

# Humanoidni roboti u radu s djecom s poteškoćama

---

Krezo, Katarina

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:137:318663>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-19**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JURJA DOBRILE U PULI  
FAKULTET INFORMATIKE  
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ INFORMATIKA  
NASTAVNI SMJER INFORMATIKA

## **HUMANOIDNI ROBOTI U RADU S DJECOM S POTEŠKOĆAMA**

Diplomski rad

Mentor: izv.prof.dr.sc. Dijana Drandić

Sumentor: izv.prof.dr.sc. Snježana Babić

Studentica: Katarina Krezo

JMBAG: 0016122244

Pula, listopad 2024.



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani Katarina Krezo, kandidat za magistra nastave informatike 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, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ godine



**IZJAVA**  
**o korištenju autorskog djela**

Ja, Katarina Krezo dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj diplomski rad pod nazivom Humanoidni roboti u radu s djecom s poteškoćama 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 (stavljane 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, \_\_\_\_\_ (datum)

Potpis

\_\_\_\_\_

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ROBOTIKA.....	2
2.1. Povijesni razvoj robotike .....	2
2.2. Robot .....	2
2.3. Robotska društva i pogled na uvođenje robota .....	4
2.4. Područja primjene robotike .....	4
2.4.1. Robotska kirurgija.....	5
2.4.2. Roboti kao tjelesna podrška .....	6
2.4.3. Robot kao pomoć u njezi pri podizanju pacijenata.....	7
2.4.4. Robot ljubimac.....	8
2.4.5. Autonomni sustavi .....	8
2.4.5.1. Autonomni robotski sustav u poljoprivredi .....	9
2.4.6. Autonomni robotski sustav u radioaktivnim područjima .....	9
2.4.7. Autonomni roboti u prometu .....	10
2.5. Roboetika.....	11
2.5.1. Povelja o robotici .....	12
2.7. Umjetna inteligencija .....	13
2.7.1. Povijest i budućnost umjetne inteligencije .....	15
3. DJECA S TEŠKOĆAMA U RAZVOJU.....	17
3.1. Klasifikacija teškoća .....	17
3.2. Inkluzija djece s teškoćama u školama u Hrvatskoj .....	19
4. HUMANOIDNI ROBOTI.....	21
4.1. Fizionomija humanoidnih robota .....	21
4.2. Roboti u radu s djecom s autizmom .....	24
4.2.1. QTrobot u radu s djecom s autizmom.....	25
4.2.1.1. QTrobot kurikulumi .....	26
4.2.1.2. Utjecaj QTrobotu u radu djecom s teškoćama iz spektra autizma .....	32
4.2.1.3. Utjecaj QTrobotu na djecu s autizmom.....	33
4.2.1.4. Reakcije roditelja na humanoidnog robota u radu s njihovom djecom..	35
4.3. Humanoidni robot u radu pri rehabilitaciji djece s cerebralnom paralizom .....	36
4.4. NAO i Pepper humanoidni roboti .....	38

4.4.1. Istraživanje o NAO humanoidnom robotu u radu s djecom s teškim i višestrukim teškoćama u razvoju.....	40
4.4.2. Pepper humanoidni robot u radu s djecom s oštećenjem sluha .....	44
4.5. Funkcionalnosti i primjene humanoidnih robota .....	45
4.6. MindBot roboti u radu s djecom s invaliditetom i preferencije djece vezano za izgled humanoidnih robota .....	46
4.7. Usporedba humanoidnih robota .....	48
5. ZAKLJUČAK.....	51
6. POPIS LITERATURE .....	52
7. POPIS SLIKA .....	56
8. POPIS TABLICA.....	57
9. PRILOZI.....	58
SAŽETAK .....	59
ABSTRACT .....	60

# 1. UVOD

Napredak informacijske tehnologije donosi brojne novitete u radu. Razvoj tehnologije donio je brojne promjene kako u obrazovanju, tako i u brojnim drugim područjima poput zdravstva, poljoprivrede, industrije, itd. Želja za razvojem robota postoji još od davnina. Današnji roboti sve više nalikuju na čovjeka, kako izgledom tako i osobinama. Veliki broj zemalja ulaže u razvoj robotike i njezinu upotrebu u industriji, obrazovanju ali i u svakodnevnom životu stanovnika. Budući da postoji bojazan od zamjene rada čovjeka s radom robota, u ovom radu navedeno je i to kako čovjek i robot mogu zajednički kvalitetno obavljati različite zadatke i poslove. Prikazani su i rezultati istraživanja koji donose brojne pozitivne reakcije na rad humanoidnih robota u školskoj praksi. Poneka istraživanja uključuju i rad humanoidnih robota kroz podršku učeniku urednog razvoja, te učeniku s posebnim odgojno-obrazovnim potrebama. Inkluzija djece, važna je tema koju je potrebno često naglašavati i o kojoj treba svakodnevno govoriti. Inkluzija djece zahtjeva vrijeme i fleksibilnost programa rada nastavnika ili učitelja. Kurikulumi su i dalje vrlo nefleksibilni, a nastavnici i učitelji često moraju prilagoditi metode i postupke kako bi se svakom učeniku u razredu jednako posvetio. Razredne zajednice često uključuju učenike urednog razvoja i učenike s teškoćama u razvoju što iziskuje dodatna znanja i angažiranost učitelja i nastavnika-

Ovaj diplomski rad je temeljen na primijenjenim istraživanjima. Cilj je bio obuhvatiti istraživanja o humanoidnim robotima u radu s djecom različitih teškoća u razvoju, a koji pohađaju redovne škole. Pri pisanju rada korištena je umjetna inteligencija poput ChatGPT-a. Univerzalni alat ChatGPT, korišten je isključivo kao pomoć pri izradi početne strukture rada koja je u konačnici gotovo u potpunosti izmijenjena. Također, kao pomoć pri traženju nekih relevantnih izvora istraživanja, te kao dodatna pomoć pri pojašnjenju nekih važnih pojmova, rezultata istraživanja.

## 2. ROBOTIKA

Robotika je ključno interdisciplinarno znanstveno područje koje je postavilo temelje za razvoj humanoidnih robota. (Novaković, 2018.) Ne zasniva se samo na mehanici i strojarstvu, već integrira elektrotehniku i informatiku. Budući da vrši poveznicu mehanike, elektrotehnike i informatike, omogućava stvaranje naprednih sustava koji mogu obavljati različite kompleksne zadatke. (Hrvatska enciklopedija, 2024.)

### 2.1. Povijesni razvoj robotike

Razvoj robotike započinje već u doba renesanse kada je Leonardo Da Vinci, osmislio i konstruirao mehaničkog lava, te humanoidnog robota - viteza. Oba robota imali su sposobnost kretanja. Težnja za stvaranjem strojeva nalik čovjeku postoji od davnina. Kako navodi Davim (2018), isprva, roboti su bili u obliku skulptura, slika i crteža, bili su dio mitova i legendi širom kultura, zamišljeni već u četvrtom stoljeću prije Krista. Dok je Grčki matematičar Arhitas osmislio je mehaničku pticu, a Aristotel je konačnu slobodu od ropstva vidio upravo kroz pomoć pri izlasku iz ropstva upravo pomoću automatiziranih strojeva. Aristotel je o toj želji i zamisli pisao u svojoj knjizi „Politika“, češki umjetnik, slikar i pjesnik Josef Čapek u svom djelu „Opilec“ opisuje automatizirane strojeve, Fran Baum u djelu „Čarobnjak iz Oza“ predstavio je mehaničkog čovjeka, Karl Čapek, brat umjetnika Josepha Čapeka uvodi riječ „robot“ u drami „Rossumovi univerzalni roboti“ (Davim, 2018). Karl Čapek začetnik je riječi „robot“ (Ross, 2019).

### 2.2. Robot

Istražujući definicije riječi „robot“, susrest ćemo se s idejama o programibilnosti, manipulaciji i automatizaciji. Različite institucije različito definiraju riječ „robot“, ovisno o specijalizaciji samog robota i zadacima koje obavlja. Američka trgovinska organizacija Robotics Industries Association (RIA) posvećena je promicanju industrije robotike i automatizacije (Davim, 2018) Prema definciji RIA-e, robot je programibilni, višenamjenski manipulator koji može obavljati različite zadatke, kao što su premještanje materijala, dijelova ili alata putem programiranih pokreta. Sve to s ciljem izvršavanja različitih operacija. Roboti su automatizirani i mogu se kretati



samostalno ili uz minimalnu ljudsku interakciju. JIRA (Japan Industrial Robot Association) nudi detaljniju klasifikaciju robota, prema Davim (2018):

1. Manipulatori – mogu biti manualni, sekvencijalni i programibilni. Manualni su oni koji su ljudski upravljani i kontrolirani i nisu autonomni. Sekvencijalni su oni roboti koji izvode unaprijed određeni slijed zadataka. Slijede fiksni redoslijed operacija i ne odstupaju od tog slijeda. Programibilni su oni kod kojih se rad tih robota ili strojeva upravlja putem programa i računalnih naredbi koji specificiraju zadatke i određene ciljeve koje treba postići. Roboti su programski prilagodljivi kako bi mogli obavljati različite operacije s obzirom na različite uvjete pred kojima se nalaze kao i s obzirom na same ulazne podatke
2. Numerički upravljani – što uključuje naredbe napisane u obliku alfanumeričkih podataka, jedinice za kontrolu koje mikroračunalo pohranjuje i izvršava program te opreme za obradu kod kojih se operacije odvijaju sekvencijalno. Naredbe se mogu odvijaju u isto vrijeme. To su tri ključna elementa koji vrše preciznu i automatiziranu kontrolu obrade materijala, omogućujući visoku razinu točnosti i ponovljivosti u industrijskim procesima.
3. Osjetilni – ovi roboti imaju ugrađene senzore na dodir, senzore blizine, različite vizualne sustave te su namijenjeni za društvenu interakciju između ljudi i strojeva. Imaju sposobnost prepoznavanja govora tijela ljudi, omogućujući prirodniju interakciju s ljudima.
4. Prilagodljivi – ovi roboti mogu mijenjati način rada u odgovoru na svoje okruženje. Napredak u senzorskoj tehnologiji s umjetnom inteligencijom donio je novi smjer u samoj robotici. Roboti više nisu jednostrano usmjereni, već višestranu programirani strojevi. Sve to dovodi ka tome da su roboti, prilagodljivi „radnici“ spremni se prilagoditi svim radnim zahtjevima.
5. Pametni i inteligentni – posjeduju kognitivne sposobnosti i umjetne inteligenciju kako bi mogli donositi odluke i prilagođavati se raznim situacijama. Kako bi mogli biti sposobni prilagoditi se nekoj određenoj situaciji, najprije trebaju prikupiti podatke i iskustva.
6. Mehatronički sustavi – stvaraju se inteligentni mehatronički sustavi kao rezultat sjecišta mehaničkih, električnih i računalnih sustava za kontrolu. Ti se sustavi nadograđuju tako da se u već postojeće sustave postavljaju ili ugrađuju pametni uređaji.

## **2.3. Robotska društva i pogled na uvođenje robota**

U budućnosti nas očekuju velike razlike između bogatih i siromašnih zemalja po pitanju razvoja i korištenja robotike. Neka istraživanja navode da 70% ukupne prodaje odvija se u Japanu, Kini, Sjedinjenim Američkim Državama, Južnoj Koreji i Njemačkoj. Sjedinjene Američke Države, Japan i Njemačka vođe su u izgradnji robota namijenjenih za industriju i medicinu, dok su Južna Koreja i Kina proizvođači manjih robota, tzv. „potrošačkih robota“ (Ross, 2019). Japan se može pohvaliti s najviše prodanih robota, dok Kina predstavlja najbrže rastuće tržište već od 2005. godine i to za 25% svake godine. S obzirom na te činjenice, između ovih pet zemalja koje dominiraju inovacijama, proizvodnji i prodaji robota i ostalih zemalja već se sada osjeti jaz između istih. Zanimljiva je činjenica kako npr. Rusija gotovo i ne ulaže u robotiku jer je usmjerena na industriju (Ross, 2019). Ona ne proizvodi niti ne kupuje robote, već je usmjerena na rudarsku industriju te u fokusu ima rude poput prirodnog plina, nafte, željeza i nikala. Tvornice Rusije identične su kao i 20. stoljeća. Pet spomenutih zemalja koje su aktivne po pitanju proizvodnje i ulaganja u robotiku bit će ujedno i zemlje koje će uključiti sljedeću generaciju robota u svoje društvo, radno mjesto i dom. Ostale zemlje, morat će se prilagoditi robotizaciji i biti fleksibilnije za uvođenje takvih tehnologija u svoje društvo i dom. Zanimljiva je činjenica kako zapravo zemlje različito gledaju na uvođenje robota u područje poučavanja. Južna Koreja pozitivno gleda na uvođenje robota za poučavanje dok u Europi gledaju negativno na uvođenje robota u te svrhe. Europa smatra robote strojevima, Azija potencijalnim prijateljima. Na Bliskom istoku provedeno je istraživanje koje je pokazalo da su spremniji za robote koji su više namijenjeni za čišćenje kuće, ali ne i za one robote koje obavljaju važne uloge poput poučavanja. Za njih su to intimnije i važne uloge koje jednostavno robot ne bi trebao obavljati (Ross, 2019).

## **2.4. Područja primjene robotike**

U nastavku su navedena istraživanja o robotici i različitim područjima primjene robotike. Roboti su važni u mnogim područjima djelatnosti, jer poboljšavaju kvalitetu rada, povećavaju kvalitetu života, unaprjeđuju učinkovitost ljudskog rada uključujući i same postupke medicinskih zahvata, kirurških zahvata i dr. Osim primjene robota u

medicini, bit će spomenuta i neka druga područja primjene te će biti dani primjeri robota koji imaju različite svrhe.

### **2.4.1. Robotska kirurgija**

Američka tvrtka, Inuitive Surgical, specijalizirana je za robotski potpomognutu kirurgiju, odnosno robotski asistiranu kirurgiju. Tvrtka je to koja je zaslužna za razvoj inovativnih tehnologija koje omogućuju manje invazivne kirurške zahvate i koji omogućuju preciznije zahvate putem robota. Njihovi sustavi koriste se diljem svijeta. Sustave koje razviju nastoje pomoću medicinskih stručnjaka i dalje unaprjeđivati kako kako bi pospješili bolju skrb pacijenata. Najpoznatiji sustav ove tvrtke je „Da Vinci Surgical System“. U brojnim istraživanjima govori se kako je ovaj sustav uvelike potreban u medicini. Klasični operacijski zahvati u odnosu na robotski potpomognuti zahvat se uvelike razlikuju. Prednost korištenja robotskih sustava: zahvati putem ovih tehnologija značajno poboljšavaju klinički ishod, bolji pristup ciljanom mjestu, bolja kvaliteta i rezolucija slike, trodimenzionalnost slike koja poboljšava percepciju dubine, povećan raspon pokreta, manji ožiljci.. Također je navedeno kako je često manji gubitak krvi kod pacijenata, kraće je vrijeme boravka u bolnici, smanjena je potrebna količina za određenim vrstama analgetika i sličnih farmaceutskih lijekova. Sve to potvrđeno je brojnim specijalističkim istraživanjima. Da Vinci sustav koristi se za brojne zahvate u različitim područjima medicine uključujući urologiju, ginekologiju, kardiologiju, opću kirurgiju, pedijatriju, itd. Nakon istraživanja pokazalo se da robotska kirurgija smanjuje šansu za ponovni prijem u bolnicu za 52%, dok je 77% smanjena učestalost krvnih ugrušaka kao što je duboka venska tromboza i plućna embolija (Rivero-Moreno i sur., 2023). Neki od nedostataka robotske kirurgije: cijena operativnog zahvata, tehničke greške, loša uporaba robota, duže trajanje operacije, gubitak osjeta dodira nakon upotrebe velike sile prilikom obrade tkiva, ozljede tkiva koje su moguće prilikom rukovanja robotom, itd. Zanimljivo je to što u studiji o barijatrijskoj kirurgiji nisu pronašli prednost ovakve vrste kirurgije u odnosu na konvencionalni laparoskopski način (Rivero-Moreno i sur., 2023). Uvođenje Da Vinci sustava dovele su do naglog porasta tehnoloških inovacija u ovom području. Neminovno je to da je porast robotske kirurgije zastupljeniji u zemljama veće financijske moći od zemalja trećeg svijeta. Bez obzira na to, primjena robotike u

Latinskoj Americi raste, porastao je broj zahvata. Od nabavke prvog robota 2008. godine), broj zahvata u Brazilu 2019. bio je 21.000. Do rujna 2017. godine implementirani su 4271 takvih sustava diljem svijeta: 2770 u SAD, 719 u Europi, 561 u Aziji i 221 u ostatku svijeta (Rivero-Moreno i sur., 2023). Prema podacima Intuitive Surgical (2021), sada je više od 6500 implementirano u 67 zemalja, a više od 55000 kirurga diljem svijeta obučeno je za korištenje da Vinci sustava.



**Slika 1.** da Vinci kirurški sustav (izvor: <https://www.researchgate.net/> )

#### **2.4.2. Roboti kao tjelesna podrška**

Tvrtka Honda usmjerena je i na istraživanje i proizvodnju robotskih udova i uređaja za pomoć. To su roboti koji nisu samostojeći već se poput njihovog npr. Walking Assista uređaj omata oko nogu i leđa kako bi vršili potporu oslabljenim mišićima nogu i leđa. U budućnosti se očekuje kako će Honda proizvoditi robotizirane ruke i noge. Takvi uređaji nudit će mogućnost osobama da prohodaju, te pomoći osobama s oslabljenim mišićima da ponovno prohodaju (Ross, 2019). U jednom istraživanju koji je napravljeno u bolnici Tokyo Metropolitan Rehabilitation Hospital u Japanu o učinku Honda Walking Assist Device-a na funkciju stopala i gležnja kod pacijenata s hemiplegičnim moždanim udarom pokazalo je kako Walking Assist može poboljšati sposobnost hoda kod pacijenata. Dokazano je kako HWAD jest učinkovit uređaj u rehabilitaciji pacijenata te da može olakšati funkciju hoda (Satoh i sur., 2020).



**Slika 2.** Uređaj za tjelesnu podršku Walking Assist (izvor: <https://www.carmagazine.co.uk/>)

### **2.4.3. Robot kao pomoć u njezi pri podizanju pacijenata**

Od strane Tokai Rubber Industriesa i japanskog istraživačkog instituta RIKENa predstavljen je robot koji može podići i posjesti pacijente težine do 80 kilograma. Robot je nazvan RIBA (engl. Robot for Interactive Body Assistance). Robot je izgrađen u obliku medvjeda, a koji je prekriven mekanom kožom. Koža koja je mekana sprječava ozljede i bol (Ross, 2019). U istraživanju koju su proveli RIKEN RTC (RIKEN Research and Development Center for Technology) jedan od najpoznatijih znanstvenih istraživačkih instituta u Japanu i SR Laboratory, Tokai Rubber Industries laboratorij u sklopu Tokai Rubber Industries tvrtke za proizvodnju gumenih proizvoda i materijala provedena su testiranja prijenosa pacijenata. Prvi robot koji je uspio podići pacijenta iz kreveta ili invalidskih kolica jest upravo RIBA robot. (Ross, 2019.) RIBA ima niz taktilnih senzora koji služe i za samo podizanje i za sigurnost, ali i za lakše upravljanje rukovatelja istim. Ima mogućnost prepoznavanja glasa, tako da se upute mogu zadavati glasom, ima mogućnost prepoznavanja lica,



**Slika 3.** Robot RIBA kao podrška i asistent (izvor:<https://newatlas.com/>)

sposobnost lokalizacije izvora zvuka kako bi čak pronašao upravljača (Ross, 2019). Robot RIBA uspješno je provela zadatke poput podizanja pacijenta s kreveta, podizanje s invalidskih kolica i kretanje tijekom podizanja pacijenta. Kada roboti prepoznaju određene abnormalnosti nastoje spriječiti pad pacijenta (Salton, 2009). Prikaz podizanja pacijenata s kreveta i iz invalidskih kolica nalazi se u prilogu.

#### **2.4.4. Robot ljubimac**

Japanska kompanija za industrijsku automatizaciju AIST, kako navodi Ross (2019), osmislila je ljubimca u obliku bebe tuljana koji se zove PARO. PARO se ponaša baš poput pravog ljubimca. Osnovna svrha razvoja robota ljubimca jest taj da se omogući boravak s ljubimcima onima koji se ne mogu posvetiti pravim ljubimcima onako kao što bi trebalo. Razlog tome može biti i financijsko stanje, zdravstveno stanja, životne prilike i drugo. Roboti ljubimci mogu biti u onim okruženjima u kojima su pravi kućni ljubimci zabranjeni poput staračkih domova, bolnica i slično. PARO voli biti u rukama, voli se držati, naljuti se kada ga se udari i voli spavati.



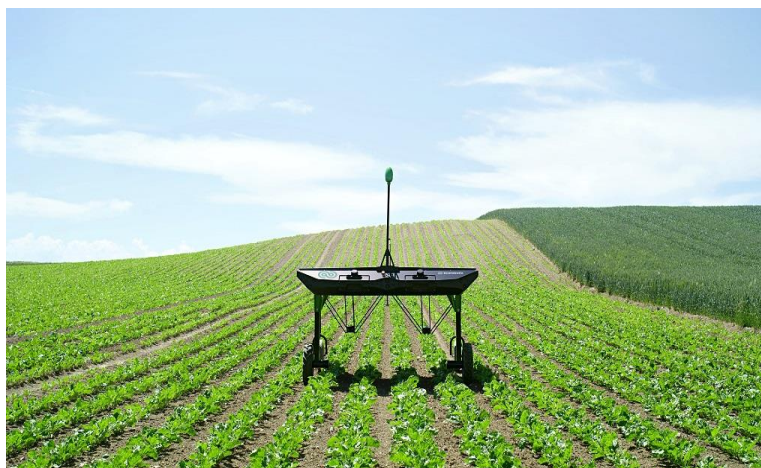
**Slika 4.** Robot ljubimac PARO (izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/Paro\\_%28robot%29](https://en.wikipedia.org/wiki/Paro_%28robot%29))

#### **2.4.5. Autonomni sustavi**

Uspješan razvoj robotike, doveo nas je i do razvoja autonomnih sustava. Autonomni sustavi važni su u brojnim područjima. Gotovo je nestvarno u kojim se sve područjima primjene koristi ova vrsta robota. Autonomni sustavi već su obuhvatili široko područje primjene kao što su promet, transport, poljoprivreda, proizvodnja i pohrana električne energije, medicina, različiti sustavi upravljanja, trgovina, vojska, recikliranje otpada i dr.

### 2.4.5.1. Autonomni robotski sustav u poljoprivredi

Autonomni robotski sustavi razvijeni su i za područje poljoprivrede. Cilj je pospješiti prinos u poljoprivredi, smanjiti troškove, održivije i ekološki proizvoditi. EcoRobotix je autonomni robot, istoimene tvrtke, koji se kreće pomoću sunčeve energije. Prema Ekovjesnik (2018), poljem se kreće pomoću kamere i GPS senzora. Robot vrši detekciju korova na polju i zatim taj isti korov tretira malom dozom herbicida. Postoji mogućnost upravljanja robotom i putem mobilnog uređaja. Velika je prednost ta što se uvođenjem ovog robota upotreba herbicida u poljoprivredi smanji za čak 20 puta i to na površini od 7,5 hektara dnevno. Ovdje možemo primijetiti prednost korištenja ovog sustava i radi smanjenja štetnog utjecaja na ljudsko zdravlje. Ovakav način poljoprivrede je održiviji, zdraviji i ekološki prihvatljiviji.



**Slika 5.** Autonomni robotski sustav u poljoprivredi EcoRobotix (izvor: <https://www.ekovjesnik.hr/>)

### 2.4.6. Autonomni robotski sustav u radioaktivnim područjima

Sigurnost naše planete treba nam biti prioritet. O sigurnosti planete treba voditi računa. Što se tiče sigurnosti ne misli se samo na sigurnost na kakvu odmah pomislimo, u smislu neke vojne sigurnosti i slično. Sigurnost nam je važna s aspekta prirodne i ekološke sigurnosti. Kada čujemo pojam „nuklearna elektrana“, veliku većinu nas obuzme strah, nesigurnost i skeptičnost. Prva asocijacija je zasigurno nuklearna katastrofa koja je zadesila grad Černobil u Ukrajini 1986. godine. Zbrinjavanje otpada i čišćenje radioaktivnog područja nakon nuklearne katastrofe ili

općenito nakon što su određena područja zahvaćena radijacijom nije siguran i bezopasan posao. U tom poslu veliku ulogu mogu odigrati upravo autonomni sustavi. Radijacija postoji u na mjestima za koje ne bi mogli ni zamisliti da tamo postoje. Shodno tome, važno je proučavati autonomne robote koji nam mogu pomoći pri zbrinjavanju radioaktivnog otpada i koji mogu pristupiti područjima pogođenim radijacijom. U istraživanju pod nazivom „Autonomous Search of Radioactive Sources through Mobile Robots“ prikazani su dobiveni rezultati istraživanja o autonomnom robotu koji je imao zadatak tražiti radioaktivne izvore, curenje tvari (nuklearne ili kemijske) u kemijskim postrojenjima i nuklearnim elektranama (Huo i sur., 2020). Traženje radioaktivnih izvora vrši se pomoću Markovljevog procesa odlučivanja, POMDPa. Informacije koje su korištene prilikom rada robota: koordinate o tome kako bi znali gdje se robot nalazi, smjeru prema kojem smjeru je robot okrenut, broj detektora kako bi robot bolje razumio gdje se nalazi radioaktivni materijal. Prilikom izračuna gdje se nalazi radioaktivni materijal korišten je način računanja koji je nazvan Monte Carlo metoda. Rezultat istraživanja pokazuje kako je algoritam dobrih performansi u okruženju bez prepreka (Huo i sur., 2020).

#### **2.4.7. Autonomni roboti u prometu**

Tesla Motors razvio je autonomni sustav za vožnju koji se koristi za vožnju na prometnicama. Tesla automobili koriste kombinaciju senzora, kamere i umjetnu inteligenciju kako bi omogućili vožnju bez vozača. Vozaču je omogućen sustav za pomoć u vožnji Advanced Driver Assistance System, ADAS kojim se aktivira hitno upravljanje i kočenje. Osim što takvo vozilo nudi mogućnost autopilota, omogućuje praćenje vozila, automatsko parkiranje, promjenu traka, prilagodbu brzine i slično. (Shatanu i Madhuri, 2016).



## 2.5. Roboetika

Uvođenje robota kao i prilagodba na takve vrste tehnologija za neke zemlje predstavljat će velik izazov. Zemljama drugog svijeta bit će teško prihvatiti takve tehnologije u društvu, zajednicama i domovima. „Velika petorka“ poput Sjedinjenih Američkih Država, Japana, Njemačke, Južne Koreje i Kine bit će spremnija i već i jest spremnija od svih drugih zemalja za uvođenje takvih tehnologija (Ross, 2019). Velike svote novca odlaze upravo u ulaganja u robotiku. Ostalim zemljama, koje ne ulažu toliko u robotiku, trebat će zasigurno više vremena za prilagodbu cijeloga društva i sustava na iste. Među ljudima i dalje vlada strah i bojazan od uvođenja takvih tehnologija u društvo i domove. Roboti u domovima? Roboti u staračkim domovima? Roboti na školama i fakultetima? Zasigurno postoji strah od zamijene profesora, nastavnika, njegovatelja ili npr. konobara s robotima. No, kako sve dalje ide vrijeme sve se više susrećemo s novim vrstama poslova. Neki poslovi se gase, neka radna mjesta više nisu „aktivna“. Svijet u kojem živimo, mijenja se, ljudi i načini življenja, sve se mijenja. S obzirom na sve, moramo promisliti i što uvođenje robota u društvo znači, ima li bojani od istih? Treba li postojati roboetika? Problemi koji će se zadesiti tim događajem - uvođenjem robota, svakako će biti etičke, društvene i ekonomske problematike. Važno je pitanje, jesu li roboti opasni za čovječanstvo? Mogu li roboti činiti i dobro i zlo? U članku *The Birth of Roboethics* davne 2005. godine bilo je već tada spomena o roboetici. Nobelovac i nuklearni fizičar Joseph Rotblat, upozorio je na opasnost uvođenja novih tehnologija (Veruggio, 2005). Posebno se osvrnuo na računala koja „misle“, ona koja imaju sposobnost izvođenja složenih zadataka, odnosno na računala koji sadrže umjetnu inteligenciju. Osim toga, navodi nekontroliranu samoreplikaciju odnosno mogućnost da roboti ili AI sustavi samostalno stvaraju svoje kopije bez ljudske intervencije. Znanstvenik Sun Microsystemsa, Bill Joy, u članku „Zašto nas budućnost ne treba“, časopisa *Wired* upozorava da tehnologije mogu ljude učiniti ugroženom vrstom jer moć tehnologije može biti zlouporabljena, a ljudi mogu postati suvišni ili čak ugroženi. Ono što obojica naglašavaju jest potreba za regulacijom i pažljivim razmatranjima kako bi se spriječile neke negativne posljedice upućene čovječanstvu. Stručnjak u području molekularne nanotehnologije s Foresight Institute J. Storrs Halla iz SAD-a naglašava da strojevi odnosno roboti trebaju etiku prvenstveno iz tog razloga što će oni moći imati

određene intelektualne sposobnosti kao i mi ljudi, te da smo dužni pomno razradi etiku robota/strojeva (Veruggio, 2005).

### **2.5.1. Povelja o robotici**

U Povelji o robotici od strane Europskog parlamenta naveden je kodeks etičkog ponašanja u području robotike. Time se utvrđuju temeljna etička načela. On omogućava nadzor njihova poštivanja. Već se u fazi projektiranja i razvoja može vidjeti koliko se ta načela poštuju. Njime se omogućuje etička kategorizacija u području robotike. Kodeks je nadopuna te se njime ne zamjenjuje potreba za rješavanjem svih pravnih problema. Kodeks pokriva sve aktivnosti u području robotike, nudeći opća načela i smjernice. Istraživači u području robotike trebaju poštivati načela: djelovanje u najboljem interesu koji nalaže da roboti trebaju djelovati u najboljem interesu ljudi, ne nanošenje štete koje nalaže da roboti ne smiju naškoditi ljudima, načelo autonomije nalaže sposobnost donošenja informirane odluke bez prisile o uvjetima interakcije s robotima kako bi osoba slobodno i svjesno odlučila o načinu na koji koriste robote i zadnje načelo jest načelo pravednosti koji govori o pravednoj raspodjeli koristi povezanih s robotikom. Pravednost se razmatra u pogledu cjenovne dostupnosti robota za zdravstvenu skrb i skrb u domu. Što se tiče dozvola za korisnike one nalažu sljedeće: korisnici se smiju koristiti robotom bez opasnosti ili straha od fizičke ili psihološke štete, imati pravo očekivanja da će robot provesti svaki zadatak za koji je napravljen, biti svjesni da robot može imati perceptivna, kognitivna i aktivacijska ograničenja, poštivati fizičku i psihološku osjetljivost ljudi, kao i njihove emocionalne potrebe, uzeti u obzir prava pojedinaca na privatnost, uključujući deaktiviranje video nadzora tijekom intimnih postupaka, ne smiju prikupljati, koristiti ili objavljivati osobne informacije bez izričitog pristanka subjekta o čijem je podacima riječ, ne smiju se koristiti robotom ni na koji način koji suprotan etičkim ili pravnim načelima ili normama, ne smiju se modificirati robot kako bi mogao funkcionirati kao oružje (Europski parlament, 2017).

## 2.7. Umjetna inteligencija

Pojam umjetne inteligencije često se isprepliće s pojmom robotike. Robotika i umjetna inteligencija su u simbiozi i jedno bez drugoga gotovo i ne može. Današnji sofisticirani roboti zahtijeva prisutnost umjetne inteligencije. Roboti koji su u stanju prepoznati tuđe emocije, prepoznati osobu pred kojom se nalazi zasigurno moraju posjedovati umjetnu inteligenciju. Umjetna inteligencija je sposobnost strojeva, računala, robota ili nekih drugih digitalnih sustava da oponašaju djelovanje čovjeka (Kager, 2023). Umjetna inteligencija robotima, strojevima i računalima može omogućiti obavljanje određenih zadataka, rješavanje određenih problema, donošenje zaključaka na osnovu podataka, predviđati razne ishode kao i učenje. Glavne sirovine prošlog stoljeća bile su ugljen, čelik dok su danas podaci odnosno informacije glavne „sirovine“. Nalazimo se u informatičkoj eri gdje su informacije ključ. Sami sustavi mogu funkcionirati prema podacima iz prethodnih sustava, iz prethodnih strojeva i računala koji su obavljali isto tako dobro svoj posao. Noviji strojevi i računala koji mogu biti puno agilniji i sofisticiraniji od prethodnih, izgrađenih na temelju prethodnih informacija i podataka. Time se kreira bolje, sofisticiranije računalo ili stroj kojeg je moguće nadograđivati uz pomoć prethodnog znanja, prethodnih informacija ili podataka s ciljem ostvarenja boljeg sustava. Umjetnom inteligencijom nastoji se olakšati rad ljudi, nastoji se pospješiti lakša obrada podataka. Neki smatraju da se umjetnom inteligencijom može nadići i ljudska inteligencija. Zbog toga često se provode istraživanja o ljudskom mozgu i o neuronima čovjeka kako bi se osmislio što sličniji, gotovo isti stroj kao što je i čovjek. Ljudski mozak, ostaje neistražen baš poput svemira. Kako bi računalo, sustav ili stroj imalo sposobnosti poput čovjeka mora imati slične, gotovo iste sposobnosti kao on. Neke od njih su:

- **obrada prirodnog jezika:** prepoznavanje govora i pisma radi lakše komunikacije s računalima,
- **reprezentacija znanja:** predstavljanje i pohrana korisnih informacija, stvaranje znanja i njihova upotreba,
- **računalni vid:** sposobnost prepoznavanja scene koju računalo vidi s pomoću kamere i razlikovanje objekata jednih od drugih, kao i razlikovanje objekata od pozadine,

- **rješavanje problema:** razvoj algoritama kojima računala mogu riješiti određenu vrstu problema, poput igranja igara i sl. i
- **strojno učenje:** sposobnost učenja kako biti učinkovitiji u obavljanju određenih zadataka i to na osnovu vlastitog iskustva ili veće količine podataka. (Kager, 2023).

Umjetna inteligencija može se podijeliti prema funkcionalnosti i sposobnosti. Umjetna inteligencija prema sposobnosti dijeli se na:

1. specijaliziranu umjetnu inteligenciju,
2. opću umjetnu inteligenciju i
3. super umjetnu inteligenciju (Kager, 2023).

Primjer specijalizirane umjetne inteligencije bio bi npr. digitalni pomoćnik na pametnom mobitelu ili računalu koji služi kako bi riješio određene zadatke koje mu naredimo putem govora i sl. Opća umjetna inteligencija obuhvaća ona računala ili sustave koji mogu izvršavati više različitih zadataka istovremeno. Ovakav sustav poput čovjeka može razmišljati, učiti, djelovati i razumjeti. Super umjetna inteligencija predstavlja onaj sustav koji bi bio potpuno samosvjestan, koji bi bio bolji od nas ljudi u mnogo čemu u otkrićima, umjetnosti, matematici i drugim područjima. Radi ovakve vrste umjetne inteligencije ljudi se pribojavaju tehnološkoj singularnosti. Neki stručnjaci kažu kako bi do toga moglo doći krajem 21. stoljeća. Umjetna inteligencija se dijeli i na funkcionalnu umjetnu inteligenciju koji obuhvaćaju četiri vrste strojeva:

1. reaktivni strojevi,
2. strojevi s ograničenom memorijom,
3. strojevi s teorijom uma i
4. samosvjesni strojeve (Kager, 2023).

Reaktivni strojevi nemaju sposobnost pamćenja. Ovi strojevi ne mogu upotrijebiti prethodno stežene informacije ili iskustva, te ne mogu učiti. Primjer je superračunalo IBM-a koji je osposobljen za igranje šaha 1997. godine pobijedio je moćnog šahista Garija Kasparova. Za razliku od reaktivnih strojeva, strojevi s ograničenom memorijom mogu pamtit. Ovi strojevi iskorištavaju spremljene informacije i iskustvo. Primjer je ovakvog sustava je GPS lokacija, tražilice koji prilagođavaju buduće pretrage i sl. Strojevi s teorijom uma još su u izradi te se još uvijek nastoje razviti kako bi odgovarali što više ljudskom umu. Primjer: roboti koji mogu predvidjeti pokrete, te skrenuti lijevo ili desno kako bi izbjegli sudar. Samosvjesni strojevi bi bila

završna faza umjetne inteligencije gdje takva umjetna inteligencija može razumjeti i izazvati ljudske emocije (Kager, 2023).

### **2.7.1. Povijest i budućnost umjetne inteligencije**

Prva računala bili su masovni strojevi koji su služili za razbijanje šifriranih poruka koje su nacisti slali tijekom Drugog svjetskog rata. Engleski matematičar Alan Turing konstruirao je stroj „The Bombe“. 1940. godine dešifrirao je stroj „Engima“ koje je za šifriranje vojnih poruka upotrebljavala njemačka vojska. Takvo računalo bilo je zapravo masovni stroj koji je bio robustan u odnosu na današnja računala. Složenost tog zadatka bio je gotovo pa neizvediv i za najbolje matematičare. Turinga je ovakav složeni zadatak natjera da se zapita o inteligenciji takvih strojeva, odnosno računala. Tim povodom nastao je i poznati Turingov test. 1943. godine Warren McCulloch i Walter Pitts osmislili su model umjetnog neurona, tzv. perceptrona. 1951. godine Marvin Minsky i Dean Edmonds izgradili su stroj SNARC (engl. Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator) – prvu strojno izvedenu neuronsku mrežu. Područje umjetne inteligencije osnovano je tek 1956. godine na konferenciji održanoj u New Hampshire u SAD-u. John McCarthy smatra se ocem umjetne inteligencije. 1958. godine, razvio je programski jezik LISP. LISP povećao je napredak umjetne inteligencije. Vremenski prikaz povijesti umjetne inteligencije je u nastavku:

- **1941.** postavljen temelj strojnom učenju – stroj za dešifiranje „The Bombe“,
- **1943.** osmišljen perceptron model umjetnog neurona,
- **1950.** Turingov test – način testiranja inteligencije stroja,
- **1951.** SNARC prva strojna neuronska mreža,
- **1956.** rođenje pojma „umjetna inteligencija“, John McCarthy,
- **1958.** Frank Roenblatt implementira perceptron u računalo,
- **1966.** prvi chatbot „Eliza“,
- **1973.** prva UI zima u kojoj su istraživačima bila uskraćena sredstva za istraživanje umjetne inteligencije,
- **1980.** Japan najavljuje sustav računala 5. generacije,
- **1980.** Sve više robota s ugrađenim računalnim viđenjem radi u industriji,
- **1987.-1993.** Druga UI zima,

- **1995.** chatbot „Alice“ koristi obradu prirodnog jezika,
- **1997.** „Deep blue“ pobjeđuje svjetskog prvaka u šahu,
- **2001.** Kismet osjećajni robot,
- **2002.** prvi komercijalni pametni robotski usisivač,
- **2011.** Siri, prvi digitalni pomoćnik, računalo Watson pobjeđuje u kvizu „Jeopardy“ ,
- **2014.** chatbot „Eugene Goostman“ prolazi Turingov test,
- **2016.** računalo „Alphago“ pobjeđuje svjetskog prvaka u igri „GO“ ,
- **2018.** robot Sophia, prvi humanodini robot s državljanstvom,
- **2021.** UI model Dall-e generira digitalne slike iz opisa prirodnog jezika,
- **2022.** GATO – korak prema općoj UI,... (Kager, 2023.)

Predviđanje budućnosti umjetne inteligencije za jedan dio populacije jest negativno razmatranje, za druge pak pozitivno. Jedini kažu kako će roboti i ljudi surađivati, dok drugi, kako će roboti preuzeti svijet. Umjetna inteligencija je već sada ušla u pore našeg društva, no ne u onoj mjeri koje nas tek čeka. Poslovanje, kao i naša svakodnevnica su se napretkom tehnologije uvelike promijenili. Dakako, postoji bojazan i od pristranosti umjetne inteligencije (Kager, 2023). Moralni status umjetne inteligencije, zakonske regulative, testiranje algoritama umjetne inteligencije, definiranje pravila vezano uz razvoj tih tehnologija jest nešto o čemu se treba baviti i nešto u što treba ulagati vrijeme i napor. Duboko učenje kod takvih sustava je poput crne kutije koju treba istražiti i dokučiti kako i na koji način radi. Svi se zajednički slažu kako predstoje pravni, etički i filozofski izazovi.

### **3. DJECA S TEŠKOĆAMA U RAZVOJU**

Prema istraživanjima i procjenama UNICEF-a, broj djece s umjerenim do teškim invaliditetima uključuje 28,9 milijuna djece u dobi od 0 do 4 godine što iznosi 4,3% i 207,4 milijuna djece u dobi od 5 do 17 godina ili 10,1% djece na globalnoj razini (Olusanya i sur., 2022). Ovi podaci dokaz su nužnosti sustavnog rada na podršci djeci s teškoćama u razvoju. U školama, u Republici Hrvatskoj, neupitna je potreba za inkluzijom djece s različitim teškoćama u razvoju. Osjetno je sve više djece s teškoćama u uključenih u sustav obrazovanja na svim razinama. Prema Konvenciji o pravima djeteta, sva djeca imaju prvo na slobodu i prava koja pripadaju svim ljudskim bićima (UNICEF, 1989). U tim pravima najviše se govori o odnosu odraslih prema djetetu, u vidu zaštite djeteta. Sva djeca trebaju imati jednaka prava, neovisno o dobi, spolu, rasi, boji kože, poteškoćama u razvoju i dr., naglašena je važnost dobrobiti djeteta (UNICEF, 1989). U školama u Republici Hrvatskoj, omogućeno je uključivanje djece s teškoćama u razvoju u odgojno-obrazovne skupine s redovitim programom ili posebnim programom ili uključivanje djece u posebne ustanove u dobi od šest mjeseci do polaska u školu. U odgojno-obrazovne skupine s redovitim programom uključuju se na temelju mišljenja različitih stručnjaka, djeca koja s obzirom na vrstu i stupanj teškoće, uz osiguranje potrebnih specifičnih uvjeta mogu svladati osnove programa, uz osiguranje potrebnih specifičnih uvjeta.

#### **3.1. Klasifikacija teškoća**

Često se pojmovi „djeca s posebnim potrebama“ i „djeca s teškoćama“ navode kao sinonimi, te ih je važno razlikovati i pravilno tumačiti. U Državnom pedagoškom standardu predškolskog odgoja i naobrazbe iz 2008. godine dijete s posebnim odgojno-obrazovnim potrebama jest: dijete s teškoćama i darovito dijete. Dijete s teškoćama jest dijete s utvrđenim stupnjem i vrstom teškoće, koje je uključeno u redovitu i/ili posebnu odgojnu skupinu u dječjem vrtiću, ili posebnu odgojno-obrazovnu ustanovu. Darovito dijete jest dijete kojem je utvrđena iznadprosječna sposobnost u jednom ili više područja uključeno u jasličke i vrtićke programe predškolskog odgoja i naobrazbe. Ulaskom djeteta s teškoćama u školski sustav, propisano je da nastavu prati po redovitom, individualiziranom ili posebno programu

ovisno o vrsti i stupnju oštećenja. Darovit učenik jest učenik iznadprosječnih intelektualnih, ili(i) akademskih ili(i) stvaralačkih, ili(i) psihomotornih aktivnosti.

Stoga, možemo reći da se djeca/učenici s teškoćama u razvoju smatraju:

- djeca s oštećenjem vida,
- djeca s oštećenjem vida,
- djeca s oštećenjem sluha,
- djeca s poremećajima govorno-glasovne komunikacije,
- djeca s promjenama u osobnosti uvjetovanim organskim čimbenicima ili psihozom,
- djeca s poremećajima u ponašanju,
- djeca s motoričkim oštećenjima,
- djeca sniženih intelektualnih sposobnosti,
- djeca s autizmom,
- djeca s višestrukim teškoćama,
- djeca sa zdravstvenim teškoćama i neurološkim oštećenjima (dijabetes, astma, bolesti srca, alergije, epilepsija i slično). (Središnji katalog službenih dokumenata RH, 2008.)

Lakše teškoće djece smatraju se:

- slabovidnost,
- naglušnost,
- otežana glasovno-govorna komunikacija,
- promjene u osobnosti djeteta uvjetovane organskim čimbenicima ili psihozom,
- poremećaji u ponašanju i neurotske smetnje (agresivnost, hipermotoričnost, poremećaji hranjenja, enureza, enkompreza, respiratorne afektivne krize), motorička oštećenja (djelomična pokretljivost bez pomoći druge osobe),
- djeca sa smanjenim intelektualnim sposobnostima (laka mentalna retardacija). (Središnji katalog službenih dokumenata RH, 2008.)

Teže teškoće u razvoju-djece smatraju se:

- sljepoća,
- gluhoća,
- potpuni izostanak govorne komunikacije,
- motorička oštećenja (mogućnost kretanja uz obveznu pomoć druge osobe ili elektromotornog pomagala),
- djeca značajno sniženih intelektualnih sposobnosti,



- autizam,
- višestruke teškoće (bilo koja kombinacija navedenih težih teškoća, međusobne kombinacije lakših teškoća ili bilo koja lakša teškoća u kombinaciji s lakom mentalnom retardacijom). (Središnji katalog službenih dokumenata RH, 2008.)

### **3.2. Inkluzija djece s teškoćama u školama u Hrvatskoj**

Hrvatske škole se mogu pohvaliti s brojnim programima s ciljem inkluzije djece/učenika s teškoćama u razvoju. Brojne se aktivnosti provode s ciljem inkluzije djece. Djeca s teškoćama u razrednoj zajednici, lokalnoj zajednici i društvu trebaju biti prihvaćena. Potrebno im je omogućiti normalan život, školovanje i rad, te prilagodbu uvjeta prema njihovim teškoćama. Na primjeru istraživanja koje je provedeno u Varaždinskoj županiji kod učitelja je vidljiv pozitivan stav što se tiče inkluzije djece s teškoćama u nastavi. Istraživanje je provedeno od strane Kranjčec Mlinarić, Žic Ralić i Lisak (2016.). Cilj istraživanja bio je dobiti uvid u promišljanja učitelja Varaždinske županije o inkluziji djece s poteškoćama kroz uvažavanje njihove perspektive u skladu s mogućim profesionalnim izazovima i barijera u procesu inkluzije. U istraživanju je sudjelovalo trideset devet učitelja (šesnaest učitelja iz razredne nastave i dvadeset tri učitelja iz predmetne nastave). S učiteljima su provedeni intervjui. Kroz intervjue, učitelji su se usuglasili kako je inkluzija djece s teškoćama dobit za njih jer se time povećava prihvaćenost, dok pomaganje učitelja dovodi do povećanje napretka djece s poteškoćama u redovnoj nastavi. Složili su se s time da inkluzija znači uvažavanje prava svakog djeteta na obrazovanje, da se inkluzijom daju jednake prilike i mogućnosti za obrazovanje svih učenika. Također, ističu kako je dobro u razredu imati djecu s teškoćama kako bi i drugi učenici naučili prihvatiti različitosti i kako bi lakše mogli surađivati zajedno. Socijalne vještine poboljšavaju se i kod učenika s teškoćama i učenika koji nemaju teškoće. Iako inkluzija nudi brojne prednosti za učenike, za učitelje i nastavnike to znači puno vremena uloženog za pripremu nastavu nego inače. Redovan program iziskuje puno vremena za pripremu, inkluzija za učitelja znači da zadaci i materijali trebaju biti unaprijed pripremljeni. Svaki učenik u razredu treba imati podršku. Kada je više djece s teškoćama tada zasigurno treba više napora, truda i vremena za rad sa svim učenicima razrednog odjeljenja. Inkluzija za učenike s teškoćama predstavlja

velik izazov za učitelje jer je to za njih nepredvidiv i zahtjevan proces u koji treba puno ulagati. Neke od istaknutih barijera u procesu inkluzije bile bi: potreba za edukacijama, didaktičkim edukativnim materijalima, asistentima u nastavi, edukacijama asistenata u nastavi, suradnjom sa stručnim timom i učiteljima, potreba za podrškom učiteljima u lokalnoj zajednici, nedovoljno znanje i predrasude učitelja, potreba za pozitivnim stavom učitelja za kvalitetnu nastavu, potreba za fleksibilnim nastavnim planom i programom, potreba dodatnog vremena za provedbu individualizacije, potreba za financijskim sredstvima, suradnja i podrška s roditeljima i dr. Teškoće su brojne i važno je biti dovoljno educiran i spreman susresti se sa svim mogućim teškoćama i preprekama koje predstoje za svakog učitelja i nastavnika. Neka razredna odjeljenja su velika i bi trebalo smanjiti broj učenika kako bi se svakom učeniku moglo pristupiti jednako i biti im podrška. Od učitelja i nastavnika zahtjeva se stalna educiranost i fleksibilnost za prilagodbu nastave svim učenicima u razredu. Istraživanje je pokazalo kako priprema nastave po redovnom programu iziskuje puno vremena te da je teško u redovan program uključiti još i dodatnu brigu o svim učenicima. Međutim, treba naglasiti da u hrvatskim školama roboti u nastavi nisu zastupljeni. Daljnjim istraživanjima, prikazat ćemo na primjeru nekih drugih škola i zemalja koliko su roboti poželjni za rad s djecom s teškoćama. Zasiurno bi se tada moglo doći do zaključka koliko bi roboti mogli pomoći učiteljima, nastavnicima i učenicima u radu s djecom s teškoćama i drugim učenicima.

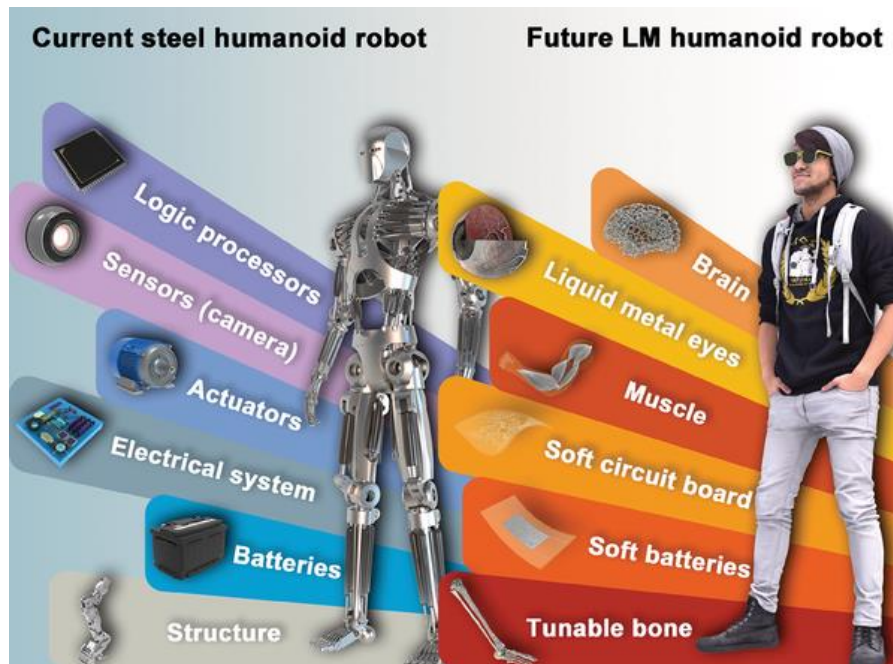
## 4. HUMANOIDNI ROBOTI

Roboti su danas različitih vrsta, oblika i različitih namjena. Iako nas često sam pojam „robot“ može asociirati upravo na humanoidne robote, humanoidni roboti zapravo nisu jedina vrsta robota koji obavljaju određenu zadaću i ulogu. To smo upravo primijetili i na prethodnim primjerima. Roboti obavljaju različite zadaće i stoga su različitih oblika. Humanoidni roboti nalik su čovjeku, imaju sposobnost govorenja, kretanja, pa čak i sposobnost kognitivnog razmišljanja. Umjetna inteligencija ključ je za razvoj humanoidnog robota koji ima sposobnost razmišljanja i učenja.

### 4.1. Fizionomija humanoidnih robota

Humanoidni roboti izrađivali su se najviše od metalnih dijelova. Danas se razmatra izgradnja humanoidnih robota na bazi tekućeg metala. Cilj je izgradnja robota koji će biti mekših tekstura u odnosu na prijašnje robote. Takvi roboti bit će više nalik na čovjeka. Očekuje se prijelaz na meko-kruće teksture koja podsjećaju na biološko ili ljudsko tkivo. Time će robot biti prilagodljiviji, manje će uništavati okoliš i okruženje u kojem se nalazi i bit će ugodniji pri radu s ljudima. Na taj će se način, pokušati će se izbrisati granica između umjetnih i prirodnih objekata. Na slici br. 7 s lijeve strane prikazana je fizionomija humanoidnih robota izgrađena u potpunosti od metala. Dijelovi tih humanoidnih robota su: logički procesori, kamere-senzori, aktuatori koji omogućuju pokrete, električni sustav, baterije, te metalne strukture (Nan i sur., 2024). S desne strane, nalazi se humanoidni robot koji će se proizvoditi u budućnosti. Fizionomija takvog robota bit će sastavljena od mozga baš poput čovjekova, oči izgrađene od tekućeg metala, mekih ploča, meke baterije, fleksibilnih elektroničkih komponenti i sl. Čak se razmatra izgradnja sintetičkih kostiju. Tekući metali temelje se na galiju i bizmutu. Te će tvari biti glavne u izradi mekih elemenata robota. One će omogućiti fleksibilan i funkcionalan dizajn s fleksibilnim elektroničkim komponentama. Istraživanje tekućih materijala je u posljednjih dva desetljeća dosta napredovalo, no još nije u potpunosti saziviljala upotreba tih materijala. Ovakva vrsta izgradnje humanoidnih robota zasigurno je novi smjer pri razvoju humanoidnih robota. „Mekani“ roboti mogu se podijeliti u tri skupine: roboti s kapljičnim pogonom, roboti s

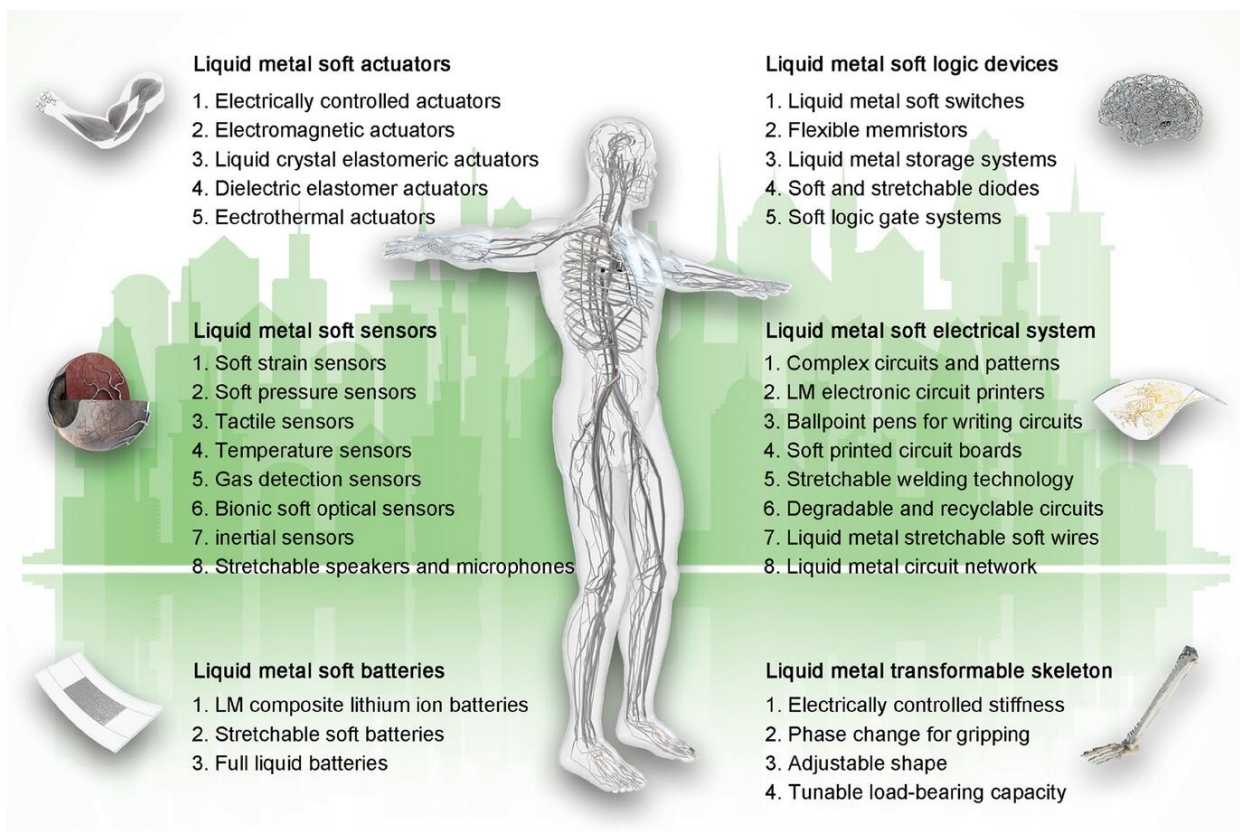
elektromagnetskim pogonom i drugi tipovi poput robota s pneumatskim pogonom, hidrauličnim pogonom i termalnim pogonom. (Nan i sur., 2024.)



**Slika 6.** Fizionomija prijašnjih humanodnih robota vs. humanoidnih robota iz budućnosti (izvor: <https://www.researchgate.net/>)

Na slici br. 6 nalazi se popis potencijalnih dijelova konstrukcije humanoidnog robota u budućnosti, podijeljene u šest kategorija: 1) meki aktuatori od tekućeg metala, 2) meki senzori od tekućeg metala, 3) meke baterije od tekućeg metala, 4) meki logički uređaji od tekućeg metala, 5) meki električni sustav od tekućeg metala i 6) kostur od tekućeg metala s mogućnošću transformacije. Meki aktuatori od tekućeg metala obuhvaćali bi: električno upravljane aktuatore, elektromagnetske aktuatore, tekući kristalni elastomerni aktuator s mogućnošću rastezanja, aktuatori od dielektričnog elastomera koji omogućuje promjenu oblika i od elektrotermičkih aktuatora. Meki senzori od tekućeg metala obuhvaćali bi: senzore mekog naprezanja, senzore mekog pritiska, taktilne senzore, temperaturne senzore, senzore za detekciju plina, bionički mekani optički senzori, inercijski senzori, te rastezljivi zvučnici i mikrofoni. Meke baterije od tekućeg metala uključivale bi: kompozitne litij-ionske baterije s tekućim metalom, rastezljive meke baterije, te potpuno tekuće baterije. Meki logički uređaji od tekućeg metala uključivali bi: meki prekidači s tekućim metalom, fleksibilni meristori koji imaju sposobnost pamćenja količine električnog naboja kako bi zadržali svoje stanje kada je napajanje isključeno, sustave za pohranu od tekućeg metala, mekane

i rastezljive diode, te sustave mekih logičkih vrata tzv. logički operatori za izvođenje logičkih operacija (Nan i sur., 2024). Meki električni sustav od tekućeg metala obuhvaćao bi: složene sklopove i obrasci, pisači elektroničkih sklopova s tekućim metalom, kemijske olovke za pisanje krugova, mekane tiskane pločice, tehnika rastezljivog zavarivanja, sklopovi koje je moguće razgraditi i reciklirati, rastezljive meke žice od tekućeg metala, kružna mreža od tekućeg metala. Kostur humanoidnog robota od tekućeg metala s mogućnošću transformacije uključuje: električki kontroliranu krutost, faznu promjenu za hvatanje, podesiv oblik i prilagodljiva nosivost. Iz ovog primjera je vidljivo koliko je tehnologija napredovala, ali i koliko će tek napredovati. Pokušaj izrade nove fizionomije humanoidnih robota govori koliko je čovjek zapravo kompleksan i koliko će još trebati istraživanja i proučavanja čovjeka kako bi stvorili robota kako bi bio „identičan“ čovjeku.



**Slika 7.** Potencijalna konstrukcija humanoidnog robota (izvor: <https://www.researchgate.net/>)

## 4.2. Roboti u radu s djecom s autizmom

U Sjedinjenim Američkim državama izvodi se sve više eksperimenata gdje žele doći do zaključka kako djeca iz spektra autizma reaguju na robote (Index HR, 2018). Američke škole su otvorene za uvođenje robota za autističnu djecu. Pokazalo se kako djeca bolje reaguju na robote nego na ljude. Lice, pokreti i ponašanje robota se ne mijenjaju često kao kod ljudi. Pažnja kod djece s autizmom je kratkotrajna, no pažnje više posvećuju robotima nego ljudima koji ih žele nešto naučiti. Roboti, djeci s autizmom, upućuju jednostavne poruke i time zaokupljaju njihovu pažnju i interes. Umjetna inteligencija u obrazovanju sve će više biti zastupljenija nego ikada do sada. Do 2030. godine, prema Svjetskom gospodarskom forumu (WEF) obrazovanje će biti područje s najvišim rastom utjecaja umjetne inteligencije. Uvođenje robota bila bi dobra nadopuna za rad s učenicima s teškoćama. Iako postoji bojazan oko zamjene učitelja s robotima, nekako se i dalje smatra kako bi roboti bili prije svega, dobra nadopuna za njihov rad. Autizam, kao složeni neurološki poremećaj utječe na rad mozga. Američka institucija CDC (Centres for Disease Control and Prevention) procjenjuje da u Sjedinjenim Američkim Državama jest 1 do 36 djece ima identificiran poremećaj iz spektra autizma. Osobe s autizmom često imaju narušene društvene odnose, komunikaciju i drugačiji pogled na okolinu (Index HR, 2018). Autizam kod djece često može biti kombiniran i s nekim drugim teškoćama. Neke osobe i djeca s autizmom imaju normalnu razinu inteligencije, dok drugi imaju zastupljen intelektualni invaliditet. Intelektualni invaliditet može biti u rasponu od blagog do teškog invaliditeta. U razgovoru s pojedinim osobama s autizmom često se može primijetiti ograničen kontakt s očima, izbjegavanje ili poteškoće s interakcijom s osobom. Djeca s autizmom često su nezainteresirana za igru s drugom djecom. Susreću se s izazovom u tumačenju neverbalnih znakova poput govora tijela i/ili izraza lica. Često se susreću s problemima komunikacije, te imaju problem s jezičnim sposobnostima. Smatra se da 20-30% osoba s autizmom komunicira neverbalnim načinom, dok ostali komuniciraju verbalno. Zapravo, velik postotak osoba komunicira neverbalno. S obzirom na to, postoje neke metode koje mogu olakšati komunikaciju kao što su slike, uređaji ili znakovni jezik. Često imaju problem s interakcijom s drugim osobama, kao i problem s ponavljanjem određenih fraza prilikom komunikacija. Osobe s autizmom teško prate upute i teško mogu shvatiti šale ili sarkazme. Tu je važno intervenirati kroz podršku razvoja jezika i komunikacijskih vještina. Robotika

omogućuje personaliziranu terapiju i individualizirani pristup osobama. Robotika omogućava dosljednost, pomoć u podučavanju društvenih vještina, prikladnog ponašanja, razumijevanju emocija i poboljšava komunikaciju. Prema Patron i sur. (2020), robot ima sposobnost prilagođavanja odgovora i interakcije što je jako važno s obzirom na ovu teškoću, te je 90-tih godina prošlog stoljeća započela je upotreba jednostavnih robota za podršku osobama s autizmom. Ti roboti su se koristili za podučavanje osnovnih vještina. Kasnijih godina, oko 2000. godine pojavili su se roboti koji su olakšavali socijalnu interakciju i koji su omogućavali odgovor emocionalne note. Od 2010. godine povećana je dostupnost robota i povećala se prihvaćenost robota u radu s djecom s autizmom koja je dovela do šire primjene kod kuće kao i u terapijskim okruženjima. Istraživanja o humanoidnim i edukacijskim robotima koji poboljšavaju socijalne vještine, smanjenje izljeva bijesa, pružanje senzorne stimulacije i sl. tek su u jeku istraživanja. Roboti NAO, Kaspar, Milo i QTrobot su roboti koji nude interaktivnu podršku. Robot Milo ima sposobnost prepoznavanja emocija i prilagodbu interakciju. Time se potiče veća empatija i bolje razumijevanje osobe. Robotika jest dosljedna i nudi bolje upravljanje svakodnevnim aktivnostima. Istraživanje koje je provedeno prilikom korištenja robota u radu s djecom s autizmom u gradu Macao-u, pokazalo je da robot Milo ima veliku učinkovitost u poticanju razvoja socijalnih i emocionalnih vještina. Također, čak 87,5% suradnje potiče robot Milo u terapijskim aktivnostima, dok ljudska osoba samo 3%. Dakle, sasvim drugačije osobe s autizmom reagiraju na robota nego na ljudskog terapeuta (Patron i sur., 2020).

#### **4.2.1. QTrobot u radu s djecom s autizmom**

QTrobot razvijen je 2016. godine. Ovaj robot namijenjen je za podršku i kod kuće. Razvijen je prije svega kao podrška za obrazovanje i razvoju autistične djece. Prednost je robota što je dosljedan, što ima zanimljive i interaktivne načine podrške i podučavanja. Osim aktivnosti koje su usmjerene na govor i jezik, ovaj robot potiče socijalno-emocionalne vještine kao i kognitivni razvoj. Učenje s QTrobotom je zabavan i učinkovit, te zaokuplja pažnju kod osobe autizmom. Rukovanje s robotom je jednostavno. Kao što je kod inkluzije u školama i obrazovnim ustanovama važno da se djeci s teškoćama pristupi individualizirano, tako i QTrobot nudi mogućnost prilagodbe obrazovnog programa s obzirom na specifičnost i potrebi te osobe.

(LuxAI, 2024). Program se prilagođava kako dijete napreduje. Nastavni plan i program za autizam temeljen je na stvarnim praksama i dokazima. QTrobotom kod kuće, roditelji mogu pružiti visokokvalitetnu podršku svojoj djeci, baveći se različitim vještinama koji su potrebni u ranom razvoju kod autistične djece. QTrobot je znanstveno potvrđen robot koji poboljšava učenje, jača motivaciju, suradnju i angažman djece (LuxAI, 2024).

#### **4.2.1.1. QTrobot kurikulumi**

Kako navodi LuxAI (2024), QTrobot posjeduje nastavni plan i program koji je dizajniran za pomoć i podršku autističnoj djeci. Prednost nastavnog plana i programa je taj što omogućava dosljednost i individualiziran pristup. Nastavni plan i program je napravljen na temelju metoda poučavanja koji se temelje na dokazima. Sustav omogućava strukturirano poticanje, pokrepljivanje, vizualnu podršku, video i pojašnjavanje društveno-socijalnih situacija na njima prilagođen način. Video podrškom moguće je učenje svakodnevnih vještina kao i akademskih i socijalnih. Istraživanja su pokazala da vizualnom podrškom mogu smanjiti anksioznost djece i povećati sposobnost rješavanja zadataka. Strukturiranim poticajem i podrškom omogućeno je organiziranje aktivnosti na predvidljiv i organiziran način. Time se smanjuje stres kod djece i osoba s autizmom, s druge strane povećava se jasnoća razumijevanja. Kurikulum za rani razvoj vještina kod djece s autizmom namijenjen je za dob do 48 mjeseci života. Ovaj kurikulum obuhvaća četiri glavne razine. Svaka razina podijeljena je u nekoliko razina koje pokrivaju društvene i kognitivne vještine i razvoj jezika kod djece. Prelaskom na sljedeću razinu neke vještine se ponavljaju kako bi se održalo znanje naučenih vještina. QTrobot aktivno uključuje nastavnike i roditelje u proces učenja kako bi i oni bili uključeni, te kako bi razvili socijalnu interakciju i suradničku igru između sudionika. Zanimljivo je i to što ovaj kurikulum nije isključivo namijenjen samo za djecu s autizmom već i za djecu s nekim drugim neurološko-razvojnim poremećajima i poteškoćama. Kurikulum se može koristiti za učenike predškolske, osnovnoškolske i srednjoškolske dobi. Važno je samo pratiti koliko ovaj kurikulum i odgovara njihovom trenutnom stanju. Kurikulum se može koristiti u redovnom obrazovanju, obrazovnim ustanovama i kod kuće kako bi se savladale važne društvene, kognitivne i komunikacije vještine (LuxAI, 2021). U nastavku je tablica s prikazom nastavnog plana i programa za učenje i podršku djeci



s autizmom. U prvom retku nalazi se broj razine i dob za koju je namijenjena ta određena razina, dok u drugom retku tablice nalazi se naziv vještine ili područja razvoja, redni broj nastavne jedinice programa i nastavna jedinice programa, odnosno tema nastavne jedinice.

**Tablica 1.** Prva razina kurikuluma za rani razvoj djece s autizmom (LuxAI, 2024.)

1. razina		Dob: 0-18 mjeseci života
Vještine i područje razvoja	Redni broj	Nastavna jedinica
Socijalne	1	Zajednička pažnja
	2	Imitacija grubih motoričkih pokreta
	3	Imitacija jednostavne radnje s objektima
	4	Imitacija pokreta lica
	5	Imitacija zvukova
Receptivni jezik	1	Prepoznavanje uobičajenih predmeta
	2	Prepoznavanje boja
	3	Prepoznavanje oblika
	4	Prepoznavanje životinja
Kognitivne	1	Uspoređivanje identičnih uobičajenih predmeta
	2	Uspoređivanje boja
	3	Uspoređivanje oblika
	4	Uspoređivanje životinja

**Tablica 2.** Druga razina kurikuluma za rani razvoj djece s autizmom (LuxAI, 2024.)

2. razina		Dob: 18-24 mjeseci života
Vještine i područje razvoja	Redni broj	Nastavna jedinica
Socijalne	1	Oponašanje plesnih pokreta u više koraka
	2	Oponašanje životinjskih zvukova
	3	Odgovaranje na pozdrav mahanjem i izgovaranjem „bok“
	4	Pretvaranje u igri (glumeći sebe)
	5	Pretvaranje u igri (s predmetima)
	6	Jednostavno izmjenjivanje i dijeljenje
	7	Slijeđenje jednostavnih uputa
	8	Razumijevanje znakova za zaustavljanje i čekanje
Receptivni jezik	1	Prepoznavanje dijelova tijela
	2	Prepoznavanje hrane
	3	Prepoznavanje kuhinjskih pomagala
	4	Prepoznavanje igračaka
	5	Odgovaranje na pitanja s „da“ ili „ne“ za uobičajene predmete
	6	Prepoznavanje na temelju zvukova
Ekspresivni jezik	1	Imenovanje i označavanje boja
	2	Imenovanje i označavanje oblika
	3	Imenovanje i označavanje životinja
Kognitivne	1	Uspoređivanje prema boji
	2	Uspoređivanje prema obliku
	3	Uspoređivanje prema veličini
	4	Uspoređivanje prema sličnosti
	5	Brojanje od 1 do 3
	6	Uspoređivanje prema količini od 1 do 3

**Tablica 3.** Treća razina kurikuluma za rani razvoj djece s autizmom (LuxAI, 2024.)

3. razina		Dob: 25-36 mjeseci života
Vještine i područje razvoja	Redni broj	Nastavna jedinica
Socijalne	1	Odgovaranje na osnovna socijalna pitanja
	2	Napredno pretvaranje u igri
Receptivni jezik	1	Prepoznavanje odjeće
	2	Prepoznavanje predmeta u kupaonici
	3	Prepoznavanje školskog pribora
	4	Prepoznavanje prostorno-konceptualnih prijedloga (u-na)
	5	Prepoznavanje glagola radnje
	6	Razlikovanje jednine/množine
	7	Odgovaranje na pitanja ŠTO na temelju znakova
	8	Odgovaranje na pitanja ŠTO na temelju funkcije
	9	Razlikovanje veličine
	10	Prepoznavanje na temelju kombinacije 2 pridjeva (oblik i boja)
Ekspresivni jezik	1	Imenovanje i označavanje dijelova tijela
	2	Imenovanje i označavanje hrane
	3	Imenovanje i označavanje kuhinjskih predmeta
	4	Imenovanje i označavanje igračaka
	5	Odgovaranje s da/ne na jednostavna pitanja
	6	Imenovanje i označavanje kao odgovor na zvukove
Kognitivne	1	Uspoređivanje slova
	2	Uspoređivanje brojeva
	3	Brojanje do 5
	4	Razvrstavanje prema funkcionalnim skupinama
	5	Osnovno sekvencioniranje

**Tablica 4.** Četvrta razina kurikuluma za rani razvoj djece s autizmom (LuxAI, 2024.)

4. razina		Dob: 37-48 mjeseci života
Vještine i područje razvoja	Redni broj	Nastavna jedinica
Socijalne	1	Osnovno pozdravljanje
	2	Osobna distanca
	3	Neverbalni znakovi pozdravljanja
	4	Alternativni načini pozdravljanja
	5	Naizmjenično biranje igre
	6	Odgovaranje na društvena pitanja
	7	Slijeđenje uputa u crtanju i trasiranju
Receptivni jezik	1	Identifikacija i razlikovanje toplo/hladno
	2	Identifikacija i razlikovanje visoko/nisko
	3	Identifikacija i razlikovanje mokro/suho
	4	Identifikacija i razlikovanje dugo/kratko
	5	Identifikacija i razlikovanje teško/lako
	6	Identifikacija na temelju dva atributa (veličina i boja)
	7	Identifikacija i razlikovanje spolova
	8	Identifikacija i razlikovanje malo/puno
	9	Komparativi (razumijevanje -er) – engleski jezik
	10	Razumijevanje negativnog koncepta (ne+glagol)
	11	Prostornih konceptata (ispred/iza)
	12	Odgovaranje na jednostavna pitanja ŠTO na temelju priče
	13	Odgovaranje na jednostavna pitanja TKO na temelju priče
	14	Identifikacija i razlikovanje isto/različito
	15	Identifikacija na temelju karakteristika predmeta
	16	Identifikacija i razlikovanje brzo/sporo
	17	Odgovaranje na pitanja ŠTO za osnovne potrebe
Ekspresivni jezik	1	Imenovanje i označavanje odjeće
	2	Imenovanje i označavanje kupaonskih predmeta
	3	Imenovanje i označavanje školskog pribora

	4	Imenovanje i označavanje radnji
	5	Odgovaranje na pitanja ŠTO na temelju zvukova
	6	Odgovaranje na pitanja ŠTO na temelju funkcije
	7	Označavanje prostornih koncepata (u-na)
Kognitivne	1	Razvrstavanje prema funkciji
	2	Brojanje do 10
	3	Odabir na temelju količine od 1 do 10
	4	Čitanje univerzalnih znakova

Ovaj kurikulum je preuzet sa stranice tvrtke LuxAI. Postoje još neki kurikulumi koji se mogu implementirati u sustav QTrobota. Prethodni kurikulum je detaljno razrađen i pomno strukturiran za dob djeteta od 0 mjeseci pa sve do 48 mjeseca života. Aktivnosti su raspoređeni prema razvoju djeteta prema socijalnim vještinama, prema razvoju receptivnog jezika koji djeci omogućavaju sposobnost razvoja prepoznavanja i razlikovanja boja, oblika, veličina i prostora, zatim ekspresivnog jezika koji potiče djecu na verbalno izražavanje u skladu s zahtjevima kako bi lakše razvili komunikacijske vještine. Zatim prema aktivnostima za razvoj kognitivnih vještina koje služe za razvoj djetetova mozga, promišljanja, organiziranja i razvrstavanja informacija. Na stranici tvrtke LuxAI koja je i proizvela QTrobot humanoidnog robota, mogu se pronaći još neki kurikulumi, poput: kurikulum emocionalne pismenosti, kurikulum socijalnih vještina, kurikulum za podizanje svijesti o zajednici, kurikulum o samostalnom životu i samopomoći, te kurikulum za razvoj ranih akademskih vještina. Teme koje su razrađene kurikulumom za razvoj emocionalne pismenosti su sljedeće: 1) imitacija emocija, 2) prepoznavanje emocija, 3) generiranje emocija, 4) imenovanje emocija, 5) razumijevanje emocija i 6) regulacija emocija. Impresivno je to do koje je razine razvoj tehnologije došao i koliko tehnologija može olakšati posao podučavanja i svakodnevnice. Edukacijsko-rehabilitacijski terapeuti, učitelji i nastavnici mukotrpno se bore kako bi djeca s neurološkim teškoćama savladali osnovne vještine, kako bi savladali i naučili percipirati i razumjeti vlastite i tuđe emocija. Kao i prethodni kurikulum, i ovaj kurikulum za razvoj emocionalnih vještina jest temeljen na znanstvenim dokazima i istraživanjima. (LuxAI, 2024.). Nakon provođenja kurikuluma QTrobota i aktivnosti s djecom, napredak je neupitan. Kako dijete dalje napreduje,

smanjuje se poticaji kako bi se dijete potaknulo na neovisnost, kako bi moglo biti samostalnije u izvršavanju svakodnevnih aktivnosti i zadataka. Svaka razina kurikuluma za razvoj emocionalnih vještina ima određene preduvjete koje dijete mora savladati. Prije prelaska na sljedeću razinu provjerava se djetetovo znanje i vještine. Savjetuje se da ukoliko učenik ne odgovori točno i samostalno na 90% ili više pitanja da se jedinica ponovi sve dok dijete ili učenik ne savlada ciljeve te jedinice. Nakon što se jedinica savlada, preporuča se ponovno vježbanje iste za 1-2 tjedna, kao i ponavljanje svakih nekoliko tjedana kako bi učeniku pomoglo da „zadrži“ naučenu vještinu. Kurikulum za razvoj emocionalnih vještina namijenjen je za djecu od 4 do 8 godina. (LuxAI, 2024.).

#### **4.2.1.2. Utjecaj QTrobota u radu djecom s teškoćama iz spektra autizma**

U Ujedinjenom Kraljevstvu u školi Acorn Park School koja je namijenjena za učenike s autizmom u dobi od 4 do 19 godina koristili su QTrobota pri radi s djecom s autizmom. Glavna učiteljica Philippa Whipp, dala je recenziju o radu humanoidnog robota QTrobota. Ona kaže kako QTrobot nudi priliku za angažman i interakciju kroz govor, izraze lica i pokrete na predvidljivi i dosljedan način, bez osuđivanja. Robot nudi vođenje kroz aktivnosti i zadatke kroz verbalne i vizualne upute, kao i slavljenje točnih odgovora. Robot se može jednostavno postaviti i koristiti. Navodi, kako je često potrebno puno vremena za pripremu i postavljanje nove tehnologije u rad, no za rad ovog robota je dovoljno bilo povezati dva tableta. Jedan tablet za učenika, a jedan za učitelja. Učitelj ima mogućnost kontrole unosa podataka i naredbi robotu, dok se upiti pojavljuju na učenikovom tabletu. Upiti od učenika zahtijevaju ili vizualni ili verbalni odgovor. Robot nudi mogućnost programiranja kako bi se omogućilo kreiranje zadataka i odgovora prema djetetovim potrebama. Isto tako navodi kako su se učenici izvrsno snašli s novom tehnologijom, te da prilikom igranja igara ukoliko su neuspješni jednostavno ponovno započnu igru. Naravno, sve to bez osuđivanja od strane QTrobota. Aktivnosti s kojima su započeli s QTrobotom bili su jednostavniji poput programabilnog govora QTrobota koji je začuđujuće zainteresirao ne samo mlađe učenike već i one starije. Stariji učenici su okarakterizirali robota kao „cool“ robota. Robota su odzdravili mahanjem. Učenici su uvidjeli da robot nije autoritativan i da ne postavlja zahtjeve onima koji s njim komuniciraju. Robot je izrekao par

pošalica koje su djeca objeručke prihvatili te su se osjećala vrlo opušteno u njegovu društvu. Kako kaže, njihova neverbalna djeca također pozitivno reagiraju na njega imitirajući njegove pokrete. Navodi kako QTrobotov nedostatak „ljudskosti“ je prednost jer nema zbunjujućih gesti ili izraza lica. Jednostavno je ili mahanje ili osmijeh od strane robota. Učenici tada imaju više vremena posvetiti se učenju umjesto dešifriranju ponašanja. Njihova škola razmatra da u budućnosti koriste QTrobotu za pomoć pri prijelazu učenika između kuće u školu kako bi se lakše prilagoditi novoj okolini jer prijelaz u školu može biti kod nekih učenika zastrašujući.

#### **4.2.1.3. Utjecaj QTrobotu na djecu s autizmom**

Institut za autističnu i psihotičnu djecu (EIPA) iz Luxemburga, istražili su može li humanoidni robot QTrobot poboljšati učinkovitost govorne terapije za studente s autizmom. Na temelju njihova istraživanja, QTrobot uistinu može poboljšati učinkovitost logopedске terapije poboljšanjem angažmana i suradnje učenika, te povećanjem oponašanja i motivacije za korištenje verbalnog jezika. Terapeuti i edukatori su bili potaknuti na jednoj radionici da razviju svoje programe za robota i da integriraju robota u postojeće aktivnosti na način koji bi bio prikladan njihovom radu. Na radionici, terapeuti i edukatori su naučili kako programirati i kontrolirati QTrobotu i omogućili su im da koriste robota bez daljnje podrške QTrobot tehničkog tima. Nakon toga, QTrobotu je koristio logoped u svom radu u trajanju od šest mjeseci s četrnaestero djece iz autističnog spektra tijekom individualnih terapija i sa sedmero djece u grupi. Studija slučaja trajala je od siječnja 2018. godine do lipnja 2018. godine. Kao što je bilo već spomenuto, istraživanje je provedeno na institutu za autističnu i psihotičnu djecu u Luxembourg koji nudi mogućnost školovanja odnosno obrazovanja, nastavu i rehabilitaciju djece i adolescenata s poremećajem iz spektra autizma koji podliježu obveznom obrazovanju. Nakon što je robot pristigao početkom 2018. godine, on nije imao nikakav unaprijed razvijen plan i program čime su zapravo potaknuli terapeute i edukatore na razvoj vlastitih programa za robota kako bi u konačnici lakše integrirali robote u svoje postojeće aktivnosti. Sva djeca su robota analizirala i bila fokusirana na lice robota. Učenici nisu izbjegavali kontakt očima kao što to obično rade u interakciji s ljudima. Većina djece često su pokušavala dotaknuti robota kako bi ga potaknuli da se pomakne. Također, doticali su robota i dok je

pokazivao izraze lica. Neka djeca su preuzeli inicijativu i postavili pitanje ili dali neki komentar. Dok su čitali knjigu, djeca su pokazivala sliku robotu i obraćala se robotu komentirajući istu. Tada su zapravo koristili robota kako bi potaknula interakciju među njima. Djeca su također oponašala robota. Prilikom logopedskog rada s djecom, logopedi su primijetili da djeca bolje surađuju kada su na početku obaviještena da će na kraju rada raditi s QTrobotom. Djeca su ostala mirno sjediti i imali su bolju učinak prilikom vježbi. Jedan učenik je pohađao logopedske vježbe bez da ima želju s odlaskom s vježbi, time je zapravo QTrobot i zaokupio njegovu pažnju. Geste i mimike lica robota imale su najveći učinak na privlačenje dječje pažnje. Pokazalo se kako su djeca provela duže vrijeme radeći s robotom u odnosu sa svojim logopedom. Kao i to da su ulagala više truda u verbalnoj komunikaciji dok su radili s robotom. Bila su više tolerantnija na ispravljanje riječi. Prije korištenja robota djeca su izbjegavala vježbe artikulacije sa svojim logopedom te su okretala glavu. Djeca s autizmom često pokazuju stereotipna ponašanja koje pokazuju kroz okretanje tijela, glave i sl. Djeca koja su radila s ovim robotom nisu pokazivala takve vrste ponašanja. QTrobot pruža povratne informacije, pohvaljuje učenike i nagrađuju ih te time zaokuplja još više njihovu pažnju te tada učenici pozitivno reaguju. Djeca su bila boljeg raspoloženja prilikom interakcije s robotom u usporedbi dok su vrijeme provodili sami s logopedom. Djeca su često pokazivala sreću, osmijeh i interes pri radu s njime. Prilikom vježbi djeca su imala glazbene aktivnosti kao i čitanje knjige. Prilikom glazbenih aktivnosti logopedi su primijetili da su djeca bila tiša i usredotočenija. Prilikom čitanja knjiga djeca su pozornost usmjeravala na robota i slušala ga čitajući knjigu. Dok je robot držao knjigu, djeca nisu pokušavala mijenjati stranice. Kada se aktivnost obavlja bez robota, tada ona često pokušaju okretati stranice i brzo prolaziti kroz knjigu. Djeca su više ponavljala riječi kada je robot čitao priče iz knjige. Još jedan sjajan primjer bio bi majke Emily koja kaže kako se život s QTrobotom njene kćeri Kira-e potpuno promijenio. Zanimljiv je bio jedan poseban trenutak u kojem je majka Emily uočila kako se učenje s QTrobotom odražava i na život i svakodnevicu Kira-e. Kako kaže, kćer Kira mnogo je naučila od QTrobota. Kira je sa svojim robotom radila na razvoju i jačanju emocionalnih vještina. Jednom prilikom je njena majka bila jako frustrirana te je Kira to uočila. Kira joj je na to rekla: „Mama, trebala bi uzeti pauzu kad si frustrirana.“ Istim tim riječima QTrobot podučava malenu Kira-u.



#### **4.2.1.4. Reakcije roditelja na humanoidnog robota u radu s njihovom djecom**

Roditelji kao i njihova djeca jako dobro su reagirale na podršku humanoidnog robota QTroboata. Još u vrijeme pandemije robot se pokazao odličnim. Kako je pandemija ostavila velik trag na cijeli svijet. Roditelji jednog dječaka pod imenom Caden, bili su oduševljeni s mogućnošću rada i vježbama s robotom kod kuće za njihova autističnog sina. Kako kažu, pandemija nije ostavila velik trag na njegova sina, te ga vrijeme pandemije nije unazadilo u njegovim vještima. Gotovo pa da se ne može ni zamisliti što je sve pandemija Korona virusom učinila ljudima. Iz ovog primjera je vidljivo koliko je vrijeme pandemije bilo izazovno i opasno vrijeme za napredak djece, za izvođenje i odlaske na terapije osoba koje su morale iste polaziti. Budući da su se u to vrijeme škole zatvorile, Caden je srećom imao opciju rada od kuće. Zanimljiva je konstatacija kako su smatrali kako bi bilo dobro da njihov sin skoči s početne razine na neki težu razinu jer su smatrali da je napredniji. Ovo je dobar primjer jer se to događa i u našim školama. Roditelji ponekad ne mogu prihvatiti opće stanje svoga djeteta i želi isforsirati brz napredak svog djeteta. Kod korištenja QTroboata pokazalo se kako je za spektar autizma nužno biti dosljedan, nužno je biti dosljedan i pratiti obrazovni program i nastavni plan. Time se zapravo ojačavaju početni temelji, ojačavaju se početne savladane vještine i daje se dobar temelj za dalje. Time se prethodno naučene vještine ponavljaju i još više učvršćuju. Daljnjim nastavkom i učenjem Cadena, shvatili su zapravo koliko ima poteškoća i na onim temeljnim razinama. Spektar autizma zahtjeva svoje i nije jednostavno kada se u odjeljenju nalaze učenici s više teškoća. Svaka poteškoća zapravo nosi svoje i zahtjeva svoje. Imati robota kao podršku kod kuće zasigurno čini veliku prednost. Školski sustav zna biti ubrzan i nefleksibilan što nije pogodno za djecu s poteškoćama. Kako kažu, QTrobot jest „produžetak“ njihova učitelja. Caden također voli kurikulum koji mu nudi mogućnost da shvati kako biti „pomagač“ u svojoj zajednici i kako biti aktivan član svoje zajednice u vidu različitih aktivnosti poput učenja o ulogama u zajednici, o različitim zanimanjima. Kroz ovaj kurikulum može se steći osjećaj za pripadnost i potreba za razvojem osjećaja za pripadnost određenoj zajednici. Zanimljivo je kako je QTrobot naučio Cadena ne samo što znači restoran, već kakvo zadovoljstvo stvara ući u restoran i biti tamo sa svojom obitelji. Robot ga uči da restoran nije samo

naručiti nešto, već i osjećaj zajednice sa svojom obitelji i ostalima. Osim toga, on zna koje su uloge u restoranu, da postoji uloga konobara i koju zadaću on ima. Baš poput kuhara. Kako kaže njegova majka, Caden razumije sada kako nastaje pizza. Prije toga, o cjelokupnom procesu nije imao spoznaje. Navodi isto tako kako su roditelji uz robota potpuno uključeni u proces učenja. Prije su Cadena otpratili na terapiju, nakon terapije bi saznali kakav je bio i to da budu putem maila dobili domaću zadaću. Sada je to potpuno drugačije. QTrobot nudi izravno praćenje napretka njihova sina. Tvrtka LuxAi ne samo da proizvodi spomenutog robota, već nudi brojne edukacije po pitanju rada sa spomenutim robotom. Uz to, nudi mogućnost stalne podrške, nudi povratne informacije za dijete i pomaže kroz proces učenja.

### **4.3. Humanoidni robot u radu pri rehabilitaciji djece s cerebralnom paralizom**

Cerebralna paraliza poteškoća je koja uključuje poteškoće u kretanju i ukočenost mišića. Do cerebralne paralize može doći tijekom razvoja djeteta u utrobi majke, prilikom razvoja mozga ili kao posljedica oštećenja mozga (HEMED, 2021). Do oštećenja mozga može doći prije, za vrijeme ili poslije rođenja. Neki od uzroka cerebralne paralize su: nedostatak kisika, infekcije te malformacije mozga. Cerebralne paralize kod djece mogu se razlikovati. Neka djeca imaju jedva primjetne poteškoće pri kretanju i pomicanju udova, dok kod drugih postoji značajna ukočenost udova i ne mogu se pomicati. Prema HEMED (2021), djeca s cerebralnom paralizom ne moraju nužno imati problema s inteligencijom, dok druga mogu imati izražene zaostatke u razvoju poput mentalne retardacije, probleme s ponašanjem, poteškoće s vidom ili sluhom, ili čak i epileptičke napadaje. Kašnjenje s učenjem hoda ili razvijanjem drugih motoričkih sposobnosti čest je signal da se radi o nekom poremećaju ili poteškoći poput ove. Kao i sva djeca, zdrava ili s poteškoćama imaju priliku za napredak i mogu napredovati što je veliko veselje i sreća za njih i njihove roditelje. Niti jedno dijete ne može se i ne treba se odbaciti. Niti jedno dijete ne treba se pustiti da tone u svojoj poteškoći. Kao i kod svih poteškoća, tako i kod cerebralne paralize postoje metode i načini kako poboljšati situaciju i kako im pomoći. Najviše od svega tu pomažu fizikalne terapije, radne terapije, logopedске terapije, lijekovi i/ili operacije. Kako tehnologija dalje napreduje, i u radu s djecom s cerebralnom paralizom postoje roboti koji mogu pomoći pri njihovom napretku. U Ukrajini, u klinici

za rehabilitaciju International Clinic of Rehabilitaciji proveli su dvotjednu intenzivnu neurofiziološku rehabilitaciju po Kozyakinovoj metodi. Kozyakinova metoda nastala je prije više od 30 godina u Ukrajini. Ova metoda postigla je velik uspjeh i priznanje u brojnim zemljama. Putem ove metode učinkovito se pomaže osobama s cerebralnom paralizom, križoboljom, posljedicama traume te organskih lezija živčanog sustava (Kozyavkin i sur., 2014). Na slici 8., nalazi se robot koji su koristili pri rehabilitaciji. Prema navodima Kozyavkin i sur. (2014), u pilot istraživanju, korišten je robot „KineTron“. Robot „Kinetron“ visine je 40 cm, a težine 1,7 kilograma. Pokreti robota pokreće sustav od 18 servomotora. Šest servomotora nalazi se u svakoj nozi, dok se tri nalaze u svakoj ruci. Tim servomotorima upravlja mikrokontroler. Servomotorima omogućeni su pokreti robota određene brzine, te daju povratnu informaciju o položaju i napetosti. Softver RoboPlus korišten je za raspored pokreta kao što su hodanje u različitim smjerovima, različiti pokreti tijela, ruku i dr. Svaki pokret ili scenarij pokreta kombiniran je s glazbom i glasom. Tijekom treninga terapeut pokrene jedan od scenarij, npr. robot ustaje odlazi do pacijenta, odmahuje rukom i kaže: „Zdravo, ja sam rehabilitacijski robot „KineTron“, kako se ti zoveš?“. Nakon što dijete odgovori on odgovara: "Drago mi je“, zatim se nakloni. Robot zatim može predložiti da zajednički odrade trening te motivira pacijenta da ga pažljivo gleda i da radi sa njim. Rehabilitacija je provedena na skupini od šestoro djece s cerebralnom paralizom u dobi od 4 od 9 godina. Rehabilitacija je uključivala različite modalitete liječenja. Tijekom rehabilitacije bile su uključene i računalne igre koji je razvio IT tim te klinike. Za motoričke treninge korištene su i određene rehabilitacijske igre poput: Nintendo Wii, Fit balance-a, MS Kinect, Dance Mate i dr. Robot je korišten tijekom 5 do 7 tretmanskih ciklusa igre koračanja s plesnom podlogom. To je trajalo oko 20 minuta. Robot je bio upravljani putem upravljača. Terapeuti su robota prilagođavali ovisno o ponašanju ili reakciji djeteta. Radnje robota su bile prilagođene aktivnostima i trenutnim potrebama djeteta. Ukoliko dijete uspješno odradi zadatak, dijete je bilo pohvaljeno za uspješno odrađen zadatak. Ukoliko bi s druge strane dijete imalo poteškoću pri radu neke aktivnosti, robot bi pružio dodatne upute ili pomoć. Pilot istraživanje pokazalo je kako su djeca motiviranija, te da aktivnije sudjeluju u rehabilitacijskim aktivnostima. Nakon dvotjedne rehabilitacije, djeca i roditelji su bili ispitani u intervjuu o njihovom mišljenju o robotu. Djeca su bila zadovoljna s rehabilitacijskim robotom, te su izrazila želju da robot bude prisutan tijekom sljedećih rehabilitacijskih seansi. Roditelji su dali neke od prijedloga za unaprjeđenje terapija

poput: povećanje raznolikosti pokreta robota, izrada programa za djevojčice i dječake, pa čak i izradu različite odjeće robota. Također, u ovoj klinici provedene su rehabilitacijske terapije za djecu koja imaju skoliozu. U rehabilitaciji i terapijama korišten je NAO humanoidni robot kako bi se rehabilitirala djeca, ali i prevenirala spomenuta bolest kralježnice (Kozyavkin i sur., 2014).



**Slika 8.** Kintetron robot u radu s djecom s cerebralnom paralizom (izvor: <https://www.researchgate.net/>)

#### **4.4. NAO i Pepper humanoidni roboti**

NAO i Pepper humanoidni roboti razvijeni su od strane francuske tvrtke Aldebaran Robotics. Visina NAO robota iznosi 574 mm, a širina 275 mm. Visina Pepper robota 1210 mm, a širina 480 mm.(Aldebaran Robotics, 2024). NAO robot može izvoditi 25 različitih pokreta. Sadrži sedam senzora za dodir koji se nalaze na glavi, rukama i nogama. Sadrži sonare koji mogu detektirati objekte svog okruženja ili pak detektirati prepreke. U NAO robot implementirana su četiri mikrofona i zvučnika za interakciju s ljudima. Također, NAO može prepoznati govor i razgovarati na 20 jezika. Postoje dvije kamere putem koje NAO može prepoznati oblike, objekte i čak i ljude. NAO jest programibilan što znači da ga je moguće nadograđivati i mijenjati s obzirom na korisnikove potrebe. Prva verzija NAO robota lansirana je 2006. godine (SoftBank Robotics, 2024). NAO robot jest robot koji može surađivati i raditi s ljudima različite dobi. NAO i Pepper roboti mogu biti pomoćnici odgajateljima. Rad s NAO i Pepper robotom je ugodan i pruža ugodno okruženje za učenje. NAO robot ugodnog je

izgleda i zbog je miljenik pri učenju i izvršavanju različitih aktivnosti. Pomoću NAOa moguća je prilagodba aktivnosti, motivacija učenika, pomoć i podrška pri razumijevanju. Učiteljima olakšava rad i dobar je suradnik. NAO može pomoći u studentima pri proučavanju kognitivnog računalstva, autonomne navigacije, razumijevanja odnosa čovjek – robot i dr. Pomoću njega nastavnici mogu razviti vlastito znanje ali i znanje svojih učenika ili studenata. NAO i Pepper idealni su pomoćnici za poticanje učenje, ali i za poticanje fizičkih aktivnosti u učionici. U mogućnosti su provoditi individualizirane obrazovne programe za učenike s tjelesnim oštećenjima, osobe s poremećajem iz spektra autizma, osobe s poremećajima u ponašanju kao i s emocionalnim poremećajima. Na stranici United robotics group navode kako inkluzija nije samo cilj, već i misija robotike. (United Robotics Group, 2024). NAO i Pepper nude pozitivno okruženje te učinkovitu inkluziju s učenicima s različitim poteškoćama. NAO i Pepper roboti su fleksibilni i prilagođavaju svakoj osobi. Ovi roboti imaju cilj razvoj komunikativnih, emocionalnih, kognitivnih i društvenih vještina. Oni olakšavaju interakciju korisnika s okolinom. I NAO i Pepper korisnika potiču na sudjelovanje i na aktivno učenje i izvođenje terapije. Oni posjeduju moć stvaranja pozitivnog okruženja i postizanja visoke motiviranosti korisnika. NAO nudi mogućnost poticanja korisnika na motoričku aktivnost. Oponašanjem NAOa osoba može razviti komunikativnost i razviti verbalne i izražajne vještine. Slušanjem NAOa moguće je proširiti znanje u raznim predmetima. NAO je moguće koristiti kod učenika koji su fizički u nemogućnosti prisustvovati u razredu. Pomoću NAOa učenici mogu komunicirati sa svojim kolegama u razredu i učiteljima ili nastavnicama u realnom vremenu. Komunikacija se može vršiti putem audio i video zapisa. Znanstveno je dokazano da djeca s poremećajem iz spektra autizma imaju veći afinitet prema računalima, robotima ili nekim mehaničkim komponentama u odnosu na čovjeka. S ljudima puno teže stupaju u komunikaciju nego li s robotom. Robot može nebrojeno puta ponavljati upute sa strpljenjem i bez prosuđivanja. Oni mogu razviti veće povjerenje u robote nego s ljudima. Pepper kao i NAO ima vrlo slične funkcionalnosti, gotovo pa iste. Razlikuju se ponajviše po njihovoj fizionomiji. Pepper je nešto veći robot u odnosu na NAO. Pepper posjeduje suosjećajan izgled lica. Pepper ima moć lake izgradnje povjerenja i lako potiče na veći angažman kod korisnika. Osim toga, Pepper može razumjeti tuđe emocije, što znači da može stvoriti bolju povezanost s korisnikom. Kao i NAO robot i Pepper je programibilan. Može se koristiti u zdravstvu, u školstvu, na fakultetima i dr. Pepper pomaže u području

obrazovanja i učenju programiranja. Programeri putem Peppera mogu učiti interaktivno programirati. Pepper robot nudi mogućnost 20 pokreta, govori i razumije 15 jezika, prepoznaje i prati pogled sugovornika. Posjeduje senzore za dodir, LED diode, mikrofone za interakciju, infracrvene senzore, 2D i 3D kamere te sonare za svesmjernu i autonomnu navigaciju (Aldebaran Robotics, 2024).



**Slika 10.** NAO humanoidni robot (izvor: <https://unitedrobotics.group/>)



**Slika 9.** Pepper humanoidni robot (izvor: <https://www.daytondailynews.com/>)

#### **4.4.1. Istraživanje o NAO humanoidnom robotu u radu s djecom s teškim i višestrukim teškoćama u razvoju**

Djeca s teškim i višestrukim teškoćama u razvoju često su u drugom planu što se tiče razvoja ovakvih vrsti tehnologija. Vrlo teško je razviti tehnologiju koji će pomoći djeci s višestrukim ili teškim poteškoćama u razvoju. Budući da humanoidni roboti mogu pomoći djeci s autizmom, provedeno je istraživanje i za rad humanoidnih robota za djecu s ovim vrstama teškoća. U provedenom istraživanju učitelji su sagledali potrebe učenika, kao i njihove ciljeve koje trebaju ostvariti. Učitelji su uočili potrebu za prilagodbom robota. Prilagodba robota uključuje kontroliranje robota dodavanjem nekih dodatnih kontrolnih upravljača kao i povećavanje niza ponašanja koje robot može izvesti. Prema Standen i sur. (2014), dosadašnje tehnologije koje su se koristile pri radu s djecom s ovim teškoćama nisu imale mogućnost dovoljnih motoričkih kontrolni tih tehnologija. Što znači da treba razviti tehnologije koje

zadovoljava njihove potrebe. Sensorima tlaka, vokalizacijom, pokretima brade ili kapaka, sensorima na naslonima za ruke na invalidskim kolicima i sl. moglo bi se poboljšati upravljanje robotom. Nekim od pokretima ili naredbi osoba s ovom vrstom poteškoća moguće je započeti interakciju s robotom na način da robot izgovara njegovo ime, započinje razgovor ili započinje interakciju opuštajućom glazbom. Opuštajuća glazba dala bi dobar i ugodan poticaj za daljnji rad s robotom. Humanoidni roboti dobar su pokretač promjena u tehnologiji i za djecu s ovim vrstama teškoća. U istraživanju je istaknuto kako su studije s autističnom djecom pokazale neke prednosti pri radu koje bi se mogle iskoristiti i za djecu s višestrukim i teškom poteškoćama u razvoju (Standen i sur., 2014). Prednosti su svakako jednostavnost korištenja, sigurno korištenje i pouzdano okruženje za izvršavanje složenih interakcija koje se mogu kontrolirati i povećavati ovisno o potrebama. Također, može se iskoristiti i prednost što djeca s autizmom su u velikom postotku usmjeravala pogled prema robotu i više su pristupila različitim aktivnostima. Kao i kod ostale djece s poteškoćama, i s djecom s ovim vrstama teškoća vrlo teško je učiteljima potaknuti njihovu angažiranost zato se ova tehnologija smatra prihvatljivijom i pogodnijom za rad s takvom vrstom djece. Provedeno je istraživanje (Standen i sur., 2014), osmero djece koji su uključivali djecu s autizmom, Downovim sindromom i težim poteškoćama, kod djece je utvrđena zaigranost kao i angažman što rezultira boljim razvojem vještina. U Nottinghamu, u Engleskoj, u istraživanju o radu humanoidnog robota s djecom s poteškoćama sudjelovalo je 150 učenika. Učenici koji su sudjelovali u istraživanju su imale teške, duboke ili složene poteškoće u učenju i/ili tjelesni invaliditet. Jedanaest nastavnika odabrali su jednog ili dvoje učenika za rad s robotom. Za ovo istraživanje nije bilo preduvjeta, osim dopuštenja roditelja za sudjelovanje. Sudjelovalo je ukupno 13 dječaka u dobi od 5 do 18 godina i 3 djevojčice u dobi od 11 do 20 godina. Velika većina imala je minimalne komunikacijske vještine i malo razumijevanja riječi. Ona su se oslanjala više na govor tijela, znakove, simbole ili verbalne znakove. Osim toga, velika većina ima kratak raspon pažnje i vrlo lako mogu biti ometeni. Nekolicina je imalo dijagnozu cerebralne paralizu, narušenu finu motoriku i nisku snagu mišića. Neki su se kretali pomoću invalidskih kolica i hodalice, te dok su kod nekih bili prisutni nevoljni pokreti. U istraživanju je korišten NAO<sup>4</sup> NextGen, model: H25. Uz sve prethodno spomenute karakteristike NAO robota koje je spomenuto i u ovom radu, u članku je navedena i još jedna prednost NAO robota. Ta prednost je mogućnost bežične kontrole

upravljanja robota s prijenosnog ili stolnog računala. Neke od postavki ponašanja robota bilo je moguće naknadno isprogramirati pomoću C, C++, Java, MATLAB, Urbi, .NET i Python programskih jezika. Zajedno s istraživačkim timom i učiteljima raspravljalo se o načinu na koji bi robot mogao pomoći njihovim učenicima. Nakon toga odrađivali su aktivnosti. Učitelji su željeli da robot više izražava poticaje ili da više nagrađuje učenike. Npr. zvučnim efektima, pokretima ili vizualno privlačnim reakcijama mogu se nagraditi učenici. Ono što je učenicima najviše bilo privlačno jesu ples i sviranje glazbe robota. Nadalje, za jednog učenika je jedan učitelj želio da nauči pritiskati prekidač, kada bi učenik to i uspio robot ga nagradi plesom, pjesmom ili pohvalom. S drugim učenicima, provedene su različiti obrazovni ciljevi. Jedan učenik potaknut je da koristi glasovne naredbu za kontrolu robota kao što je „stoji“ ili „sjedi“. Ukoliko bi učenik nejasno izgovorio naredbu robot bi trebao reći: „žao mi je, nisam te čulo“ ili „stari sam robot, moraš govoriti glasno“. Na taj način robota se može prilagoditi, te se učenikov izgovor može poboljšati na taj način. Sljedeća aktivnost s drugim učenikom bila je da aktivira mikroprekidač jednom rukom. Robot jasnim verbalnim uputama pomaže učeniku kako bi taj zadatak odradio. Kod sljedećeg učenika prekidač je trebao biti pritisnut samo jedanput. Robot je trebao razviti mirno i poticajno okruženje kako bi to izvršio na način da ga robot upozori na nenasilno izvođenje radnji kojima je on i sklon. Zatim, proveli su aktivnost s jednom učenikom kako bi ga naučili kako donositi odluke između više opcija. Učenik je trebao odabrati dva ili više prekidača. Svaki prekidač ima svoj simbol i boju. No, svaki od tih nudi različit stimulans. Onaj koji mu najviše odgovara (prema boji ili simbolu) aktivirat će određenu preferenciju ili stimulans kod tog učenika. Navođenje smjera robota izgovorom riječi „naprijed“, „natrag“, „lijevo“, „desno“ i slično kod učenika stvara prostornu svijest. Prostorna svijest često je narušena kod osobe koja ima ograničenu ili gotovu nikakvu mogućnost kretanja. Učenik koji upravlja svojim invalidskim kolicima putem joysticka, ponuđena je mogućnost upravljanja robotom putem joysticka. Tu je vidljiva potreba za prilagodbom tehnologije prema poteškoći. Ovo je zaista velika prednost što se te potrebe mogu zadovoljiti. Dosljednost robota velika je prednost pri radu s osobama s poteškoćama. Robot je jednog učenika navodio da dodirne uho prije nego što je pritisnuo prekidač. Time su ujedno izvršili jednu od fizioterapijskih vježbi. Na sljedećoj slici prikazana je učenica i NAO robot. Nakon izgovora NAO robota, učenica ponavlja njegove riječi. Na slici je vidljiva fokusiranost djevojčice kao i radost pri interakciji s robotom. Robot NAO pospješuje i poboljšava



komunikacijske vještine osoba. Neke od prepreka pri istraživanju je bila da auditivno prepoznavanje robota nije dovoljno prilagođeno i razvijeno kako bi prepoznalo glasove učenika. Nakon što su učili taj problem koristili su tehniku pod nazivom „Wizard of Oz“ kojom su stimulirali rad robota. Zatim, još jedna od prepreka je bila ta da učenici koji su bili u invalidskim kolicima nisu mogli dosegnuti senzore robota. Odrasle osobe su jedino mogle upravljati robotom putem računala. Učenik koji je trebao savladati lijevu i desnu stranu ponuđena je opcija da putem pametnog telefona upravlja robotom. Za upravljanje bila je potrebna i aplikacija s ugrađenim akcelerometrom koji je poslužio kao volan i naravno poslužitelj koji je povezo telefon s robotom. Pri radu, učitelji su zaključili da slušno prepoznavanje nije dovoljno sofisticirano i prilagođeno osobama s ovim poteškoćama. Najuspješnija aktivnost bila je ona s prekidačima. Što se tiče predmeta koji su postavljeni pred učenika, tu postoji prepreka da dijete u invalidskim kolicima ne može dohvatiti ili dovoljno dobro uočiti simbol, s druge strane prostor robota može biti ograničen pa se tu može ograničiti uspješno postizanje obrazovnog cilja vezanim za upotrebu određenih vizualnih simbola (Standen i sur., 2014).



**Slika 11.** Učenica u radu s NAO robotom pri aktivnosti ponavljanja (izvor: <https://www.researchgate.net/>)

#### **4.4.2. Pepper humanoidni robot u radu s djecom s oštećenjem sluha**

Iako i dalje vlada mišljenje da su roboti prijatnija za društvo. Istraživanja govore suprotno. Roboti uvelike mogu poboljšati ljudski život. To je posebno vidljivo u obrazovanju, rehabilitaciji, psihosocijalno podršci i dr. Primjetno je da djeca razvijaju povjerenje u robote. Raspoloženje djece je bolje, djeca pokazuju manje straha, imaju manje problema s tjeskobom i strahom. Mentalno zdravlje se poboljšava, a razina stresa se smanjuje. Provedeno istraživanje uključivalo je ne samo upotrebu humanoidnog robota pri rehabilitaciji, već i cjelokupan sustav koji je sastavljen od audiometrijskih testova, interaktivno sučelje, igre-testovi, senzori, moduli za prepoznavanje emocija temeljen na dubokom učenju. Ukupno je sudjelovalo 16 djece koje imaju slušni aparat ili pužnicu (Uluer i sur., 2021). U istraživanju cilj je bio emocionalno prepoznavanje kod djece. Emocije koje su razmatrali su pozitivno (ugodno) ili negativno (neugodno). Emocionalna stanja moguće je prepoznati putem metoda prepoznavanja izraza lica, govora ili putem praćenja aktivnosti mozga koje je moguće pratiti EEGom. Emocije s također mogu prepoznati prema nekim fiziološkim signalima kao što je srčana frekvencija (broj otkucaja u minuti), intervali između otkucaja srca, promjena volumena krvi u krvnim žila, reakcija kože i temperatura kože. (Uluer i sur., 2021) U ovom istraživanju cilj je bio prepoznati emocije djece s oštećenjem sluha putem Pepper robota i drugih uređaja. Nekadašnje studije koristile su EEG za prepoznavanje emocija, dok se u ovom istraživanju fokusiralo korištenje dubokog i strojnog učenje i korištenje E4 narukvice s ciljem prepoznavanja emocija. E4 narukvica nudi mogućnost praćenja fizioloških stanja. Cjelokupan projekt istraživanja nazvali su RoboRehab jer je tu mnoštvo aktivnosti i metoda kako bi se pružila podrška djeci s oštećenjima sluha. Izvedena su audiometrijske pretrage, rehabilitacije i slušne testove. Stručnjaci koji rade s ovim tipom djece otkrili su kako svi testovi nisu relativni zbog stresa koji se pojavljuje kod djece prilikom testiranja sluha i aktivnosti. (Uluer i sur., 2021) Osim stresa, na relevantnost testova utječe i gubitak motivacije kao i dosada. Nestručnost osoblja također može biti prepreka pri motivaciji djece i izvođenju tih aktivnosti. Takva ograničenja i prepreke nastoje prevladati upravo RoboRehab sustavom. Njime je cilj obraditi lice djeteta, utvrditi fiziološke podatke djeteta koristeći sučelje tableta za praćenje testova i humanoidnog robota Peppera. Tijekom ovog istraživanja pratili su dječje emocije i promjene u dječjim emocijama, kao i emocije u prisutnosti robota Peppera. U skladu s emocijama

nastojali su produbiti interakciju djeteta i robota ovisno o djetetovom raspoloženju. Cilj je bio smanjiti negativne emocije kao i stres. 16 djece s oštećenjima sluha sudjelovali su u ovom istraživanju. U RoboRehab istraživanju djeca su testirana konvencionalnim načinom, korištenjem robota i tableta i samo tableta. Djeca su s robotom bila više angažiranija te su s njim provela više vremena. Izvedbe djece mnogo se ne razlikuju između tri spomenuta načina testiranja. No, kod prisutnosti robota uočena je veća suradnja u izvršavanju aktivnosti i zadataka. Kako navode, ova metoda će zasigurno povećati interakciju i suradnju prilikom slušnih testova te povećati kvalitetu interakcije, osobito djece s nekim dodatnim invaliditetom koji imaju kratku pažnju. U provedenim anketama djeca su istaknula kako je robot inteligentan i smiješan. Djeca su bila uzbuđena što mogu raditi i igrati se s njim. Djeca su bile više angažirana u odnosu na konvencionalne metode ispitivanja (Uluer i sur., 2021).

#### **4.5. Funkcionalnosti i primjene humanoidnih robota**

Na prethodnim primjerima prikazano je kako roboti mogu pomoći u razvoju kognitivnih, socijalnih, emocionalnih i drugih vještina. Različite su sposobnosti humanoidnih robota. Kroz primjere, vidjeli smo kako humanoidni roboti posjeduju interaktivne sposobnosti koje omogućavaju govornu interakciju s sugovornikom, prepoznavanje lica, emocija i prilagodbe njihovim ponašanjima. S druge strane, na primjeru QTrobota uočena je edukativna funkcija robota kako u učionicama, kako u logopedskim institucijama, kod kuće i dr. Humanoidni roboti imaju sposobnost prilagodbe nastavnih materijala kao i mogućnost individualiziranog pristupa na jednostavan način. Osim spomenutih funkcija i sposobnosti robota, robot se može primijeniti u logopedskim terapijama i vježbama, radnoj terapiji, pa čak i fizioterapiji. Neki od ostalih robota imaju sposobnost rada u industrijama, uslužnim djelatnostima, kao pomoć starijim osobama. Osim što humanoidni roboti mogu pomoći u razvoju djece i osoba s neurološkim oštećenjima i drugim teškoćama, oni zapravo mogu biti podrška i u brojnim drugim sferama života. QTrobot pokazao se kao izniman i jako uspješan humanoidni robot koji pruža visok terapijski učinak djece i osoba s autizmom. QTrobot koristi se za brojna istraživanja. QTrobot upotrijebili su u svojim istraživanjima na brojnim područjima i sferama: kao pomoć studentima na Sveučilištu Waterloo u Ontario-u u Kanadi studentima koji imaju teškoće s učenjem, Sveučilište Middlesex iz Londona koristili su QTrobota u domovima za starije osobe, na

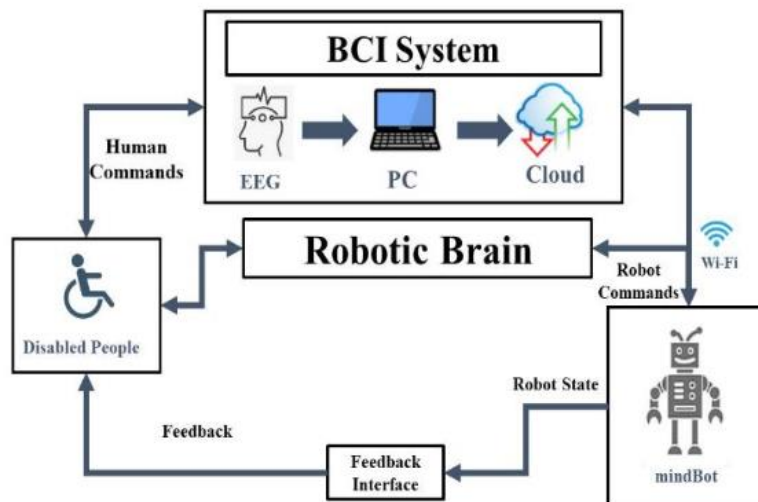
Sveučilištu Indiana proveli su istraživanje dobrobiti podrške prilikom razgovora starijih osoba, na Sveučilištu u Parizu istražili su kako QTrobot može olakšati pisanje rukom kod djece s disgrafijom, na sveučilištu EPFL u Lausanni u Švicarskoj koristili su QTrobotu kako bi poboljšali računalno razmišljanje i rješavanje problema kod učenika, na Sveučilištu primijenjenih znanosti FH Münster koristili su spomenutog robota kako bi ispitali socijalno-emocionalne intervencije kod autistične djece, na Sveučilištu Južne Kalifornije QTrobotu koristili su kako bi pripovijedao i govorio priče te je na taj način vršio ulog društvene interakcije s osobama. Na Sveučilištu Waterloo koristili su humanoidnog robota QTrobotu u poboljšavanju tjelesne aktivnosti. (LuxAi, 2024.)

#### **4.6. MindBot roboti u radu s djecom s invaliditetom i preferencije djece vezano za izgled humanoidnih robota**

Cerebralna paraliza, spinalna mišićna atrofija i dr. imaju velik utjecaj na fizički i kognitivni razvoj djece. Djeca s tim teškoćama često trebaju terapiju, specijaliziranu skrb i podršku. Kroz igru i učenje djeca mogu napredovati. Igra im omogućava lakšu interakciju s drugim ljudima, stjecanje novih vještina ali i za komunikaciju. Pomoću robota, djeca mogu lakše učiti i obrazovati se. MindBot robot je robot kojima je moguće umno kontrolirati i koji su specijaliziran za rad s djecom s invaliditetom i zdravom djecom. MindBot robot upravljani je moždanim valovima korisnika. Moždani valovi djeteta dohvaća se putem EEG slušalice (Sibar i Ismael, 2024). Također, naredbe se mogu zadavati i glasovnim putem. Robot omogućuje obrazovne sadržaje i igranje igara. Istraživanje (Sibar i Ismael, 2024) je napravljeno na zdravoj djeci, kao i na djeci s invaliditetom. Istraživanje je pokazalo da MindBot robot smatraju dobrim u radu. Kroz sustav za procjenu upotrebljivosti (System Usability Scale) pružen je podatak o ocjeni robota u radu. SUS je rad robota ocijenjen s ocjenom 71,13 od 100. Sudionici u istraživanju, odnosno korisnici robota bili su 11 učenika osnovnih škola u dobi od 6 do 11 godina, oba spola. Dvoje su bila tjelesna invalida i 9 zdravih. Jedan od sudionika imao je iskustvo pri korištenju robota. Istraživanje s MindBot robotom provedeno je u udobnosti doma korisnika. Roditelji su najprije potpisali dopuštenje o sudjelovanju njihove djece u ovom istraživanju. MindBot robot nudi pozitivan rad i poboljšanje svakodnevnice kroz zabavan sadržaj, primjereno dobi djeteta. Pokazalo

se kako je na funkcionalnost i rad utjecala brzina internetske usluge prilikom testiranja. Neki su zadaci trajali duže jer su korisnici bili zainteresiraniji za neka istraživanja mogućnosti robota. Sudionici s invaliditetom imali su slične kognitivne sposobnosti kao zdrava djeca. To pokazuje da su roboti prikladni za korištenje različitih sposobnosti, kako zdrave djece tako i djece s invaliditetom. Korisnici vježbom uspijevaju poboljšati upravljanje robotom. Neki od izazova bili su: Internet, buka i razumijevanje engleskog jezika korisnika. Nastoje se razviti neka poboljšanja u vidu kao što su uvođenje većeg raspona pokreta i mobilnosti glave, nogu i ruku, prilagođena EEG slušalica koja će biti udobnija djeci kao i više edukativnog sadržaja s mogućnošću procjene znanja radi lakšeg praćenja kognitivnog i obrazovnog razvoja djece. Arhitektura MindBot sustava sačinjava tri glavne komponente: sučelje mozak računalo (BCI) koju uključuje EEG mozga, računalo i pohranu u oblaku, zatim tijelo robota i određene aktivnosti učenja. BCI omogućuje da korisnik mislima upravlja pokretima robota. Robot je dizajniran kako bi bio jednostavan i siguran za korištenje za djecu s invaliditetom, dok su aktivnosti učenja osmišljene kako bi bile privlačne i zabavne. Time djeca mogu razviti dobre kognitivne sposobnosti i razviti neke obrazovne vještine i znanje. MindBot igračke i roboti imaju kao što je maloprije spomenuto sposobnost kontroliranja moždanim signalima. Moždanim signalima mogu upravljati kretnjama u različitim smjerovima, pa čak i na temelju izraza lica koje detektira Emotive Insight EEG slušalica. Robot može povezati izraze s pokretima. Naravno, kroz obuku. Reagira kroz glasovne naredbe koje olakšavaju upravljanje osobama s invaliditetom. Robot može prepoznati govor, pretvoriti ga u tekst i odgovoriti korisniku. Neke od obrazovnih aktivnosti koje robot može provoditi su: učenje abecede, brojeva boja, priče na temeljene na vidozapisima i čitanje na glas. Zatim, učenje kroz igru putem edukativnih igara poput pitanja iz općeg znanja, zagonetki, pogađanje riječi i sl. Također, u članku „MindBot: Design and implementation of a min-controlled educational robot toy for disabled children“, nalazi se rezultat istraživanja o tom kakvu fizionomiju humanoidnih robota djeca najviše preferiraju. Točnije, provedeni su upitnici o robotskim licima i tijelima s osnovnoškolskom djecom. Istraživanja u robotici važna su i s aspekta razmatranja preferencija korisnika robota u radu. Ponajviše, jer djeca s teškoćama i zdrava djeca mogu razviti lošiji odnos s robotom upravo zbog njegove neobične fizionomije i drugih neobičnosti. Dokazano je da više preferiraju robotska lica s ustima, okruglim očima i jednostavnijim crtama lica. Previše realistični roboti, s druge strane mogu izazvati

jezivost kod korisnika. Djeci su bila prikazana dva lica robota, zatim četiri različita tijela robota. 91 dijete u dobi od 6 do 12 godina sudjelovali su u ovom upitniku u kojem su morali odabrati omiljeno lice i tijelo sa slike. Zaobljeno lice robota odabralo je 63% djece, dok je četvrtasto odabralo 37% djece. 84% djece odabralo je tijelo humanoidnog robota s glavom, tijelom i udovima. (Sibar i Ismael, 2024.) Ostala tijela nisu bila toliko prihvaćena.



Slika 11. Arhitektura MindBot sustava (izvor: <https://www.researchgate.net/>)

## 4.7. Usporedba humanoidnih robota

U prethodno spomenutom članku, prikazana je tablica s različitim robotima i robotskim igračkama prema njihovoj namjeni. U nastavku se nalazi tablica s usporedbom specifikacija humanoidnih robota: Robota, Milo i QTrobota. U tablici je naveden naziv robota, kategorija robota, metoda kontrole odnosno način kako je moguće upravljati robotom, neke od tehničkih specifikacija, dodatnih mogućnosti poput mogućnosti programiranja, cijene, preporučene dobi, područje primjene i neka od ograničenja. Cijena QTrobota na stranici tvrtke LuxAi je nešto drugačija od onih u tablici. Podaci o području su navedena prema tadašnjem literaturnom pregledu. Neke od razloga za razliku u informacijama zasigurno stoji u tome što je članak zaprimljen u kolovozu 2023. godine, a objavljen tek 2024. godine pa su se podaci nešto i izmijenili.

**Tablica 5.** Specifikacije humanodnih robota Robota, Milo i QTrobot (Sibar i Ismael, 2024.)

Naziv robota	Robota	Milo	QTrobot
<b>Vrsta poteškoće/ Kategorija robota</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autizam</li> <li>• Terapijski</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autizam</li> <li>• Terapijski</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autizam</li> <li>• Terapijski</li> <li>• Edukacijski</li> </ul>
<b>Metoda kontrole</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Govor</li> <li>• Vizija</li> <li>• Imitacija tijela</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobilna aplikacija</li> <li>• Govor</li> <li>• Izraz lica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wifi</li> <li>• Aplikacija</li> </ul>
<b>Tehničke specifikacije</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Senzori</li> <li>• Sinteza govora (ELAN)</li> <li>• QuickCam kamera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interna HD kamera</li> <li>• Interno računalo</li> <li>• Mikrofon</li> <li>• Senzori za dodir</li> <li>• Senzori pokreta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intel® Core™ i5/i7 CPU i RealSense™ kamera</li> <li>• 4 High-Perf mikrofona</li> <li>• Stereo 2,8 W CD zvučnik</li> <li>• Do 32 GB RAM-a, do 512 GB SSD</li> <li>• WLAN, USB-C, USB 3.0, Ethernet i HDMI priključci putem USB-C adaptera</li> </ul>
<b>Mogućnosti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pokretanje očiju</li> <li>• Sinteza govora</li> <li>• Praćenje pokreta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Govor</li> <li>• Ekspresije lica</li> <li>• Polagan govor</li> <li>• Igranje igara</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praćenje poze</li> <li>• Detekcija i prepoznavanje slike, emocija, lica i govora</li> <li>• Detekcija i lokalizacija zvuka</li> <li>• Višejezičan</li> </ul>

<b>Cijena</b>	Robot temeljen na istraživanju	6.500,00 \$ za škole	1,977,00\$
<b>Preporučena dob</b>	6 do 12 godina	5 do 17 godina	4 do 14 godina
<b>Područje</b>	Testiran nad sedmero autistične djece	Testiran na desetero autističnih osoba	Testirano na desetero autistične djece
<b>Ograničenja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ne podržava djecu s fizičkim invaliditetom.</li> <li>• Raspon godina.</li> <li>• Zahtjeva znanje programiranja.</li> </ul>	Skupocjen	Problemi sa sigurnosnim rizicima.



## 5. ZAKLJUČAK

Humanoidni roboti dokaz su kako tehnologija može pomoći i olakšati svakodnevnicu zdrave djece, te djece s teškoćama u razvoju. Djeca, kao najbolji i najiskreniji pokazatelji emocija, humanoidne robote smatraju inteligentnim, smiješnim i dobrim prijateljima. U istraživanjima je dokazano kako emocije imaju velik utjecaj na rad, učenje i napredovanje kod djece. Stoga su stručnjaci u istraživanjima proučavali njihova emotivna stanja i reakcije prilikom rada s robotom. Djeca s poremećajima iz spektra autizma najbolje reagiraju na humanoidne robote. Budući da djeca s autizmom često izbjegavaju interakciju i razgovor s ljudima, s robotima ulaze u komunikaciju i interakciju. Djeca s autizmom imaju veću sklonost prema mehaničkim napravama od ostale djece. Valja spomenuti da i djeca s višestrukim i teškim teškoćama, kao i s teškoćama vezanih za sluh i gluhoću, isto tako vrlo dobro reagiraju na njih. Humanoidni roboti poput Peppera, NAOa i drugih ostavljaju pozitivan prvi dojam zbog ugodnog izgleda. Roboti često imaju ustaljene i ugodne ekspresije lica, pozitivni su i nemaju iznenadne reakcije kao kod ljudi. Djeci s autizmom to najviše odgovara. Prednosti upotrebe ove tehnologije je ta što omogućuje individualnu prilagodbu svakom djetetu. Djeca narušenog emotivnog stanja zahtijevaju nešto više pohvala i nagrađivanja, dok djeca u invalidskim kolicima zahtijevaju prilagodbu radnog mjesta i tehnologije kako bi im se omogućio prikladan rad. Humanoidne robote je moguće programirati što olakšava proces prilagodbe ove tehnologije. Pri korištenju ovakve vrste tehnologije postoje i neke prepreke poput troškova, nestručnosti, problema s internetom ili čak problem sa sigurnošću podataka. Na primjeru djece s višestrukim i teškim invaliditetom dokazano je kako trenutna tehnologija ne može zadovoljiti sve potrebe. Stoga je treba i dalje mijenjati i nadograđivati. Implementacija ovakve vrste tehnologije zahtjeva suradnju više stručnjaka poput psihologa, pedagoga, logopeda, terapeuta, programera i dr. kako bi se roboti što bolje prilagodili potrebama djece. Pokazalo se kako su humanoidni roboti velika podrška zajednici, obitelji i obrazovnim institucijama. Potreba za robotima sve je veća. Dokaz je to ne samo radi zahtjeva za robotima njegovateljima, nego to vidimo na pozitivnim primjerima rada s djecom s teškoćama. Roboti bi zasigurno trebali postati naši suradnici, ali ne i naša zamjena.

## 6. POPIS LITERATURE

1. Aldebaran Robotics. (2024). NAO, Pepper documentation. Dostupno na: [http://doc.aldebaran.com/2-8/home\\_ nao.html](http://doc.aldebaran.com/2-8/home_ nao.html) (6. kolovoza 2024).
2. Davim, J. P. (2018). Introduction to Mechanical Engineering. Dostupno na: <https://btpm.nmu.org.ua/en/students/subject/J.-Paulo-Davim-Introduction-to-Mechanical-Engineering.pdf> (9. srpnja 2024).
3. e-Građani. (2024). Predškolski odgoj i obrazovanje djece s posebnim odgojno-obrazovnim potrebama. Dostupno na: <https://gov.hr/hr/predskolski-odgoj-i-obrazovanje-djece-s-posebnim-odgojno-obrazovnim-potrebama/1106?lang=hr> (29. srpnja 2024).
4. Ekovjesnik. (2018). Autonomni robot za uništavanje korova na solarni pogon. Dostupno na: <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/719/autonomni-robot-za-unistavanje-korova-na-solarni-pogon> (9. srpnja 2024).
5. Europski parlament. (2017). Pravila građanskog prava o robotici. Dostupno na: [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0051\\_HR.pdf](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0051_HR.pdf) (22. srpnja 2024).
6. HEMED. (2021). Cerebralna paraliza (CP). Dostupno na: <https://hemed.hr/Default.aspx?sid=19176> (6. kolovoza 2024).
7. Hrvatska enciklopedija. (2024). Robotika. Dostupno na: <https://enciklopedija.hr/clanak/robotika> (8. srpnja 2024).
8. Huo, J., Liu, M., Neusypin, K. A., Liu, H., Guo, M., Xiao, Y. (2020). Autonomous search of radioactive sources through mobile robots. Dostupno na: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/12/3461> (9. srpnja 2024).
9. Index HR. (2018). Roboti su bolji od ljudi u radu s autističnom djecom. Dostupno na: <https://www.index.hr/vijesti/clanak/roboti-su-bolji-od-ljudi-u-radu-s-autisticnom-djecom/2044326.aspx> (29. srpnja 2024).

10. Intuitive Surgical. (2021). Intuitive reaches 10 million procedures performed using da Vinci Surgical Systems. Dostupno na: <https://isrg.intuitive.com/news-releases/news-release-details/intuitive-reaches-10-million-procedures-performed-using-da-vinci/> (kolovoz 2024).
11. Kager, D. (2023). Umjetna inteligencija: Razvoj i primjena. Školska knjiga.
12. Kozyavkin, V., Kachmar, O., Ablikova, I. (2014). Humanoid social robot in the rehabilitation of children with cerebral palsy. Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/289581848\\_Humanoid\\_Social\\_Robots\\_in\\_the\\_Rehabilitation\\_of\\_Children\\_with\\_Cerebral\\_Palsy](https://www.researchgate.net/publication/289581848_Humanoid_Social_Robots_in_the_Rehabilitation_of_Children_with_Cerebral_Palsy) (6. kolovoza 2024).
13. Kranjčec Mlinarić, J., Žic Ralić, A., Lisak, N. (2016). Promišljanje učitelja o izazovima i barijerama inkluzije učenika s poteškoćama u razvoju. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/236243> (29. srpnja 2024).
14. LuxAI. (2018). Case study 6 months of speech therapy for 20 students with autism spectrum disorder using QTrobot. Dostupno na: <https://f.hubspotusercontent00.net/hubfs/8372350/QT-robot-for-autism-speech-therapy-Case-study.pdf> (1. kolovoza 2024).
15. LuxAI. (2021). Early-stage development curriculum – QTrobot. Dostupno na: <https://f.hubspotusercontent00.net/hubfs/8372350/catalogues/Early-Stage-Development-Curriculum-QTrobot-2021.pdf> (1. kolovoza 2024).
16. LuxAI. (2024). QTrobot-logo-White Autism Robot for Improving Your Child's Learning Outcome at Home! Dostupno na: <https://luxai.com/assistive-tech-robot-for-special-needs-education/> (31. srpnja 2024).
17. LuxAI. (2024). Choose your QTrobot Autism platform of choice. Dostupno na: <https://luxai.com/humanoid-social-robot-for-research-and-teaching/#Buy-QTrobot-for-Research> (31. srpnja 2024).
18. LuxAI. (2024). Discover amazing use cases of QTrobot research community and discover how QTrobot platform is leveraged to create impact. Dostupno na: <https://luxai.com/humanoid-social-robot-for-research-and-teaching/> (31. srpnja 2024).

19. Nan, L., Xiaohong, Y., Yuqing, L., Guangcheng, Z. (2024). Bioinspired Liquid Metal-based Soft Humanoid Robots. Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/380480362\\_Bioinspired\\_Liquid\\_Metal\\_based\\_Soft\\_Humanoid\\_Robots](https://www.researchgate.net/publication/380480362_Bioinspired_Liquid_Metal_based_Soft_Humanoid_Robots) (2. kolovoza 2024).
20. Novaković, B. (2018). Robotika. Dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/robotika/> (8. srpnja 2024).
21. Olusanya, B. O., Kancherla, V., Shaheen, A., Ogbo, F. A., Davis, C. (2022). Global and regional prevalence of disabilities among children and adolescents: Analysis of findings from global health databases. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9554924/> (22. srpnja 2024).
22. Patron, C., Rajamohan, S., Sujathamalini, J. (2022). Education dynamics. Dostupno na: <https://alagappauniversity.ac.in/academics/faculty-of-education/school-of-extension-education/docs/SERS-Volume%20-%20V%20Issue%20No%201%20&%202%20-%202022.pdf#page=87> (31. srpnja 2024).
23. Rivero-Moreno, Y., Echevarria, S., Vidal-Valderrama, C., Pianetti, L., Cordova-Guilarte, J., Navarro-Gonzalez, J., Acevedo-Rodriguez, J., Dorado-Avila, G., Osorio-Romero, L., Chavez-Campos, C., Acero-Alvarracin, K. (2023). Robotic surgery: A comprehensive review of the literature and current trends. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10445506/> (9. srpnja 2024).
24. Ross, A. (2019). Industrije budućnosti. Mate d.o.o.
25. Satoh, Y., Yamada, T., Arai, Y., Shimamura, R., Hirosawa, M., Yamakawa, R., Takagi, S. (2020). The immediate effect of the Honda Walking Assist Device on foot and ankle function in hemiplegic stroke patients. Dostupno na: [https://www.istage.ist.go.jp/article/jpts/32/6/32\\_jpts-2020-017/\\_pdf/-char/ja](https://www.istage.ist.go.jp/article/jpts/32/6/32_jpts-2020-017/_pdf/-char/ja) (20. srpnja 2024).
26. Shatanu, I., Madhuri, P. (2016). Tesla autopilot: Semi autonomous driving, an uptick for future autonomy. Dostupno na: <https://www.irjet.net/archives/V3/i9/IRJET-V3I969.pdf> (9. srpnja 2024).

27. Sibar, J. K., & Ismael, A. A. (2024). MINDBOT: Design and implementation of a mind-controlled educational robot toy for disabled children. Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/377145456\\_MINDBOT\\_DESIGN\\_AND\\_IMPLEMENTATION\\_OF\\_A\\_MIND-CONTROLLED\\_EDUCATIONAL\\_ROBOT\\_TOY\\_FOR\\_DISABLED\\_CHILDREN](https://www.researchgate.net/publication/377145456_MINDBOT_DESIGN_AND_IMPLEMENTATION_OF_A_MIND-CONTROLLED_EDUCATIONAL_ROBOT_TOY_FOR_DISABLED_CHILDREN) (2. kolovoza 2024).
28. SoftBank Robotics. (2024). NAO6 the versatile humanoid robot. Dostupno na: <https://www.aldebaran.com/sites/default/files/press-kit/NAO-press-kit-EN.pdf> (6. kolovoza 2024).
29. Središnji katalog službenih dokumenata RH. (2008). Državni pedagoški standard. Dostupno na: <https://sredisnjikatalogrh.gov.hr/srce-arhiva/263/33321/www.nn.hr/clanci/sluzbeno/2008/2128.htm> (29. srpnja 2024).
30. Standen, P., Brown, D. J., Hedgecock, J., Roscoe, J. (2014). Adapting a humanoid robot for use with children with profound and multiple disabilities. Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/312531320\\_Adapting\\_a\\_humanoid\\_robot\\_for\\_use\\_with\\_children\\_with\\_profound\\_and\\_multiple\\_disabilities](https://www.researchgate.net/publication/312531320_Adapting_a_humanoid_robot_for_use_with_children_with_profound_and_multiple_disabilities) (6. kolovoza 2024).
31. Uluer, P., Kose, H., Gumuslu, E., Barkana, D. E. (2021). Experience with an Affective Robot Assistant for Children with Hearing Disabilities. Dostupno na: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12369-021-00830-5> (7. kolovoza 2024).
32. UNICEF. (1989). Konvencija o pravima djeteta. Dostupno na: [https://www.unicef.hr/wp-content/uploads/2017/05/Konvencija\\_20o\\_20pravima\\_20djeteta\\_full.pdf](https://www.unicef.hr/wp-content/uploads/2017/05/Konvencija_20o_20pravima_20djeteta_full.pdf) (29. srpnja 2024).
33. United Robotics Group. (2024). Human emotions decoded, embraced, echoed. Dostupno na: <https://unitedrobotics.group/en/robots/pepper> (6. kolovoza 2024).
34. Veruggio, G. (2005). The birth of roboethics. Dostupno na: <https://philpapers.org/archive/VERTBO-3.pdf> (21. srpnja 2024)

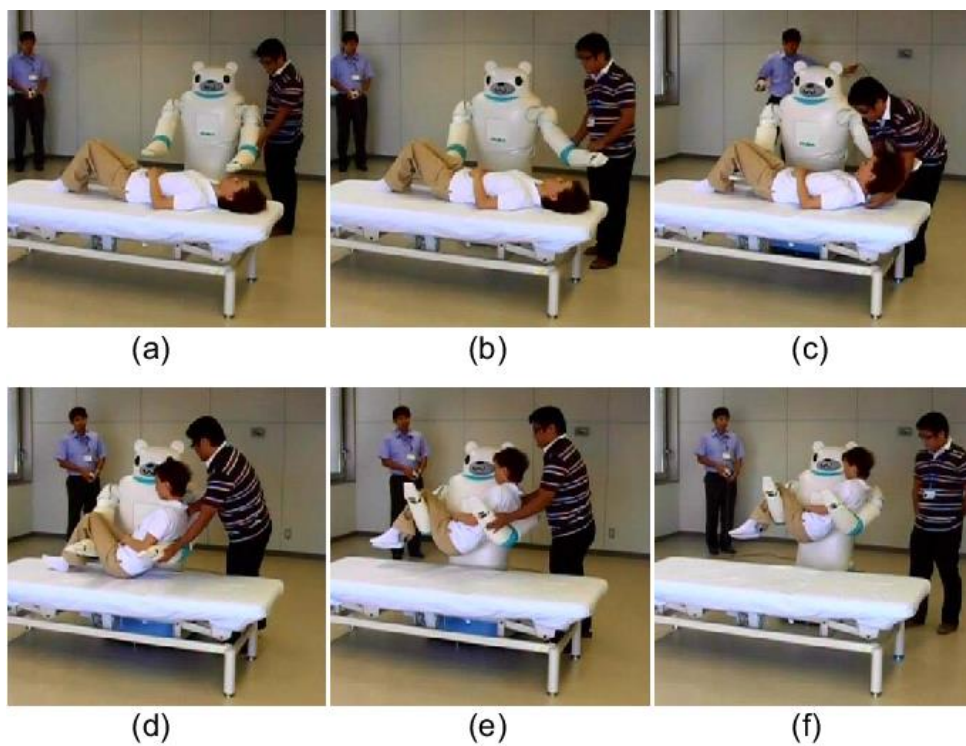
## 7. POPIS SLIKA

Slika 1. da Vinci kirurški sustav .....	6
Slika 2. Uređaj za tjelesnu podršku Walking Assist .....	7
Slika 3. Robot RIBA kao podrška i asistent .....	7
Slika 4. Robot ljubimac PARO .....	8
Slika 5. Autonomni robotski sustav u poljoprivredi EcoRobotix .....	9
Slika 6. Fizionomija prijašnjih humanoidnih robota vs. humanoidnih robota iz budućnosti .....	22
Slika 7. Potencijalna konstrukcija humanoidnog robota.....	23
Slika 8. Kintetron robot u radu s djecom s cerebralnom paralizom.....	38
Slika 9. NAO humanoidni robot .....	40
Slika 10. Pepper humanoidni robot.....	40
Slika 11. Arhitektura MindBot sustava .....	48

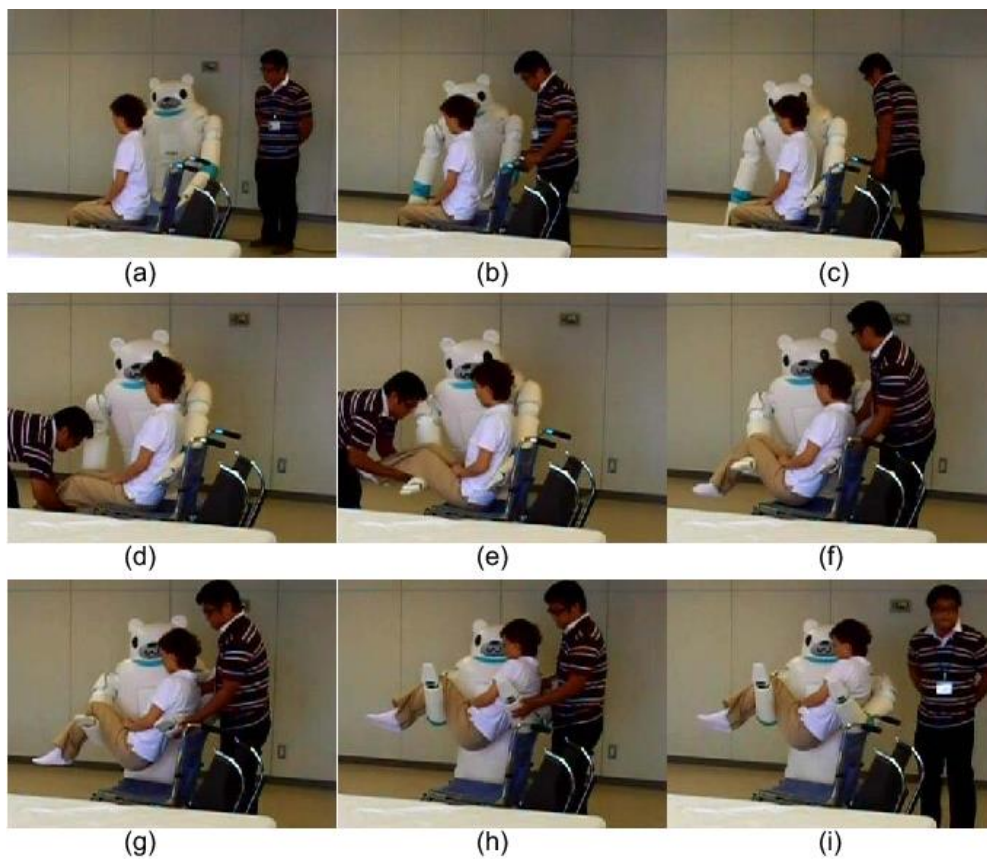
## 8. POPIS TABLICA

<b>Tablica 1.</b> Prva razina kurikuluma za rani razvoj djece s autizmom.....	27
<b>Tablica 2.</b> Druga razina kurikuluma za rani razvoj djece s autizmom .....	28
<b>Tablica 3.</b> Treća razina kurikuluma za rani razvoj djece s autizmom .....	29
<b>Tablica 4.</b> Četvrta razina kurikuluma za rani razvoj djece s autizmom .....	30
<b>Tablica 5.</b> Specifikacije humanodnih robota Robota, Milo i QTrobota.....	49

## 9. PRILOZI



Podizanje pacijenta iz kreveta pomoću robota RIBA (pristupljeno 20.7.2024.)



Podizanje pacijenata iz kolica pomoću robota RIBA (pristupljeno 20.7.2024.)



## SAŽETAK

Razvoj robota seže još u doba renesanse i Leonarda Da Vincija. Današnji roboti su sofisticiraniji i drugačijeg izgleda nego prije. Fizionomija robota je drugačija i današnji roboti najviše nalikuju čovjeku. Umjetna inteligencija funkcionira baš poput neurona ljudskog mozga. Robotika je sve više zastupljenija. Robotika ima različita područja primjene kako u poljoprivredi, industrijama, tako i u školstvu i obrazovanju. Roboti su strojevi koji postaju prijatelji, ali i suradnici. Djeca s poteškoćama dobro reagiraju na humanoidne robote. Djeca s poremećajima iz spektra autizma surađuju više s humanoidnim robotima nego s ljudima. Djeca su motiviranija i duže im traje koncentracija pri radu s humanoidnim robotima. Inkluzija djece s poteškoćama važan je i ključan zadatak učitelja, nastavnika i drugih važnih sudionika u obrazovanju. Humanoidni roboti olakšavaju rad s djecom s poteškoćama. Nao, Pepper i QTrobot su roboti koji stvaraju pozitivno okruženje pri radu s djecom poteškoćama, kao i pri radu s djecom bez poteškoća.

**Ključne riječi:** roboti, robotika, robotski sustav, humanoidni roboti, autizam, djeca s poteškoćama, NAO, Pepper, QTrobot.

## **ABSTRACT**

The development of robots dates back to the Renaissance and Leonardo Da Vinci. Today's robots are more sophisticated and look different than before. The physiognomy of robots is different and today's robots most resemble humans. Artificial intelligence works just like the neurons of the human brain. Robotics is becoming more common. Robotics has various fields of application, both in agriculture and industry, as well as in schools and education. Robots are machines that become friends as well as collaborators. Children with disabilities respond well to humanoid robots. Children with autism spectrum disorders cooperate more with humanoid robots than with people. Children are more motivated and their concentration lasts longer when working with humanoid robots. Inclusion of children with disabilities is an important and key task of teachers and other important participants in education. Humanoid robots make it easier to work with children with disabilities. Nao, Pepper and QTrobot are robots that create a positive environment when working with children with disabilities, as well as when working with children without disabilities.

**Keywords:** robots, robotics, robotic system, humanoid robots, autism, children with disabilities, NAO, Pepper, QTrobot.