. (2011.) Informacijska i komunikacijska tehnologija kao potpora razvitku Republike Hrvatske. Dostupno na: [https://bib.irb.hr/datoteka/94709.L\\_BUDIN.PDF](https://bib.irb.hr/datoteka/94709.L_BUDIN.PDF) [Pristupljeno: 3.5.2019.]
5. Croatian Makers. Dostupno na: <https://croatianmakers.hr/hr/naslovnica/> [Pristupljeno: 28.5.2019.]
6. Čatić, I. (2013.) Obrazovanje za izazove budućnosti. *Pedagogijska istraživanja*, 10 (1), str. 7-25. Dostupno na: [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=186881](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=186881) [Pristupljeno: 6.6.2019.]
7. EGUCHI, A. (2014.) Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation. *Proceedings of 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education*, str. 27-34. Dostupno na: [https://www.robolab.in/wp-content/uploads/2016/10/00\\_WFr1\\_04.pdf](https://www.robolab.in/wp-content/uploads/2016/10/00_WFr1_04.pdf) [Pristupljeno: 18.5.2019.]
8. EveR roboti. Dostupno na: <https://en.wikipedia.org/wiki/EveR> [Pristupljeno: 26.5.2019.]
9. Flash memorija. Dostupno na: <https://pcchip.hr/helpdesk/sto-je-to-flash-memorija-i-kakve-sve-vrste-postoje/> [Pristupljeno: 19.3.2019.]
10. Gerlič, I. (2010.) Challenges of Advanced Technologies and School of the Future. *Organizacija*, 43 (1), str. 50-51.
11. Holcim. Dostupno na: <https://www.holcim.hr/o-nama/podaci-tvrtke-holcim> [Pristupljeno 25.6.2019.]



12. Humanoidi. Dostupno na: <http://web.studenti.math.pmf.unizg.hr/~kmaruna/odabranetemeracunarstva/Humanoidi.html> [Pristupljeno: 26.5.2019.]
13. Hutinski, Ž., aurer, B. (2009.) Informacijska i komunikacijska tehnologija u obrazovanju: Stanje i perspektive. *Informatologia*, 42 (4) str. 265–72.
14. Ilić, D., Jurešić, M., Vulinović, K. (2016.) Virtualna stvarnost u obrazovanju. Dostupno na: [https://radovi2016.cuc.carnet.hr/modules/request.php?module=oc\\_program&action=view.php&id=92&type=2&a=](https://radovi2016.cuc.carnet.hr/modules/request.php?module=oc_program&action=view.php&id=92&type=2&a=) Pristupljeno [26.6.2019.]
15. Kuka LWR. Dostupno na: <https://www.coboticsworld.com/portfolio-items/kuka-lwr/> [Pristupljeno: 24.5.2019.]
16. Lapov-Padovan, Z., Kovačević, S., Purković, D. (2018.) Razvoj kurikuluma osnovnoškolske nastave robotike. *Politehnika: Časopis za tehnički odgoj i obrazovanje*, 2 (1) str. 7–34. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/208136> [Pristupljeno: 12.5.2019.]
17. Lasić, K. (2015.) Uloge nastavnika u tradicionalnoj i kvalitetnoj školi. *Putokazi*, 3 (2), str. 101-110. Dostupno na: <http://putokazi.eu/wp-content/uploads/2016/01/KL.pdf> [Pristupljeno: 12.5.2019.]
18. Lider- Robot Ronna G4. Dostupno na: <https://lider.media/tehnopolis/hrvatski-robot-neurokirurg-ronna-g4-pobijedio-jaku-konkurenciju-u-londonu/> [Pristupljeno 28.4.2019.]
19. Matarić, M., Koenig, N., Feil-Seifer D. (2007.) Materials for Enabling Hands-On Robotics and STEM Education. *AAI Spring Symposium on Robots and Robot Venues*. Dostupno na: <https://www.aaai.org/Papers/Symposia/Spring/2007/SS-07-09/SS07-09-022.pdf> [Pristupljeno: 23.5.2019.]
20. mBot. Dostupno na: <https://izradi.croatianmakers.hr/project/uvodno-o-mbotu/> [Pristupljeno: 5.6.2019.]
21. Nikolić, G. (2014.) Nove tehnologije donose promjene. *Andragoški glasnik: Glasilo Hrvatskog andragoškog društva*, 18 (2. (33)) str. 25–43. Dostupno na: [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=218272](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=218272) [Pristupljeno: 18.3.2019.]
22. Nikolić, G. (2015.) Razvoj robota i promjene koje oni donose. *Polytechnic and design*, 3 (3) str. 326–339. Dostupno na: [https://polytechnicanddesign.tvz.hr/?page\\_id=1691](https://polytechnicanddesign.tvz.hr/?page_id=1691) [Pristupljeno: 25.3.2019.]



23. Nikolić, G. (2016.) Robotska edukacija: „Robotska pismenost“ Ante portas? *Andragoški glasnik : Glasilo Hrvatskog andragoškog društva*, 20 (Broj 1-2 (35)) str. 25–57. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/173601> [Pristupljeno: 25.3.2019.]
24. Novak, T. (2015.) Upoznajte prve hrvatske robote Hodaju, govore, čitaju vijesti, plešu, igraju nogomet i... liječit će djecu! *Jutarnji List- Globus*, Dostupno na: <https://www.jutarnji.hr/globus/upoznajte-prve-hrvatske-robote-hodaju-govore-citaju-vijesti-plesu-igraju-nogomet-i...-lijecit-ce-djecu/293932/> [Pristupljeno: 1.4.2019.]
25. Purković, D., Bezjak, J. (2015.) Kontekstualni pristup učenju i poučavanju u nastavi temeljnog tehničkog odgoja i obrazovanja. *Školski vjesnik: Časopis za pedagošku teoriju i praksu*, 64 (1) str. 131–52. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/143874> [Pristupljeno 1.4.2019.]
26. Rajić V., Lapat G. (2010.) Stavovi budućih učitelja primarnog obrazovanja o cjeloživotnom učenju i obrazovanju. *Andragoški glasnik*, 14 (1) str. 57-64. Dostupno na: [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=152449](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=152449) [Pristupljeno: 6.6.2019.]
27. Rethink Robotics: Baxter with Intera (2014.) Dostupno na: <https://www.rethinkrobotics.com/build-a-bot/sawyer/> [Pristupljeno 15.3.2019.] <https://hrcak.srce.hr/143874> [Pristupljeno 1.4.2019.]
28. Robot Arm Documentation. Dostupno na: [http://www.arexx.com/robot\\_arm/html/en/documentation.htm](http://www.arexx.com/robot_arm/html/en/documentation.htm) [Pristupljeno 15.3.2019.]
29. Robotica Pepper. Dostupno na: <https://www.inspireme.hr/inspire/vijesti/napulskom-fakultetu-zaposlen-asistent-robot/> [Pristupljeno 3.6.2019.]
30. Robotics - Institute for Nuclear Technology. Dostupno na: <https://www.inetec.hr/en/products/robotics> [Pristupljeno: 16.3.2019.]
31. RobotiQ Blog. Dostupno na: <https://blog.robotiq.com/bid/64944/Collaborative-Robot-Series-KUKA-s-Light-Weight-Robot-4> [Pristupljeno 27.4.2019.]
32. Rollin' Justin robot. Dostupno na: <https://www.dlr.de/rm/en/desktopdefault.aspx/tabid-11427/#gallery/29202> [Pristupljeno: 25.5.2019.]
33. Smiljičić, I., Livaja, I., Acalin, J. (2017.) ICT u obrazovanju. *Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku*, (3-4/srpanj) str. 157–70. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/184689> [Pristupljeno: 5.4.2019.]

34. Tatković, N., Močinić, S. (2012.) Učitelj za društvo znanja. Pedagogijske i tehnologijske paradigme bolonjskog procesa, *Pula: Sveučilište Jurja Dobrile u Puli*. str. 107-138.
35. Tiskana ploča. Dostupno na: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Tiskana\\_plo%C4%8Dica](https://hr.wikipedia.org/wiki/Tiskana_plo%C4%8Dica) [Pristupljeno: 18.3.2019.]
36. Topolovec, V. (1989.) Inteligentni informacijski sistemi u obrazovanju: Razvoj i perspektive. *Journal of Information and Organizational Sciences*, (13/prosinac) str. 201-217. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/80173> [Pristupljeno 27.4.2019.]
37. Učenje u području prirodoslovlja, tehnologije, inženjerstva, umjetnosti i matematike (STEAM): prirodoslovlje i umjetnost objedinjuju se u europskim projektima. *School Education Gateway* (2018.) Dostupno na: <https://www.schooleducationgateway.eu/hr/pub/latest/practices/steam-learning-science-art.htm> [Pristupljeno: 28.5.2019.]
38. Uloga robota u industriji. Dostupno na: <https://mreza.bug.hr/uloga-robota-u-industriji-4-0/> Pristupljeno [25.6.2019.]
39. uScope. Dostupno na: <https://www.unipu.hr/uscope> [Pristupljeno: 1.6.2019.]
40. uScope. Dostupno na: [https://www.unipu.hr/uscope/novosti?@=2ef15#news\\_124739](https://www.unipu.hr/uscope/novosti?@=2ef15#news_124739) [Pristupljeno: 1.6.2019.]
41. Vrhovski, H., Kolarić, I. (2010.) Priručnik robotike za mentore i učenike. *Hrvatska zajednica tehničke kulture*.

## POPIS ILUSTRACIJA

### Popis slika:

|  |    |
|--|----|
| Slika 1. Odjek signala o Mjesečevu površinu koji sadrži naziv diplomskog rada (engl. moon echo).....                                   | 2  |
| Slika 2. Ispis odjeka signala s Mjeseca pomoću robotske ruke .....   | 3  |
| Slika 3. Prikaz ulaganja u različita područja primjene robota .....  | 5  |
| Slika 4. Robot ASIMO tvrtke Honda.....   | 6  |
| Slika 5. Robot QRIO tvrtke Sony .....  | 7  |
| Slika 6. Robot Rollin' Justine .....   | 8  |
| Slika 7. Robot Topio .....   | 8  |
| Slika 8. Ginolda Geminoid F prof. Hiroshi-a Ishiguro-a (2012.).....  | 9  |
| Slika 9. Baxter robot .....  | 11 |
| Slika 10. KUKA-in Light–Weight robot (LWR).....  | 12 |
| Slika 11. Robot Care-O-Bot .....   | 13 |
| Slika 12. Podvodni robot LANCER tvrtke INETEC.....   | 14 |
| Slika 13. Mobilni robot za ispitivanje cijevi FORERUNNER tvrtke INETEC .....   | 15 |
| Slika 14. Dva osnivača tvrtke M. Šarlija i Ž. Goja pokraj SCARA robota .....   | 16 |
| Slika 15. Robot na poslovima izvlačenja odljevka tlačnog lijeva, Tvornica radijatora u Lipovici.....                                   | 16 |
| Slika 16. Laboratorij za robotiku na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu  | 18 |
| Slika 17. Didaktička MPS linija tvrtke Festo s robotom Mitsubishi RV-2AJ i odgovarajućim napravama za simulaciju proizvodnog rada..... | 19 |
| Slika 18. Didaktičke osobine povijesnih razdoblja uporabe IKT-a u obrazovanju.....   | 24 |
| Slika 19. Novonastale promjene u učionicama .....  | 25 |
| Slika 20. Izazovi IKT-u u obrazovanju.....   | 26 |
| Slika 21. Dječak s motoričkim poteškoćama svira klavir uz pomoć uređaja za proširenu stvarnost .....                                   | 30 |
| Slika 22. Voditelji i osnovnoškolci montiraju robota .....   | 33 |
| Slika 23. Superfinale Croatian Makers Lige .....   | 35 |
| Slika 24. Edukacijski mBot robot.....  | 36 |

|  |    |
|--|----|
| Slika 25. Prikaz osnovnih kinematičkih plesnih pokreta tijekom predstavljanja za novinare .....                  | 37 |
| Slika 26. Prikaz rada s roboticom Pepper tijekom održavanja Europske noći istraživača u Puli, 2018. godine ..... | 38 |
| Slika 27. Prikaz rada s roboticom Pepper tijekom održavanja Europske noći istraživača u Puli, 2018. godine ..... | 38 |
| Slika 28. Europska noć istraživača .....   | 39 |
| Slika 29. Prvi domaći heksapod .....   | 39 |
| Slika 30. Prikaz modela robotske ruke .....  | 41 |
| Slika 31. Prikaz tiskane ploče (engl. PCB -Printed Circuit Borad) .....  | 42 |
| Slika 32. Upravljački dio programa za direktno upravljanje (pomoću perifernih uređaja) .....                     | 43 |
| Slika 33. RobotLoader korisničko sučelje .....   | 45 |
| Slika 34. RACS sučelje .....   | 46 |
| Slika 35. Serijska sučelja .....   | 46 |
| Slika 36. Potvrdni okvir za connection .....   | 47 |
| Slika 37. Potvrdni okvir za servo power .....  | 47 |
| Slika 38. Greška tijekom uspostave veze .....  | 47 |
| Slika 39. RASC kontrolni prozorčić .....   | 47 |
| Slika 40. Ploča i geometrijski likovi pravokutnog oblika .....   | 50 |
| Slika 41. Ploča i geometrijski likovi cilindričnog oblika .....  | 51 |
| Slika 42. Prikaz detalja ploče s elementima odmaknutim u smjeru z-osi .....                                      | 52 |
| Slika 43. Prikaz programskih blokova .....   | 52 |
| Slika 44. Prikaz generiranog programskog koda .....  | 53 |
| Slika 45. Prikaz snimljenih sekvenci robotske ruke u prostornom rasporedu u odnosu na 3D model .....             | 53 |
| Slika 46. Prikaz $\mu$ SCOPE-a, prvog hrvatskog 3D printanog mikroskopa .....                                    | 55 |
| Slika 47. Arca, zlatna medalja .....   | 56 |
| Slika 48. Prikaz programiranih zahvata s pripadnim pozicijama .....  | 57 |
| Slika 49. Prikaz programiranih zahvata s pripadnim pozicijama, pogled odozgo .....                               | 58 |
| Slika 50. Prikaz programskih blokova .....   | 58 |
| Slika 51. Prikaz generiranog programskog koda .....  | 59 |

## POPIS TABLICA

### Popis tablica

|  |    |
|--|----|
| Tablica 1. Šest didaktičkih zadataka .....   | 49 |
| Tablica 2. Matrični prikaz ploče 3 x 4 ..... | 50 |
| Tablica 3. Matrični prikaz ploče 4 x 4 ..... | 51 |