

Lego roboti u nastavi

Ledenčan, Robert

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Applied Mathematics and Informatics / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet primijenjene matematike i informatike**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:126:456130>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of School of Applied Mathematics and Computer Science](#)



Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku
Odjel za matematiku
Sveučilišni nastavnički studij matematike i informatike

Robert Ledenčan

LEGO roboti u nastavi

Diplomski rad

Osijek, 2023.

Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku
Odjel za matematiku
Sveučilišni nastavnički studij matematike i informatike

Robert Ledenčan

LEGO roboti u nastavi

Diplomski rad

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Darija Marković

Osijek, 2023.

Sadržaj

Uvod	1
1 Prednosti korištenja robota u nastavi	3
1.1 Robot kao objekt o kojem se uči	4
1.2 Robot kao objekt s kojim se uči	6
2 LEGO Education SPIKE Essential i Prime	8
2.1 LEGO Education SPIKE Essential set	8
2.2 LEGO Education SPIKE Prime set	10
2.3 LEGO Education SPIKE aplikacija	12
2.4 Kategorije naredbi	15
2.4.1 Događaji	15
2.4.2 Motori	16
2.4.3 Svjetla	17
2.4.4 Zvuk i Glazba	18
2.4.5 Upravljanje	19
2.4.6 Kretanje	19
2.4.7 Prikaz	20
2.4.8 Stupčasti Grafikon i Linijski Grafikon	21
2.4.9 Senzori	22
2.4.10 Operacije	22
2.4.11 Vrijeme	23
2.4.12 Varijable i Moji Blokovi	23
2.5 Primjeri programa u LEGO Education SPIKE aplikaciji	24
2.5.1 Primjer 1 - Snack Stand	24
2.5.2 Primjer 2 - Break Dance	25
2.5.3 Primjer 3 - Training Camp 3: Reacting to Lines	26
3 FIRST LEGO League natjecanje	28
Sažetak	33
Summary	34
Životopis	35

Uvod

Riječ *robot* se prvi puta spominje početkom 20. stoljeća u engleskom prijevodu češke drame *Rossumovi univerzalni roboti*, kao prilagodba češke riječi *robota* što znači prisilan rad. U raznoj literaturi mogu se pronaći različite definicije robota, a definicija ponajviše ovisi o mjestu i načinu primjene. Prema [2], u SAD-u se robot definira kao automat koji je prilagođen složenoj okolini, a koji obavlja ili dopunjava radnje čovjeka. Pojavom robota, nastaje i razvija se robotika, interdisciplinarna znanost koja povezuje razna područja znanosti kao što su elektrotehnika, računalstvo i matematika. Općenito, robotika obuhvaća projektiranje, konstrukciju i primjenu robota u raznim područjima ljudske djelatnosti. Napretkom tehnologije i razvojem robotike nastaju sve složeniji i korisniji roboti, koje prema stupnju autonomije i mogućnostima možemo podijeliti u tri generacije:

- Pod prvu generaciju spadaju programirani roboti, koji imaju unaprijed određen zadatak i način kretanja. Ovi roboti nemaju mogućnost interakcije s okolinom, pa nisu u mogućnosti ispraviti pogreške vođenja.
- Druga generacija robota integrira razne vrste senzora pomoću kojih dobivaju povratne informacije o svojoj okolini, a u skladu s tom informacijom mogu u trenutku ispraviti potencijalne pogreške vođenja.
- Treću generaciju čine tzv. inteligentni roboti koji imaju mogućnost učenja, prilagođavanja i donošenja zaključaka.

Prvim robotom se smatra industrijski stroj *Unimate* kojeg je patentirao znanstvenik George Devol 1954. godine. Unimate je bila naprava opće namjene koja je automatizirala razne industrijske procese (npr. točkasto zavarivanje) pomoću programa na ugrađenoj memoriji. Početkom 60-ih godina 20. stoljeća, nastavlja se intenzivan razvoj robota koji kroz narednih 20 godina dobivaju mogućnost odabira jednog od nekoliko programa snimljenih na memoriju. Osim toga, razvijaju se roboti koji imaju ugrađene senzore pomoću kojih mogu ostvariti dinamičku interakciju s okolinom. Prvi pravi komercijalni roboti s mikroračunalom nastaju 1970-ih godina, što omogućava paralelan razvoj robotičkih setova za djecu, a s ciljem aktivnog i zabavnog učenja programiranja. Seymour Papert, jedan od dizajnera programskog jezika Logo, popularizira isti konstituiranjem edukativnog robota u obliku kornjače, koji (prema [1]) omogućava crtanje na papiru pomoću izrađenih Logo programa. Deset godina kasnije, u suradnji s tvrtkom LEGO, nastaju roboti koji se konstruiraju pomoću LEGO kocaka, a programiraju pomoću programskog jezika Logo. Iako su ovi roboti imali velik broj funkcionalnosti kao i današnji LEGO setovi, zbog činjenice da su zahtijevali stalnu žičanu vezu s računalom, pokazalo se problematičnim konstruirati autonomne i okretnije robote. Problem se rješava vrlo brzo uvođenjem programabilnih LEGO kocaka (hubova tj. čvorišta) koje se postavljaju unutar konstrukcije robota, a nakon čega je moguće pokrenuti robota neovisno o njegovom položaju u odnosu na računalo. Ove prve generacije LEGO robotskih tehnologija poslužile su kao temelj za razvoj LEGO Mindstorms setova, tj. setova koji kombiniraju programabilne hubove s elektromotorima, sensorima i LEGO kockama. Prvi takav

maloprodajni set je LEGO RCX Brick iz 1998. godine. Ovaj set je uključivao izlaze za motore, ulaze za senzore i LCD zaslon, te podršku za grafičko programiranje u programu ROBOLAB, preteći programiranja pomoću blokova. Nakon toga, LEGO robotima brzo raste popularnost, a zbog velikog potencijala, LEGO grupa nastavlja svoj rad na razvoju edukacijskih robota za djecu. Kroz nekoliko godina, dolazimo do sve boljih i modernijih setova kao što su LEGO Education SPIKE Essential i LEGO Education SPIKE Prime.

U ovom radu ćemo, kroz prvo poglavlje, istražiti prednosti i didaktičke temelje za uporabu edukativnih robota u nastavi. Nakon toga, u drugom poglavlju ćemo se upoznati s LEGO Education SPIKE Essential i LEGO Education SPIKE Prime robotima, kao i njihovim mogućnostima te programiranjem tih robota pomoću dvije vrste blokova u LEGO Education SPIKE aplikaciji. Na kraju, u trećem poglavlju, ukratko ćemo opisati strukturu i cilj održavanja FIRST LEGO League natjecanja.

1 Prednosti korištenja robota u nastavi

Informatika je u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj podijeljena na četiri domene kojima se realiziraju ciljevi predmeta, a jedna od domena je Računalno razmišljanje i programiranje. Već se u razrednoj nastavi učenici susreću s programiranjem, kao što je blokovsko programiranje u Scratchu, a u predmetnoj nastavi s programskim jezikom kao što je Python. Poznavanje osnova programiranja je u 21. stoljeću nužno za stjecanje željenih informatičkih kompetencija koje su potrebne pojedincu i društvu općenito. Stjecanje kompetencija predstavlja cilj suvremene nastave koja je usmjerena prema aktivnom učenju, a koje uključuje niz različitih strategija kojima omogućavamo učenicima trajno usvajanje znanja i vještina. U informatici će (prema [14]) najbolje rezultate učenja i ostvarenja ciljeva predmeta imati učenje u praktičnom smislu, pa je na učiteljima da stvaraju nastavne situacije kojima će učenici svu raspoloživu tehnologiju upotrijebiti na praktičan način. S obzirom na spomenuto, uvođenje programabilnih edukativnih robota u nastavu se pokazuje kao izvrsna prilika za ostvarivanje ciljeva nastave informatike, posebno računalnog razmišljanja i programiranja, ali i ciljeva drugih nastavnih predmeta iz STEM područja znanosti. U [14] je navedeno pet glavnih razloga za uvođenje robotike u nastavu:

- Zabava - Pokazano je da su robotika i programiranje računalnih igara najbolji načini za učenje programiranja i informatike općenito.
- Učinkovitost - Kroz igru i zabavu, pomoću rada s robotom, učenici na temelju iskustvenog učenja i praktičnog rada uče programirati.
- Vještine - Osim vještina u programiranju, učenici stječu razne kompetencije kao što su kreativnost i sposobnost rješavanja problema.
- Prikladnost - Pokazalo se da je su roboti, uz prilagodbu, prikladni za djecu različitih sposobnosti.
- Demistificiranje tehnologije - Rad s robotima kod učenika umanjuje strah od novih tehnologija.

Provedeno je nekoliko istraživanja o uvođenju robota u nastavu, koja idu u prilog navedenim razlozima, a koja su pokazala kako roboti u nastavi omogućavaju stvaranje zabavnog okruženja, motivacije kod učenika te postizanje većeg uspjeha u programiranju (vidi [3]). Jedno takvo istraživanje je bilo vezano za LEGO Mindstorm set, pri čemu su učenici u dobi od 7 do 14 godina na nastavi sastavljali i programirali robote. Osim što su učenici bili motivirani i pokazali veći interes za programiranje i rješavanje problema, pokazalo se kako su isti učenici postigli veći akademski uspjeh nego što su postizali isključivo programiranjem u programskom jeziku C++. Slični rezultati su dobiveni i uvođenjem micro:bita u škole, pa ne čudi rast interesa učitelja i istraživača za edukativnim robotima. No, osim boljih rezultata u programiranju, uvođenje robota u nastavu ima (prema [11]) sljedeće prednosti:

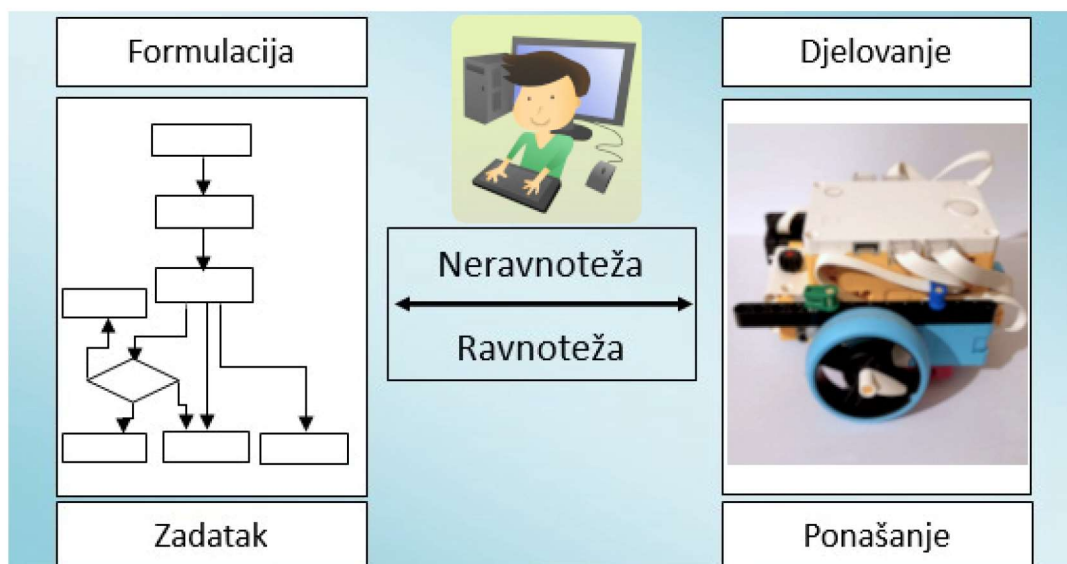
- Edukativni roboti omogućavaju razvoj mekih vještina. Uvođenje robota u nastavu njeguje razvoj sljedećih mekih vještina: komunikacija, kreativnost, otpornost, planiranje, rješavanje problema, samostalnost, suradnja, i ustrajnost.
- Robotika implementira proces inženjerskog dizajniranja u nastavu. Ovakav proces je pogodan za uvođenje problema, tj. zadatka otvorenog tipa, a omogućava učenje na temelju vlastitih pogrešaka. Učenici na ovaj način prolaze kroz iterativni postupak dizajniranja, programiranja i testiranja modela te otklona potencijalnih pogrešaka.
- Pomoću robota u nastavi možemo uvesti učenje putem rješavanja problema. Robotika se učenicima obično predstavlja kroz izazove. Izazovi su obično osmišljeni za razvoj određenih vještina u slaganju ili programiranju, a mogu biti otvoreni ili zatvoreni.
- Roboti u nastavi mogu biti izvrsna STEM aktivnost. Različiti zadaci koji uključuju slaganje i programiranje robota mogu pružiti kontekst za učenje sadržaja matematike, fizike, ali i drugih STEM područja. Primjerice, izgradnjom robota koji imaju kotače, učenici mogu koristiti iste kako bi istražili vezu između brzine, prijednog puta i proteklog vremena.

Prije uvođenja određenog robota u nastavu, svakako treba provjeriti koliko je pogodan za nastavu, promovira li novi način programiranja, postoji li programska podrška i adekvatan nastavni materijal i slično. Kako bi spomenute prednosti u potpunosti ostvarili, potrebno je pristupiti uvođenju robota na metodičan način. Osim toga, trebamo utvrditi hoćemo li robota u nastavi koristiti kao *objekt o kojem se uči* ili kao *objekt s kojim se uči*. U nastavku, pojasnit ćemo oba aspekta uvođenja robota u nastavu s didaktičkog stajališta, kao i didaktičke metode za te aspekte.

1.1 Robot kao objekt o kojem se uči

Kada govorimo o robotu kao objektu o kojem se uči, onda govorimo o nastavnom sadržaju koji uključuje robotiku. Dakle, uključuje nastavne aktivnosti usmjerene prema stvaranju okruženja za učenje koje će usmjeriti učenike na aktivno rješavanje problema koji su vezani uz sadržaje robotike kao što su konstrukcija i programiranje robota te umjetna inteligencija. Pri tome, na izgradnju robota se gleda kao na pojavnu aktivnost, gdje proces uključuje iterativnu dekonstrukciju i rekonstrukciju robota. Prema [1], ovaj pristup se temelji na teoriji *konstrukcionizma*, koja dolazi od *konstruktivizma*. Konstruktivistička teorija učenja razvijena je prema istoimenom filozofskom smjeru filozofa Jeana Piageta. Prema konstruktivizmu, stjecanje znanja se gradi s obzirom na vlastito iskustvo, pa učenici uz rukovanje s raznim kreacijama stvaraju svoje znanje. Konstruktivizam je pogled koji gleda na učenje kao na stvaranje značenja koje se događa zahvaljujući ljudskom djelovanju i interakcijom s fizičkom i društvenom okolinom, pri čemu dobivena značenja pojedinci pokušavaju povezati s načinima koji vide svijet. S druge strane, konstrukcionizam gleda na učenje kao na ispitivanje vlastitih pogleda na svijet. Primjerice, robot se može ponašati drugačije od učenikove namjere, što prisiljava učenika da uđe u fazu istraživanja, te dizajnira i izmjenjuje dijelove robota i

programa. Ovakav pristup učenju je utemeljen na stvaranju kognitivne neravnoteže učenika, koja je izazvana odstupanjem djelovanja robota od traženog djelovanja koje predstavlja cilj zadatka. U tom slučaju govorimo o procesima *asimilacije* i *akomodacije*. Asimilacija predstavlja proces kojim ljudi interpretiraju informacije iz okoline na temelju prethodno izgrađenih konceptualnih struktura. S druge strane, akomodacija je proces modifikacije konceptualnih struktura kada ljudi pokušavaju asimilirati nove karakteristike okruženja. Kada učenici stupaju u kontakt s novim informacijama, uglavnom se događa kognitivna neravnoteža jer se prethodno stvorene percepcije o drugim pojmovima prenose na nove informacije. Nakon što se učenici usvoje nove informacije, ponovno stupaju u kognitivnu ravnotežu, no svaka nova interakcija s robotom ili pojava nove informacije može potaknuti novu neravnotežu koju će učenik ponovno morati savladati. U ovom procesu, učitelj ima ulogu da uspostavlja uzastopne promjene ravnoteže tijekom nastave tako da postavlja nova problemska pitanja koja imaju barem jednu novu značajku u odnosu na prethodne. Nakon postavljanja pitanja, učitelj treba voditi učenike do nove kognitivne ravnoteže, uz pomoć demonstracije realiziranog programa.



Slika 1: Proces učenja izmjenom ravnoteže i neravnoteže.

Za uspješno odvijanje ovog procesa u nastavi, u [1] se navodi kako najprije trebamo formulirati uzastopne problemske zadatke, te ih po kompleksnosti grupirati u tri klase problema:

- Problemi utemeljeni na istoj klasi ponašanja robota - Ova klasa problema treba imati slične zadatke programiranja koji traže istu programsku proceduru. Primjerice, programi pomoću kojih se robot kreće po stranicama kvadrata 20, 30 ili 40 cm spadaju u istu klasu ponašanja robota.
- Problemi utemeljeni na novoj klasi ponašanja robota - Radi se o problemima koji su vrlo slični prethodnima, no s razlikama koje zahtijevaju otkrivanje nove programske proceduru. Primjerice, umjesto da se robot kreće po stranicama kvadrata, kao svojevrsnu nadogradnju zadajemo problem kretanja robota po stranicama paralelograma.

- Problemi uvjetovanog ponašanja robota - Dodatan kontekst se uzima u obzir kako bi se kreirala programska procedura za izvišavanje zadatka pod određenim uvjetima. Primjerice, robot se kreće po podlozi i ukoliko detektira stranicu kvadrata, započinje programsku proceduru za obilazak kvadrata.

Osim stupnjevanja problemskih zadataka, potrebno je ostvariti povoljnu didaktičku situaciju. Za vođenje učeničke konstruktivističke aktivnosti, učitelj treba obratiti pažnju na dva temeljna načela. Prvo načelo je vezano uz formulaciju problema, prema kojem svaki problemski zadatak treba sadržavati elemente koji su otprije poznati učenicima, te mora biti na razini složenosti koja je manja od najveće razine složenosti prethodnih problemskih zadataka. Drugo načelo se odnosi na razinu uključenosti učitelja u rješavanje problemskog zadatka, prema kojem učitelj treba postepeno smanjivati svoju ulogu i prenesti odgovornost na učenike kako bi samostalno rješavali problem. Pravilnom implementacijom u nastavu, konstruktivistički i konstrukcionistički pristup (prema [2]) stavlja učenike u središte obrazovnog procesa, čime učenici stječu kompetencije kao što su inovativnost, kreativnost, kritičko mišljenje, rješavanje problema, poduzetnost, odgovornost i samostalnost.

1.2 Robot kao objekt s kojim se uči

Pod pojmom robota kao objekta s kojim se uči smatramo pogled na robota kao na alat za učenje i poučavanje sadržaja drugih nastavnih predmeta na različitim razinama. Ovakav pristup je utemeljen na *projektnom učenju* koje se oslanja na aktivnosti vezane uz STEM područje znanosti. Projektno učenje je (prema [1]) sveobuhvatan pristup u učenju i poučavanju koji uključuje učenike u suradnično istraživanje. Projekti su usmjereni prema stvaranju proizvoda ili donošenju rješenja, pri čemu učenici samostalno organiziraju aktivnosti, provode istraživanje i rade sintezu prikupljenih informacija. Ovakav način učenja potiče aktivnu izgradnju znanja pomoću ekperimentiranja i suočavanja s vlastitim miskoncepcijama. Projektnim učenjem, učenici imaju priliku samostalnog rada u dužem vremenskom razdoblju u kojemu je učitelj isključivo podrška, a smjer i način suradničkog rada određuju učenici. Projektno učenje predstavlja jedan novi model za provođenje nastave jer se na taj način odmičemo od tradicionalne prakse, tj. kratkih i izoliranih nastavnih procesa u čijem je središtu učitelj. Uz projektno učenje vežemo i *učenje kroz dizajn* koje proizlazi iz teorije konstrukcionizma, a naglašava vrijednost učenja kroz stvaranje, tj. projektiranje robota. Bit učenja kroz dizajn je konstrukcija značenja. Učenici kao dizajneri stvaraju predmete koji predstavljaju njima značajan ishod učenja. Kako bi se ovakav način rada uspješno uveo u nastavu, [1] navodi potrebne smjernice za dizajn projekata koje glase:

- Projekti trebaju biti takvi da uključe učenike kao aktivne sudionike kako bi učenici dobili osjećaj kontrole i odgovornosti u procesu učenja.
- Dizajn projekta treba poticati kreativnost prilikom rješavanja problema.
- Projekti trebaju biti interdisciplinarni, tj. spajati više ideja iz različitih grana kao što su matematika, prirodoslovlje i umjetnost.

- Dizajn projekta treba pomoći učenicima da nauče mijenjati perspektivu, tj. da projekt promatraju iz kuta osobe kojoj je projekt namijenjen.
- Projekti trebaju pružiti mogućnost suradnje i refleksije.
- Dizajn projekta treba omogućiti učenje s pozitivnom povratnom spregom. To znači da se kreiranjem jedne stvari treba stvoriti nova ideja koja se ponovno kreira.

Uz poštivanje navedenih smjernica, potrebno je napraviti organizaciju aktivnosti unutar projekta. Kao i svaki projekt, projektno učenje s robotima se treba sastojati od faze planiranja, kreacije i evaluacije. U [1] se predlaže slijedeća organizacija aktivnosti koja obuhvaća pet faza:

- Uključivanje - Prilikom uključivanja učenici dobivaju problem otvorenog tipa i definiraju projekt što zahtijeva prepoznavanje problema. Kako bi se ova faza uspješno provela, predlaže se provođenje tzv. *oluje ideja* čime se postiže razumijevanje problema na razini cijelog razreda.
- Istraživanje - Prilikom istraživanja učenici upoznaju sve dijelove i aplikacije edukativnih robota, postavljaju hipoteze i stvaraju početne ideje. Učenici u grupama proučavaju robota i povezuju s početnim problemom. Preperuka je da se istraživanje provodi kao strukturirana vođena aktivnost u obliku radnih listova.
- Ispitivanje - Prilikom ispitivanja učenici vrše potragu za izvorima i alternativnim rješenjima početnog problema. Učitelj u razgovoru s učenicima treba postavljati pitanja koja usmjeravaju učenike prema početnom problemu, daju motivaciju za rješavanje potproblema kojima će u nastavku formirati konačan prijedlog rješenja.
- Kreiranje - Prilikom kreiranja učenici u grupi dijele i kombiniraju prikupljene ideje i rješenja iz čega se formira konačno rješenje u obliku proizvoda, tj. robota i programa.
- Evaluacija - Prilikom evaluacije grupe međusobno dijele ideje, predstavljaju svoje kreacije razredu te ih evaluiraju u odnosu na početne postavke problema. Osim toga, svaka grupa procjenjuje kvalitetu svoje kreacije u odnosu na ostatak razreda te se donosi zajednički zaključak o provedenom projektu.

Treba napomenuti da navedene faze nisu linearne, tj. moguće je da se faza kreiranja pojavi u fazi istraživanja i obrnuto. Projektom učenjem će učenici (prema [4]) razvijati različite vještine poput suradnje, preuzimanja inicijative, sposobnost evaluacije vlastitog napretka u radu, kritičnog mišljenja i donošenja odluka. Sve navedene didaktičke pristupe za uvođenje robota u nastavni proces njeguje LEGO grupa, koja je kroz svoj program LEGO Education uvela konstruktivistički pristup i projektno učenje te formirala niz STEM aktivnosti za vlastite robote. U nastavku, proučit ćemo mogućnosti najnovijih edukativnih LEGO robota: LEGO Education SPIKE Essential i LEGO Education SPIKE Prime.

2 LEGO Education SPIKE Essential i Prime

LEGO Education serija proizvoda se sastoji od nekoliko raznih setova (kompleta) koji se mogu upotrijebiti u nastavi, a među njima su i LEGO Education SPIKE Essential te LEGO Education SPIKE Prime. Spomenuti setovi se, osim u broju dijelova, razlikuju (prema [12]) u broju i mogućnostima senzora, te uzrastu za koji je određen set namijenjen. LEGO Education SPIKE Essential predstavlja set s osnovnim mogućnostima i namijenjen je za djecu koja imaju 6 ili više godina, dok je LEGO Education SPIKE Prime napredniji set s više mogućnosti, a namijenjen je djeci koja imaju 10 ili više godina. Oba seta su dizajnirana s ciljem integracije učenja pomoću igre i projektnog učenja u poučavanje i učenje programiranja, što je u praksi pokazalo bolje usvajanje nastavnog sadržaja i povećan interes učenika za STEM područja znanosti (vidi [8]). U nastavku, promotrit ćemo sadržaj oba seta, s naglaskom na elektroničke dijelove koji dolaze uz njih te proučiti pripadnu aplikaciju i naredbe za programiranje robota.

2.1 LEGO Education SPIKE Essential set

LEGO Education SPIKE Essential set dolazi u specijaliziranoj kutiji koja se sastoji od 449 dijelova. Među dijelovima, najveći dio predstavljaju LEGO kocke od kojih se može sastaviti velik broj različitih modela, tj. robota. Preostali dio seta čine elektronički dijelovi: LEGO hub s uklonjivom baterijom, dva mala motora, matrica sa svjetlima i senzor za raspoznavanje boja. Nakon što se dijelovi raspakiraju, mogu se organizirati po ladicama unutar kutije, a na ladice zalijepiti uključene naljepnice, za lakši pronalazak dijelova prilikom sastavljanja robota.



Slika 2: Sadržaj LEGO Education SPIKE Essential seta (slika preuzeta iz [15]).

LEGO hub predstavlja glavnu komponentu svakog LEGO robota jer omogućava izvršavanje programa i upravljanje preostalim elektroničkim komponentama iz seta. LEGO hub ima dva priključka za komponente, označena slovima A i B, te Micro USB priključak za povezivanje sa računalom. Uz žičano spajanje na računalo, moguće je i bežično povezivanje huba s

računalom putem bluetootha. Osim vanjskih komponenti, hub ima ugrađena dva senzora: žiroskop i akcelerometar (vidi [12]). U kombinaciji, dva spomenuta senzora omogućavaju određivanje orijentacije i kretnji (gesta), pa se određene naredbe mogu izvršavati tako da se hub nagne u jednu od četiri strane, rotira oko jedne od tri glavne osi, protrese, tapka ili pusti da slobodno pada. Potrebno je naglasiti kako na LEGO Education SPIKE Essential hub nije moguće pohraniti izrađeni program, pa se isti izvršava putem komunikacije između huba i računala.



Slika 3: SPIKE Essential hub (slika preuzeta iz [13]).

Spomenuti mali motori omogućavaju konstrukciju robota s dijelovima koji se gibaju. Motorima je moguće odrediti, te mijenjati brzinu i broj okretaja. Osim toga, unutar motora se nalaze rotacijski senzori koji daju povratnu informaciju o brzini te relativnoj i apsolutnoj poziciji (kutu otklona) motora.



Slika 4: SPIKE Essential motor (slika preuzeta iz [13]).

Matrica sa svjetlima sadrži ukupno devet programabilnih LED dioda. Svaku LED diodu je moguće pojedinačno isprogramirati da prikazuje jednu od deset različitih boja, a isto tako, moguće je uključiti ili isključiti po volji odabrane diode.



Slika 5: SPIKE Essential matrica sa svjetlima (slika preuzeta iz [13]).

Posljednja elektronička komponenta, senzor za raspoznavanje boja, ima tri mogućnosti. Prva od mogućnosti je prepoznavanje jedne od osam boja koje odgovaraju bojama LEGO kocaka iz seta. Druga mogućnost je detekcija količine reflektirane svjetlosti od objekta nazad prema senzoru. Zadnja mogućnost je detekcija razine osvjetljenja okruženja u kojem se senzor nalazi. Optimalna udaljenost za detekciju iznosi 16 mm.



Slika 6: SPIKE Essential senzor za raspoznavanje boja (slika preuzeta iz [12]).

2.2 LEGO Education SPIKE Prime set

LEGO Education SPIKE Prime set dolazi u gotovo istoj kutiji kao i LEGO Education SPIKE Essential, ali s 528 dijelova koji omogućavaju veću funkcionalnost LEGO robota.



Slika 7: Sadržaj LEGO Education SPIKE Prime seta (slika preuzeta iz [15]).

Najveća razlika je u tome što SPIKE Prime set uključuje veći broj elektroničkih dijelova: LEGO hub s uklonjivom baterijom, dva motora srednje veličine, jedan veliki motor, senzor za raspoznavanje boja, senzor sile (za pritisak) i senzor za udaljenost. Motori i senzor za raspoznavanje boja su po mogućnostima jednaki onima iz SPIKE Essential seta, a razlika među setovima se počinje nazirati u SPIKE Prime hubu. Naime, SPIKE Prime hub, osim što sadrži sve senzore kao i SPIKE Essential hub, dolazi sa ugrađenim zvučnikom, 5×5 matricom sa svjetlima i prostorom za pohranu najviše 20 programa. Spomenuta matrica ne može mijenati boje kao što je to bio slučaj kod matrice za SPIKE Essential, no moguće

je pojedinačna postavka razine osvjetljenja za svaku LED diodu na matrici huba. Najveća prednost SPIKE Prime huba je ta što ima čak 6 priključaka za komponente, označene slovima od A do F, što omogućava izradu dosta složenijih robota nego što je to moguće sa SPIKE Essential setom.



Slika 8: SPIKE Prime hub (slika preuzeta iz [12]).

Senzor sile (za pritisak) omogućava programiranje robota koji reagira na dodir. Senzor može detektirati je li pritisnut ili otpušten te koja je jačina pritiska. Tipka senzora može registrirati lagani i jaki pritisak, a senzor detektira silu od najviše 10 N.



Slika 9: SPIKE Prime senzor sile (slika preuzeta iz [12]).

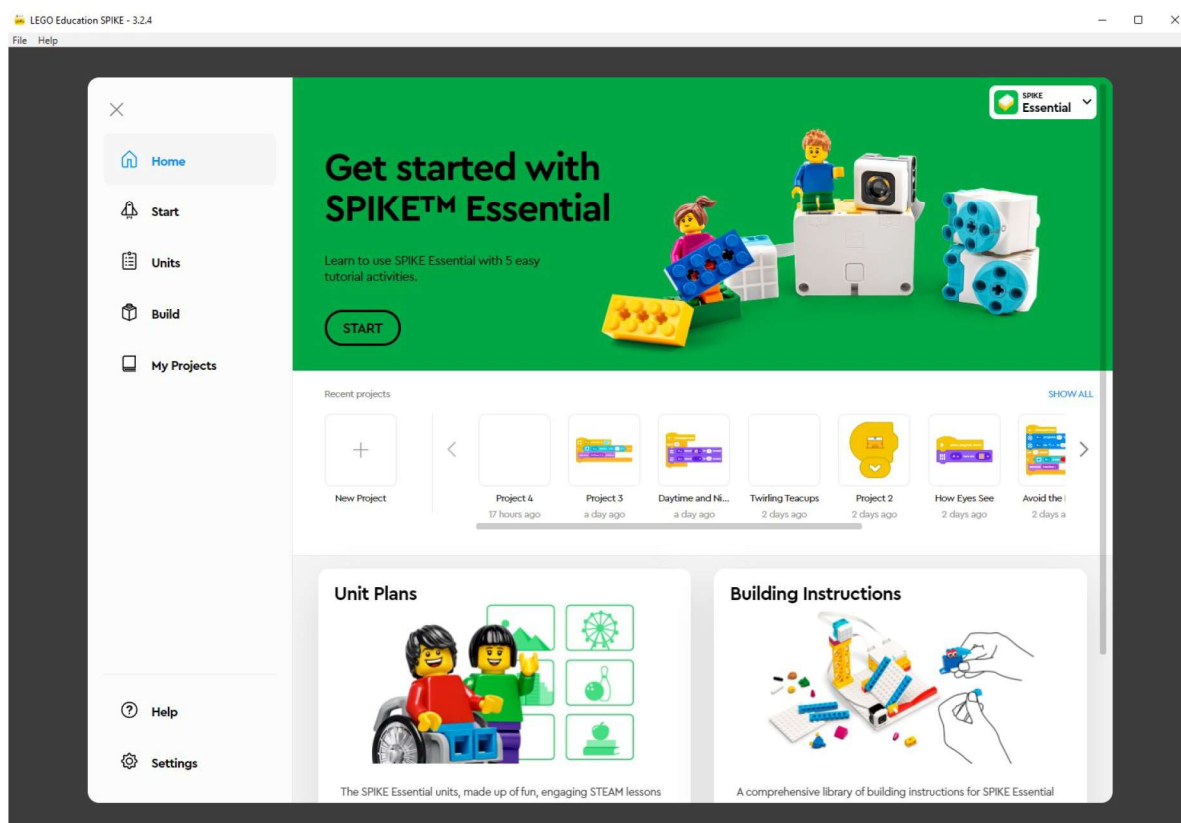
Posljednja elektronička komponenta, senzor za udaljenost, mjeri udaljenost objekta ili površine pomoću ultrazvuka. Senzor emitira ultrazvuk koji se odbija od objekta nazad prema senzoru, a najveća udaljenost na kojoj je moguće detektirati objekt iznosi 2 m.



Slika 10: SPIKE Prime senzor za udaljenost (slika preuzeta iz [12]).

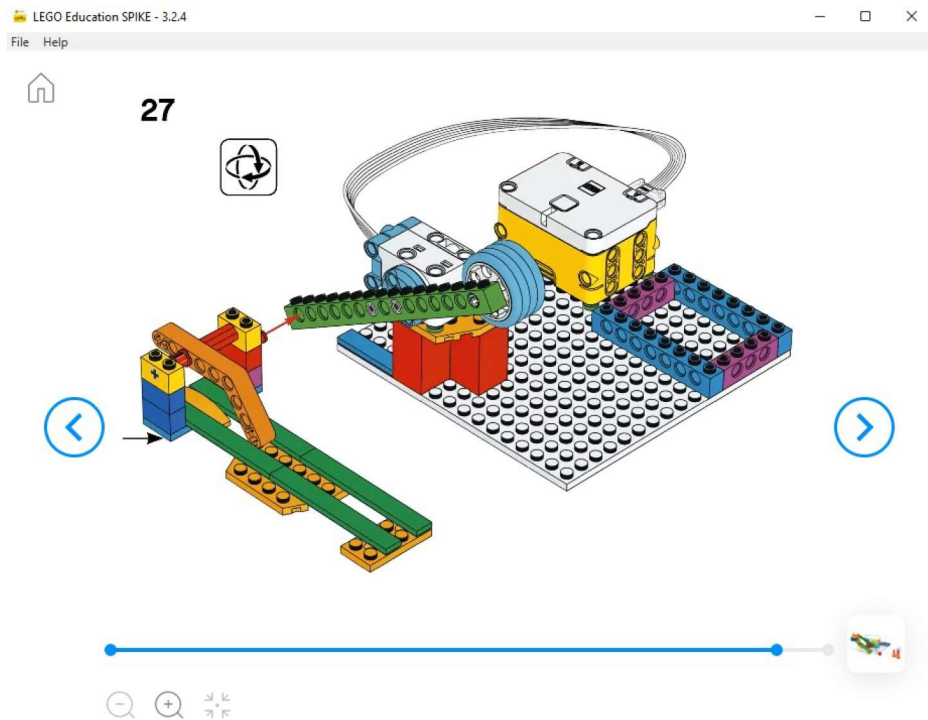
2.3 LEGO Education SPIKE aplikacija

LEGO Education SPIKE aplikacija je razvijena za blokovsko programiranje LEGO Education SPIKE Essential i Prime robota. Spomenutu aplikaciju možemo pokrenuti u internetskom pregledniku ili preuzeti na uređaje koji imaju Windows, macOS, iPadOS, Android ili ChromeOS operacijski sustav. Nakon pokretanja aplikacije se otvara sučelje koje traži od korisnika da odabere planira li izrađivati i programirati SPIKE Essential ili SPIKE Prime robote, no moguće je napraviti promjenu odabira u bilo kojem trenutku. Nakon odabira, otvara se početni zaslone u kojem je moguće otvoriti novi projekt, pokrenuti jednu od mnoštva lekcija ili pogledati upute za izgradnju robota koji su korišteni u spomenutim lekcijama. S lijeve strane početnog zaslona se nalazi vertikalna navigacijska traka pomoću koje možemo, uz već navedeno, pregledavati izrađene projekte, potražiti pojašnjenje što radi određena naredba, te promijeniti postavke poput jezika i prikaza obavijesti. Treba napomenuti da u ovome trenutku aplikacija nema podršku za hrvatski jezik.



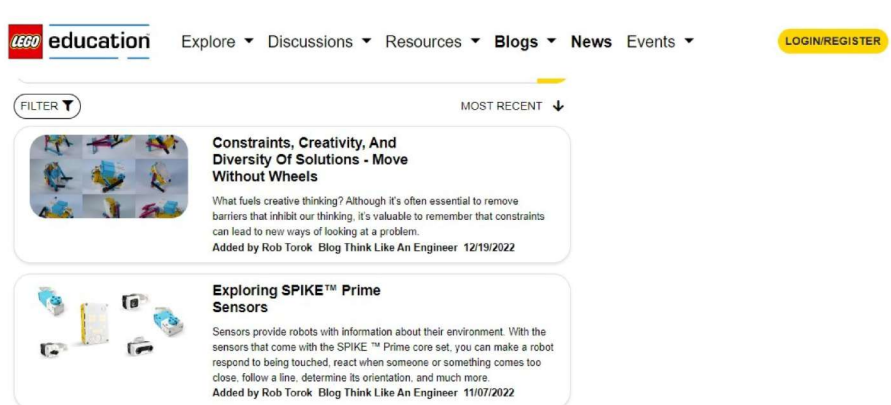
Slika 11: Početni zaslone LEGO Education SPIKE aplikacije.

Lekcije unutar aplikacije su podijeljene u tematske jedinice koje su prilagođene različitim uzrastima učenika i setu kojeg koristimo, a pokrivaju razne teme iz biologije, ekologije, fizike, inženjerstva, sporta i zdravlja (vidi [13]). Osim spomenutih tema, za oba seta postoji po jedna tematska jedinica koja služi kao priprema za FIRST LEGO League natjecanje. Svaka tematska jedinica je dodatno podijeljena na podjedinice u kojima se nalazi motivacijska priča, upute za sastavljanje robota i upute za slaganje naredbi s obzirom na robota i motivacijsku priču.



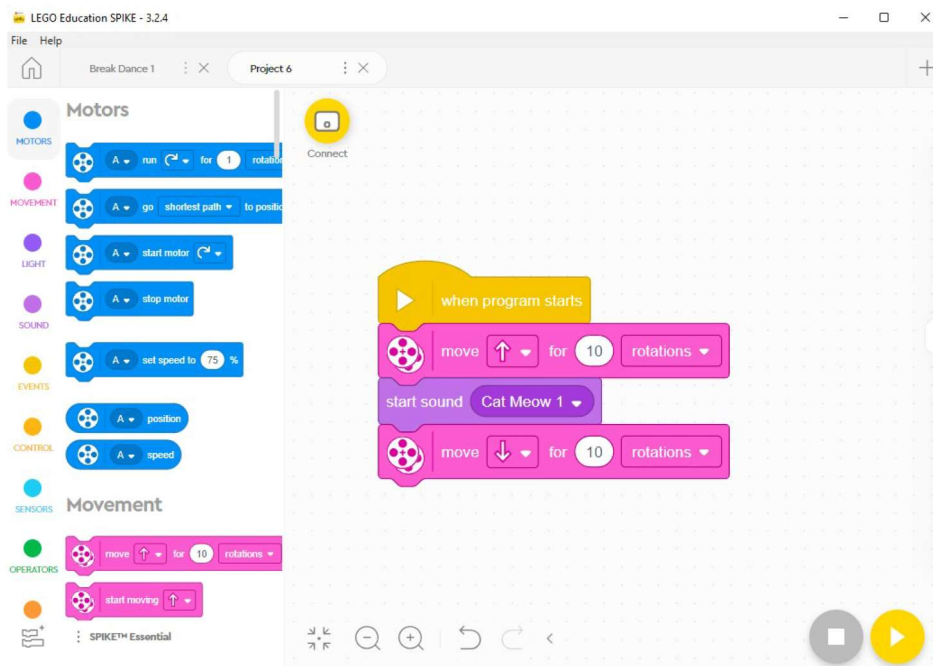
Slika 12: Upute za sastavljanje robota u LEGO Education SPIKE aplikaciji.

Razlika između prezentiranja SPIKE Essential i SPIKE Prime motivacijskih priča i uputa za programiranje je ta što se za SPIKE Essential motivacijske priče prikazuju kao prezentacije s pričom, a upute za programiranje prikazuju naredbu po naredbu, dok se za SPIKE Prime motivacijske priče prikazuju kao problemski zadaci u obliku videozapisa, a upute za programiranje su gotovi program koje je potrebno analizirati. Osim navednog, svaka podjedinica sadrži informaciju o tome koje će se vrste blokova koristiti prilikom programiranja, koliko je zahtjevna za provedbu, za koji uzrast učenika je namijenjena, predviđeno vrijeme trajanja aktivnosti, kao i prijedlog za učitelje kako izgraditi i izvesti podjedinicu u nastavi. Dodatno, treba spomenuti da osim lekcija unutar aplikacije postoje dodatne lekcije izrađene od strane LEGO zajednice, ali i dodatna uputstva te razne modifikacije za robote, a mogu se pronaći na službenoj LEGO Education mrežnoj stranici.



Slika 13: LEGO mrežna stranica s dodatnim sadržajima.

Stvaranje programa započinjemo kreiranjem novog projekta ili prolaskom kroz upute za izgradnju robota unutar lekcije, nakon čega se otvara uređivač u kojem ćemo programirati pomoću blokova. Glavni dijelove uređivača čine traka s blokovima i prostor za slaganje blokova. Samim time, uređivač je dosta sličan micro:bit i Scratch uređivačima po izgledu i funkcionalnosti, a ukoliko su učitelji i učenici upoznati sa spomenutim uređivačima, mogu se brzo prilagoditi radu u LEGO Education SPIKE aplikaciji.



Slika 14: Uređivač programa u LEGO Education SPIKE aplikaciji.

Uređivač omogućava korištenje dvije vrste blokova: blokove s ikonama i blokove s riječima. Blokovi s ikonama su osmišljeni za najmanje uzraste i početnike, dok su blokovi s riječima za starije učenike ili za učenike s više iskustva u programiranju pomoću blokova.



Slika 15: Blok s ikonom i blok s riječima.

Slaganjem jedne ili druge vrste blokova, koje se ne mogu upotrijebiti istovremeno, kreiramo program koji se automatski pohranjuje na računalo. Kreirane programe je moguće preimeno- vati i po volji premještat i u druge mape na računalo. Nakon što povežemo hub s aplikacijom i pokrenemo program, hub dobiva signal kojim se naredbe počinju izvršavati. Ukoliko se radi o SPIKE Prime hubu, pomoću uređivača možemo pohraniti program na hub i pokrenuti bez potrebe za vezom između huba i računala. Na kraju, treba napomenuti da je moguće isto- vremeno otvoriti više projekata unutar uređivača, no može se pokrenuti isključivo program unutar onog projekta koji je u tom trenutku prikazan na zaslonu.

2.4 Kategorije naredbi

Uređivač LEGO Education SPIKE aplikaciji prikazuje blokove s ikonama unutar horizontalne navigacijske trake, dok blokove s riječima prikazuje unutar vertikalne navigacijske trake. Ukoliko se prolazi kroz lekciju, tada će se prikazati samo oni blokovi koji su potrebni za završetak lekcije, a ukoliko se otvara novi projekt, bit će prikazane sve naredbe koje se mogu koristiti s odgovarajućim LEGO Education SPIKE setom. Blokovi su poredani u kategorije po bojama kako bi se olakšala navigacija među naredbama, ali i poboljšala preglednost programskog koda. U nastavku, navest ćemo sve kategorije naredbi za obje vrste blokova i pojasniti njihov sadržaj. Pri tome, nazive svih spomenutih kategorija i blokova ćemo prevesti na hrvatski jezik, a na slikama je moguće vidjeti englesku verziju istih.

2.4.1 Događaji

Blokovi kategorije Događaji su osnovne naredbe kojima započinje izvršavanje dijela ili cijelog programa. U kategoriji za blokove s ikonama se nalazi sedam blokova: *Pokreni*, *Senzor boje*, *Senzor sile*, *Senzor udaljenosti*, *Senzor nagiba*, *Primljena poruka* i *Poslana poruka*.



Slika 16: Blokovi s ikonama kategorije Događaji.

Blokovi povezani s blokom Pokreni će se pokrenuti kada se pokrene program, a blokovi povezani sa blokom Senzor boje, Senzor sile, Senzor udaljenosti ili Senzor nagiba onda kada odgovarajući senzor registrira postavljenu promjenu okruženja. Posljednja dva bloka, Primljena poruka i Poslana poruka, koristimo u paru kako bi se iz jednog niza blokova poslao signal drugom nizu blokova koji se potom pokreće. S druge strane, blokova s riječima ima trinaest, a daju veću kontrolu uvjeta za pokretanje programa.

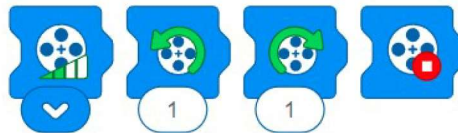


Slika 17: Blokovi s riječima kategorije Događaji.

Primjerice, pomoću bloka *Kada* možemo po volji postaviti uvjete kojima će se pokrenuti niz blokova. Osim toga, moguće je postaviti dodatne uvjete za pokretanje s obzirom na orijentaciju huba, kao i protresanje, tapkanje te slobodan pad. Na kraju treba spomenuti blok *Pošalji poruku i čekaj*, koji je sličan blokovima *Priljena poruka* i *Poslana poruka*, ali uz jednu bitnu razliku. Nakon što blok pošalje signal, pokretanje niza blokova koji slijede se odgađa sve dok se ne pokrenu svi odgovarajući *Kada primim poruku* blokovi.

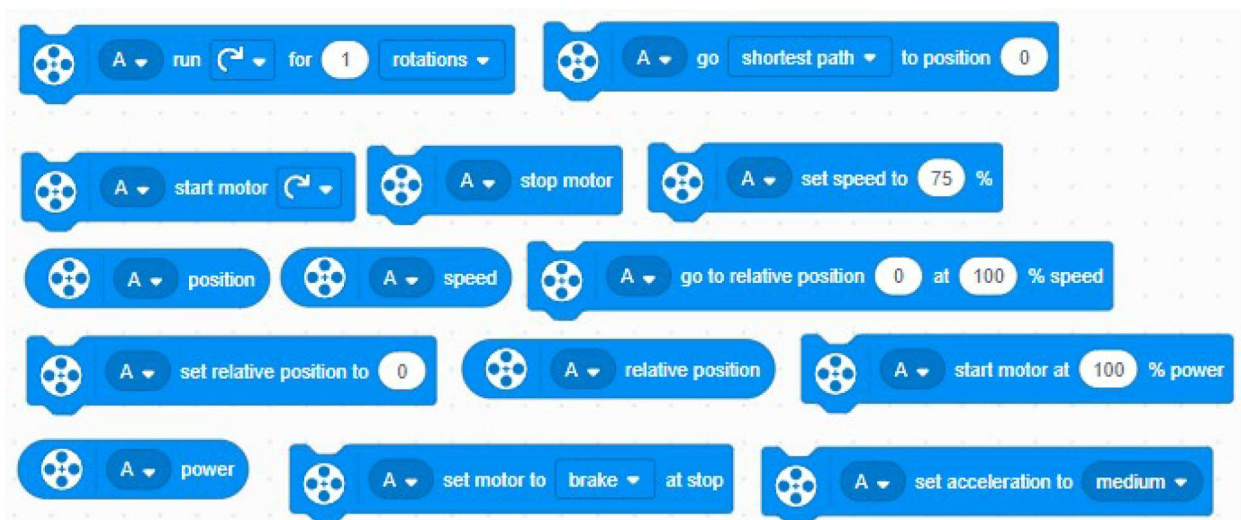
2.4.2 Motori

Blokovima kategorije *Motori* upravljamo svim motorima koji su spojeni na LEGO hub, tj. mijenjamo brzinu, broj okretaja i smjer okretanja motora. U kategoriji s ikonama se nalaze četiri bloka: *Brzina motora*, *Pokreni motor suprotno od kretanja kazaljke na satu*, *Pokreni motor u smjeru kretanja kazaljke na satu* i *Zaustavi motor*.



Slika 18: Blokovi s ikonama kategorije *Motori*.

Brzina motora se može postaviti na 15%, 40%, 70% ili 100%, a broj okretaja definiramo s korakom od 0.25 okretaja. Postavljeni blok s ikonama iz ove kategorije se odnosi na sve spojene motore, tj. nije moguća pojedinačna dodjela bloka. Blokova s riječima ove kategorije uz dodatnu potkategoriju *Više Motora* ima ukupno četrnaest, a omogućavaju pojedinačnu i precizniju kontrolu motora koji su spojeni na hub.



Slika 19: Blokovi s riječima kategorije *Motori*.

Primjerice, moguće je pojedinačno postaviti proizvoljnu brzinu motora u rasponu od -100% do 100% , pri čemu negativne vrijednosti odgovaraju smjeru vrtnje motora koji je suprotan odabranom smjeru. Osim toga, moguće je postaviti ubrzanje i snagu motora te načina

kočenja, što kod blokova s ikonama nije moguće. Od dodatnih funkcionalnosti, treba istaknuti blokove *Pozicija motora* i *Brzina motora*, koji vraćaju vrijednost apsolutne pozicije, tj. brzine motora.

2.4.3 Svjetla

Pomoću kategorije Svjetla upravljamo sa SPIKE Essential i SPIKE Prime matricama sa svjetlima. U ovoj kategoriji se za blokove s ikonama nalaze po dva bloka za svaki set: 3×3 svjetlo, *Nasumično 3×3 svjetlo*, 5×5 svjetlo i *Nasumično 5×5 svjetlo*.



Slika 20: Blokovi s ikonama kategorije Svjetla.

Blokovima ove kategorije je moguće pojedinačno uključiti po volji ili nasumično odabrane LED diode na matrici te postaviti boju, odnosno razinu svjetline uključene diode. Što se tiče blokova s riječima, ima ih ukupno sedamnaest kada se pobroje svi blokovi za oba seta.

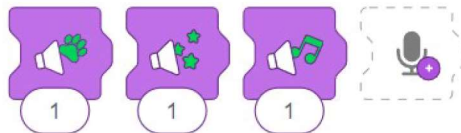


Slika 21: Blokovi s riječima kategorije Svjetla.

Blokovima s riječima daje veću kontrolu matricama sa svjetlima, pa tako možemo mijenjati jakost osvjetljenja pojedine LED diode i stanje pojedine diode u postavljenim vremenskim intervalima. Dodatno, treba naglasiti da SPIKE Prime set ima mogućnost ispisa proizvoljnog teksta pomoću bloka *Ispis na matrici sa svjetlima*, promjene orijentacije prikazanog na matrici pomoću blokova *Rotiraj orijentaciju 5×5 matrice* i *Postavi orijentaciju 5×5 matrice* te pojedinačnog uključivanja jedne od četiri LED diode senzora za udaljenost pomoću naredbe *Osvijetli senzor za udaljenost*.

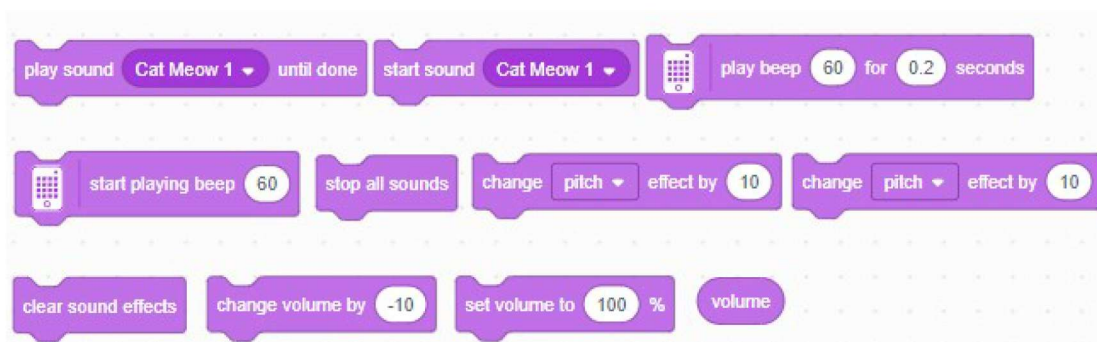
2.4.4 Zvuk i Glazba

Blokovima kategorije Zvuk reproduciramo razne zvukove unutar programa. U kategoriji blokova s ikonama se nalaze četiri bloka: *Zvuk životinje*, *Zvučni efekt*, *Glazba* i *Snimaj zvuk*.



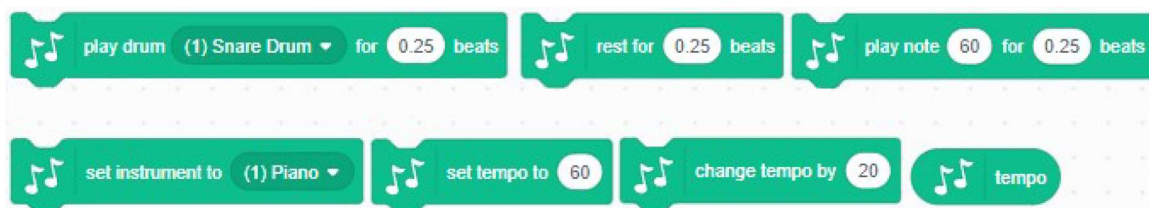
Slika 22: Blokovi s ikonama kategorije Zvuk.

Svaki od prvih tri bloka raspolaže s 8 zadanih zvučnih zapisa koji mogu biti po volji ili nasumično odabrani, no ukoliko to nije dovoljno, pomoću bloka Snimaj zvuk stvaramo vlastiti zvučni zapis putem mikrofona na računalu. Nakon snimanja zvuka dobivamo novi blok koji predstavlja snimljeni zvučni zapis, a kojeg možemo slagati s drugim blokovima. Treba napomenuti da se zvukovi ovih blokova mogu reproducirati isključivo na računalu. Što se tiče blokova s riječima, ova kategorija sadrži najviše jedanaest blokova s dodatnim mogućnostima.



Slika 23: Blokovi s riječima kategorije Zvuk.

Ovi blokovi uključuju dodatne mogućnosti poput promjene visine tona, zaustavljanja zvuka, promjene glasnoće zvuka, a ukoliko se radi o programu za SPIKE Prime, blokovima za zvučni signal (*Beep*) zadajemo izvođenje raznih tonova putem zvučnika huba. Uz ovu kategoriju, postoji i kategorija Glazba, no dostupna je samo u obliku blokova s riječima. Ova kategorija sadrži sedam blokova: *Bubnjaj*, *Preskoči*, *Sviraj ton*, *Postavi instrument*, *Postavi tempo*, *Promijeni tempo* i *Tempo*.

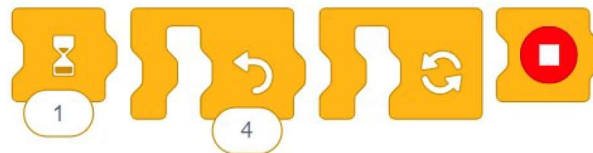


Slika 24: Blokovi s riječima kategorije Glazba.

Blokovima kategorije Glazba stvaramo vlastiti glazbeni zapis pomoću dostupnih glazbenih instrumenata poput bubnjeva, klavira, gitare i slično. Uz navedeno, moguće je mijenjati takt i tempo glazbenih tonova te duljinu trajanja pojedinog tona.

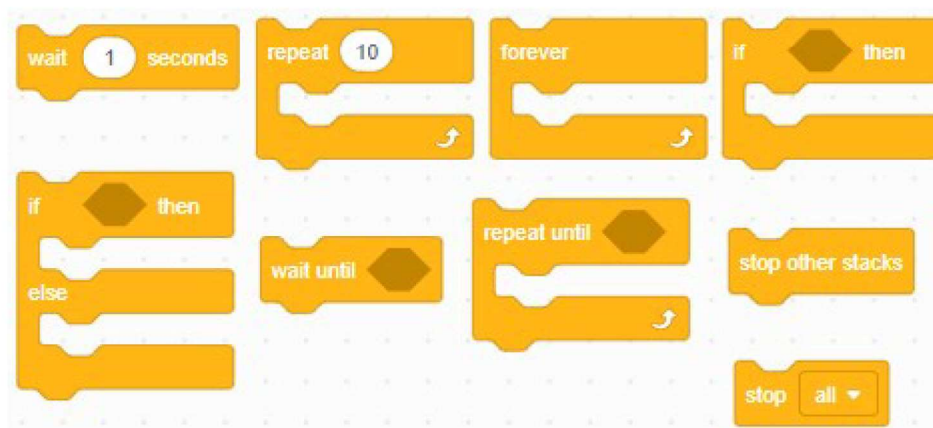
2.4.5 Upravljanje

Blokovima ove kategorije možemo upravljati tijekom izvršavanja programa. Kategorija s ikonama se sastoji od četiri bloka: *Čekaj*, *Ponovi*, *Ponavljaj* i *Zaustavi*.



Slika 25: Blokovi s ikonama kategorije Upravljanje.

Pomoću spomenutih blokova možemo na trenutak zaustaviti izvođenje programa, ponavljati naredbe u programu proizvoljan broj puta ili zaustaviti program u određenom trenutku. Ipak, nedostaju naredbe grananja, no zato se one nalaze među devet blokova s riječima.



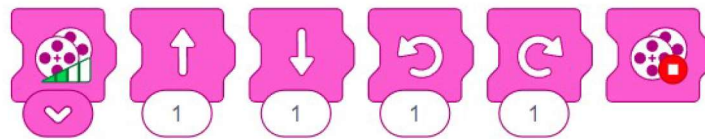
Slika 26: Blokovi s riječima kategorije Upravljanje.

Blokovima *Ako onda* i *Ako onda inače*, koji predstavljaju naredbe grananja, možemo postaviti proizvoljan uvjet o čijem ispunjavanju ovisi izvođenje drugih dijelova programa. Osim toga, pomoću blokova *Zaustavi druge nizove* i *Zaustavi* možemo prilagoditi koji dio programa želimo zaustavi u određenom trenutku. Na kraju, pomoću dodatnog bloka *Ponavljaj dok*, kojeg nema među blokovima s ikonama, možemo postaviti uvjet kojim ćemo zaustaviti nizove blokova koji se nalaze unutar ovog bloka.

2.4.6 Kretanje

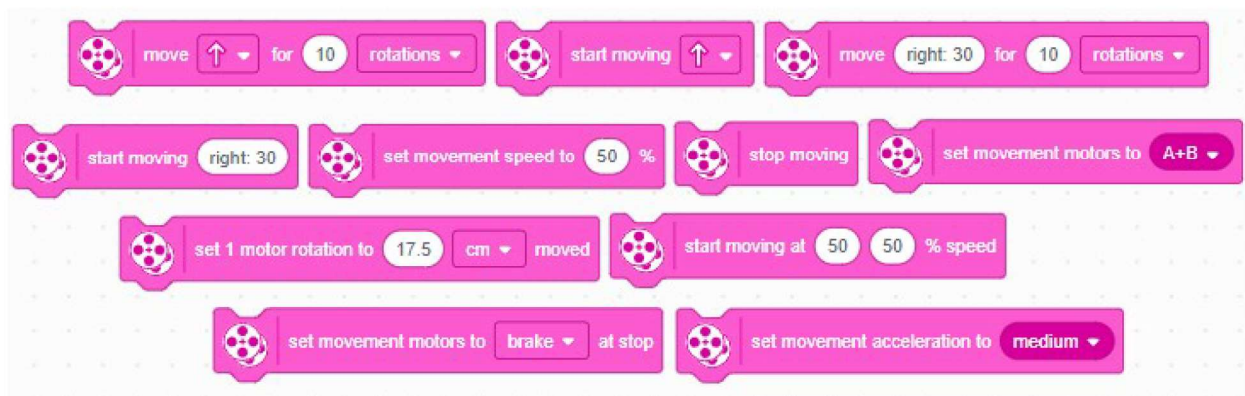
Blokovima kategorije Kretanje upravljamo tzv. voznom osnovom (eng. driving base) LEGO Education SPIKE robota koja predstavlja dva identična motora koji su istovremeno spojeni na hub. Naredbe ove kategorije sinkroniziraju rad dva motora, pa robota možemo programirati tako da se kreće poput vozila, a u kombinaciji sa senzorima može izbjegavati

objekte, pratiti crte određene boje i slično. Ova kategorija blokova s ikonama sadrži šest blokova: *Brzina kretanja*, *Kreni naprijed*, *Kreni unatrag*, *Skreni u smjeru suprotnom od kretanja kazaljke na satu*, *Skreni u smjeru kretanja kazaljke na satu* i *Zaustavi kretanje*.



Slika 27: Blokovi s ikonama kategorije Kretanje.

Potrebno je naglasiti da unos broja n u polje za unos blokova za skretanje odgovara rotaciji vozne osnove $n \cdot 90^\circ$ stupnjeva u odabranom smjeru, pri čemu se u obzir uzima zadana širina vozne osnove robota koji se nalazi među lekcijama aplikacije. Dodatne mogućnosti možemo koristiti slaganjem blokova s riječima, kojih uz potkategoriju *Više Kretnji* ima ukupno jedanaest.



Slika 28: Blokovi s riječima kategorije Kretanje.

Kao i kod blokova kategorije Motori, moguće je postaviti proizvoljnu brzinu vozne osnove, ubrzanje i način kočenja. Od dodatnih funkcionalnosti potrebno je istaknuti kako je moguće odabrati kombinaciju motora koji čine voznu osnovu. Osim toga, moguće je zadati širinu vozne osnove čime se ažuriraju ostale naredbe unutar ove kategorije.

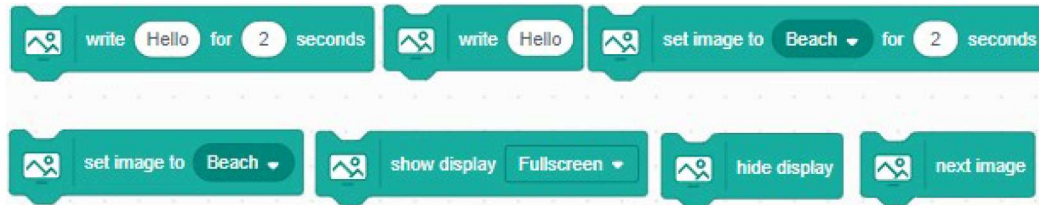
2.4.7 Prikaz

Blokovima kategorije Prikaz možemo prikazati proizvoljan tekst ili neku od zadanih slika na računalu. Ova kategorija sadrži tri bloka s ikonama: *Prikaži tekst*, *Prikaži sliku* i *Prikaz preko cijelog zaslona*.



Slika 29: Blokovi s ikonama kategorije Prikaz.

Tekst i sliku je moguće prikazati u manjem prozoru ili preko cijelog zaslona, što možemo promijeniti postavljanjem bloka za prikaz preko cijelog zaslona ili pritiskom na ikonu za povećanje na zaslonu računala. Što se tiče blokova s riječima, ova kategorija sadrži sedam blokova koji se vrlo malo razlikuju od blokova s ikonama.



Slika 30: Blokovi s riječima kategorije Prikaz.

Blokovi s riječima kao dodatnu mogućnost imaju prikaz određene slike i teksta u proizvoljno postavljenim vremenskim intervalima, no tada će se sljedeći blokovi u nizu pokrenuti tek nakon isteka postavljenog vremena.

2.4.8 Stupčasti Grafikon i Linijski Grafikon

Blokovima kategorije Stupčasti Grafikon upravljamo prikazom stupčastog grafikona koji se sastoji od 6 stupaca. U kategoriji se nalaze tri bloka: *Dodaj 1 stupčastom grafikonu*, *Očisti stupčasti grafikon* i *Stupčasti grafikon na cijelom zaslonu*.



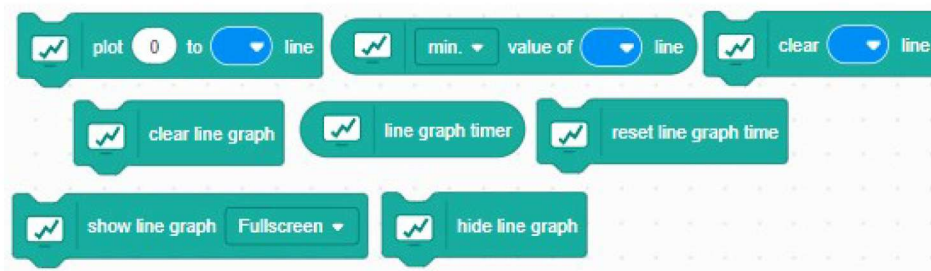
Slika 31: Blokovi s ikonama kategorije Stupčasti Grafikon.

Prvi blok mijenja visinu stupca one boje koja odgovara odabranoj boji unutar bloka, drugi blok poništava sve promjene stupčastog grafikona, a treći omogućava prikaz grafikona u manjem prozoru ili preko cijelog zaslona. Kategorija blokova s riječima se sastoji od šest blokova.



Slika 32: Blokovi s riječima kategorije Stupčasti Grafikon.

Funkcionalnost blokova s riječima je gotovo ista kao i kod blokova s ikonama, s tim da je pomoću blokova s riječima moguće postaviti proizvoljnu visinu stupca u svakom trenutku. Osim kategorije Stupčasti Grafikon, za blokove s riječima postoji kategorija Linijski Grafikon, koja sadrži osam blokova za prikaz podataka pomoću linijskog grafikona.

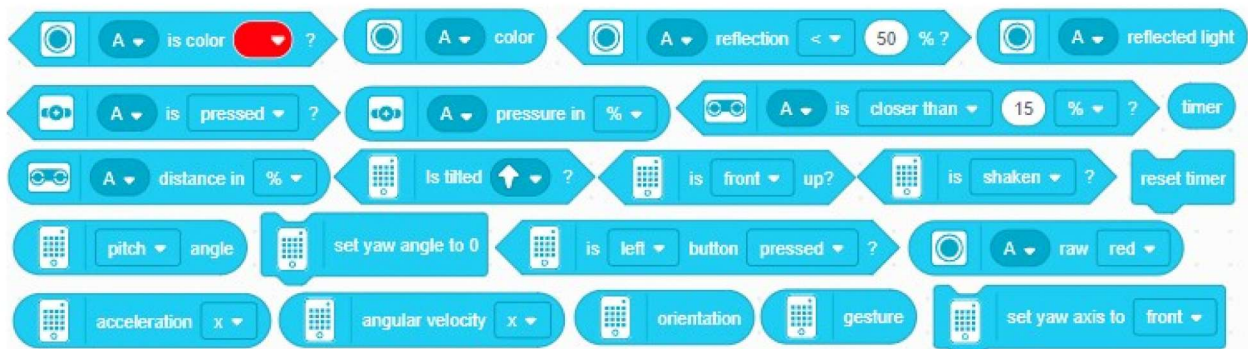


Slika 33: Blokovi s riječima kategorije Linijski Grafikon.

Ova kategorija ima slične mogućnosti kao i blokovi kategorije Stupčasti Grafikon. Potrebno je istaknuti dva bloka: *Vrijednost linije* i *Mjerač vremena stupčastog grafikona*. Prvim blokom možemo dohvatiti ekstreme, aritmetičku sredinu i posljednju vrijednost linijskog grafikona, dok pomoću drugog bloka dohvaćamo vrijednost proteklog vremena od početka prikazivanja linijskog grafikona.

2.4.9 Senzori

Blokovi kategorije Senzori su dostupni isključivo kao blokovi s riječima, a koristimo ih kada trebamo povratnu informaciju o promjenama koje detektira senzor. Uz dodatne blokove iz potkategorije *Više Senzora*, ova kategorija sadrži čak dvadeset dva bloka.

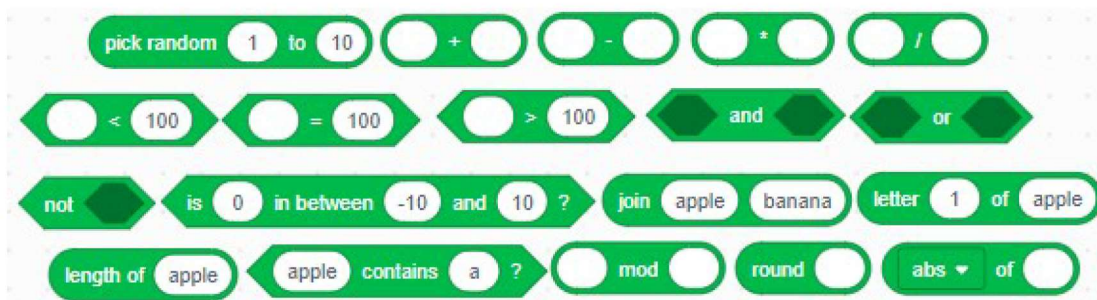


Slika 34: Blokovi s riječima kategorije Senzori.

Pomoću ovih naredbi možemo postaviti uvjete grananja unutar programskog koda. Primjerice, pomoću bloka *Je li pritisnut?* provjeravamo ispunjava li senzor sile traženi uvjet kako bi se pokrenuli drugi blokovi unutar programa. Na isti način možemo postavljati i provjeravati uvjete za sve ostale senzore. Osim provjere uvjeta, moguće je drugom bloku u programu prosljediti povratnu informaciju o stanju korištenog senzora. Primjer jednog takvog bloka je *Orijentacija huba* kojim dohvaćamo i prosljeđujemo drugom bloku informaciju o trenutnoj orijentaciji huba.

2.4.10 Operacije

Kategorija Operacije također sadrži isključivo blokove s riječima, sastoji se od devetnaest blokova koji predstavljaju naredbe koje susrećemo u standardnim programskim jezicima.



Slika 35: Blokovi s riječima kategorije Operacije.

U ovome slučaju, blokovi predstavljaju naredbe uvjeta grananja, matematičkih operacija sa numeričim vrijednostima, Booleovu algebru i naredbe za rad s listama. Primjerice, pomoću ovih blokova možemo vraćati rezultat zbrajanja, oduzimanja, množenja te dijeljenja, uspoređivati i zaokruživati brojeve, provjeravati iskazane uvjete u odnosu na negaciju, konjunkciju te disjunkciju, ali i dohvaćati elemente liste, pozicije elemenata liste te duljinu liste.

2.4.11 Vrijeme

Za blokove s riječima postoji kategorija Vrijeme, koja sadrži dvanaest blokova, a koristimo ju za dohvaćanje podataka o vremenskoj prognozi u rasponu od 240 h u odnosu na trenutno vrijeme.



Slika 36: Blokovi s riječima kategorije Vrijeme.

Spomenutim blokovima možemo dohvatiti razne meteorološke podatke poput temperature, brzine vjetera, količine oborina i atmosferskog tlaka. Spomenute parametre možemo prosljeđiti drugim blokovima u programu te dohvatiti vremensku prognozu za u okviru spomenutih 240 sati. Treba napomenuti da se blokovi temelje na unaprijed složenim vremenskim prognozama, tj. u slučaju čestih promjena meteoroloških uvjeta, dohvaćene vrijednosti se mogu razlikovati.

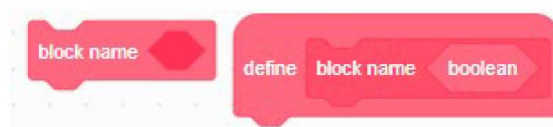
2.4.12 Varijable i Moji Blokovi

Posljednje dvije kategorije blokova su Varijable i Moji Blokovi, a dostupne su isključivo kao blokovi s riječima. Pomoću kategorije Varijable kreiramo varijable i liste unutar programa. Kreiranjem varijable se pojavljuju tri bloka, a kreacijom liste deset blokova.



Slika 37: Blokovi s riječima kategorije Varijable.

Pomoću tri bloka za kreiranu varijablu možemo dohvatiti, postaviti i mijenjati vrijednosti te varijable. Za listu, dostupnim blokovima dodajemo i uklanjamo elemente liste, dohvaćamo poziciju elementa i elemente na određenoj poziciji liste, provjeravamo sadrži li lista određeni element i dohvaćamo duljinu liste. Na kraju, preostala je mogućnost izrade vlastitog bloka koji može imati tekst, broj ili Booleov unos. Dodjelom naziva bloka i vrste unosa, stvaraju se dva bloka, *Moj blok* i *Definiraj blok*, koje koristimo u paru unutar programa.



Slika 38: Blokovi s riječima kategorije Moji Blokovi.

Nakon što se unutar programa pokrene Moj blok, informacija se šalje stvorenom bloku, a nakon toga se pokreće grupa blokova koji su spojeni na stvoreni blok.

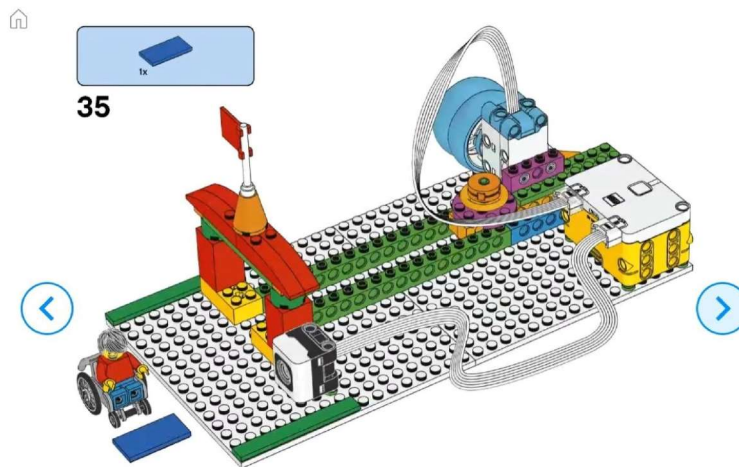
2.5 Primjeri programa u LEGO Education SPIKE aplikaciji

Kao što smo prethodno spomenuli, unutar LEGO Education SPIKE aplikacije postoje tematske jedinice koje sadrže upute za slaganje i programiranje mnoštva različitih robota. U sljedećih nekoliko odabranih tematskih podjedinica, prikazat ćemo izradu i programiranje LEGO Education Spike robota.

2.5.1 Primjer 1 - Snack Stand

Unutar SPIKE Essential tematske jedinice *Amusement Park*, koja je namijenjena učenicima prvog i drugog razreda osnovne škole, možemo pronaći 7 podjedinica, među kojima se nalazi podjedinica *Snack Stand*. Potrebno je izraditi automatizirani štand za sendviče koji će koristiti senzor za raspoznavanje boja kao signal za pokretanje štanda i jedan mali motor koji će poslužiti sendvič. Ovaj robot se konstruira u 35 koraka, a proces možemo podijeliti u nekoliko faza. Prvo konstruiramo podlogu na koju se polaže hub i staza za postolje sendviča. Nakon toga, slijede konstrukcije postolja i vodilice, pri čemu ulogu vodilice ima mali motor na kojeg su spojena dva kotača. Po završetku konstrukcije, postolje i vodilica se međusobno spajaju, a potom povezuju s hubom i postavljaju na podlogu. U predzadnjem koraku, na

podlogu postavljamo senzor za raspoznavanje boja i priključujemo na hub. Konačno, ispred senzora za raspoznavanje boja postavljamo LEGO figuru i kocku plave boje.



Slika 39: Robot za podjedinicu Snack Stand.

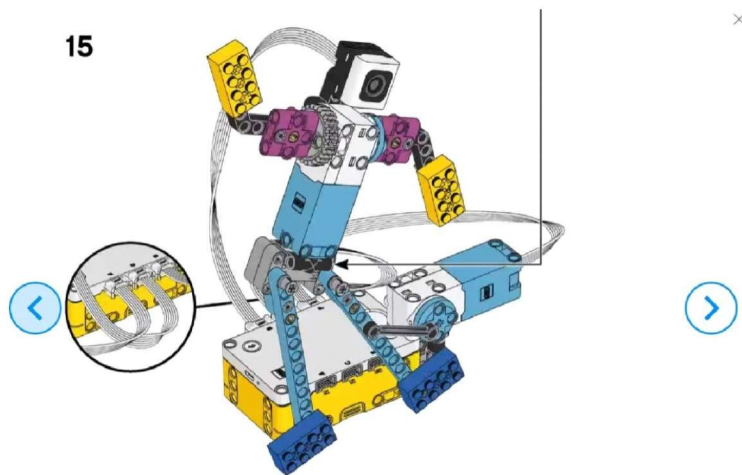
Po završetku izrade robota slijedi stvaranje programa pomoću blokova s ikonama. Senzor treba postaviti na registriranje objekta plave boje, a nakon registriranja, napraviti jedan okretaj motora u smjeru kretanja kazaljke na satu. Pri tome, potrebno je postaviti i promjenu stupca plave boje na stupčastom grafikonu. Nakon toga, dobivamo poruku da unaprijedimo štand po svojoj volji. Jedna od mogućih modifikacija je postavljanje blokova koji će prilikom registriranja objekta crvene boje promijeniti stupac crvene boje na stupčastom grafikonu, te pokrenuti motor u suprotnom smjeru od smjera kretanja kazaljke na satu kako bi se štand vratio na početak.



Slika 40: Program za podjedinicu Snack Stand.

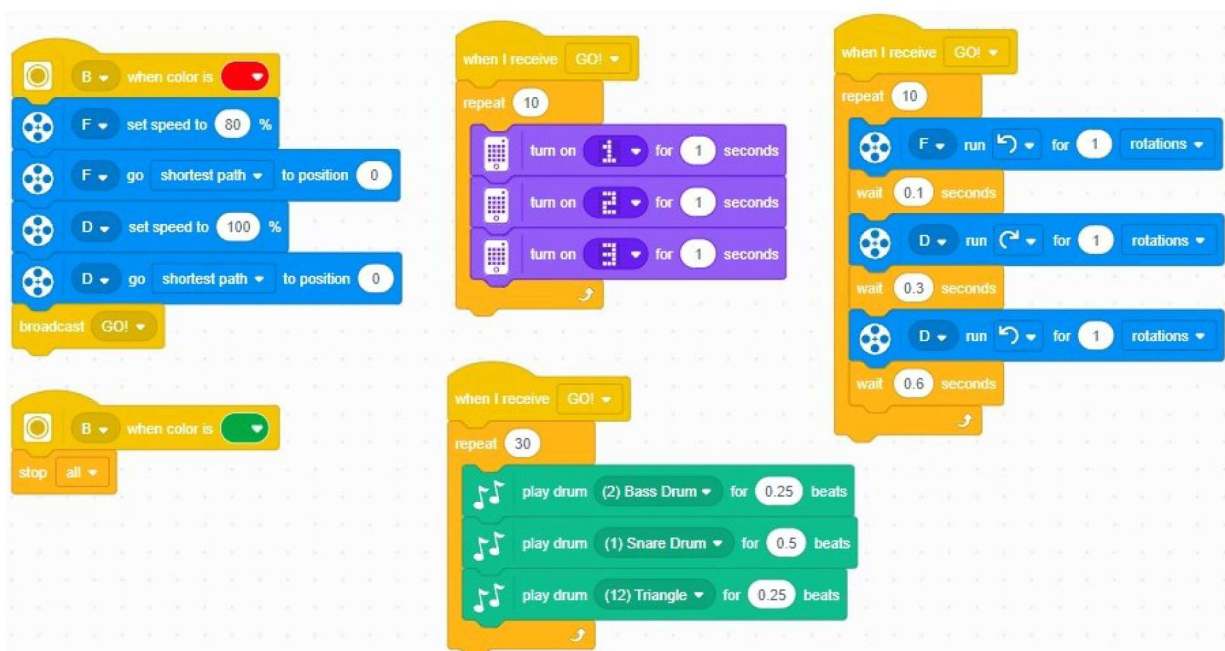
2.5.2 Primjer 2 - Break Dance

Unutar SPIKE Prime tematske jedinice *Life Hacks*, koja je namijenjena učenicima od šestog do osmog razreda osnovne škole, također možemo pronaći 7 podjedinica, među kojima se nalazi podjedinica *Break Dance*. Potrebno je izraditi robota koji će plesati u ritmu po volji odabranog zvučnog zapisa. Ovaj robot se konstruira u 33 koraka, a proces je podijeljen u dva dijela. Najprije, trebamo konstruirati noge robota, za što je potrebno 18 koraka. Na hub se spajaju LEGO kocke i motor srednje veličine koji će pokretati noge. Nakon toga, slijedi konstrukcije ostatka tijela robota u 13 koraka, pri čemu je torzo robota drugi motor srednje veličine koji pokreće ruke, a glava senzora za raspoznavanje boja. Na kraju, spajanjem prethodnih konstrukcija dobivamo traženog robota.



Slika 41: Robot za podjedinicu Break Dance.

Nakon izrade robota, aplikacija prikazuje osnovni kod kojeg je potrebno modificirati. Robot treba plesati tako da prati promjenu brojeva koji se prikazuju na LED matrici na SPIKE Prime hubu. Osim toga, potrebno je dodati barem dva glazbena tona tako da budu u ritmu plesa robota. S obzirom na to da robot ima priključen senzor za raspoznavanje boja, možemo dodati modifikaciju da se robot pokreće i zaustavlja s obzirom na detekciju objekta određene boje. U ovom slučaju, odabrane su crvena i zelena boja.

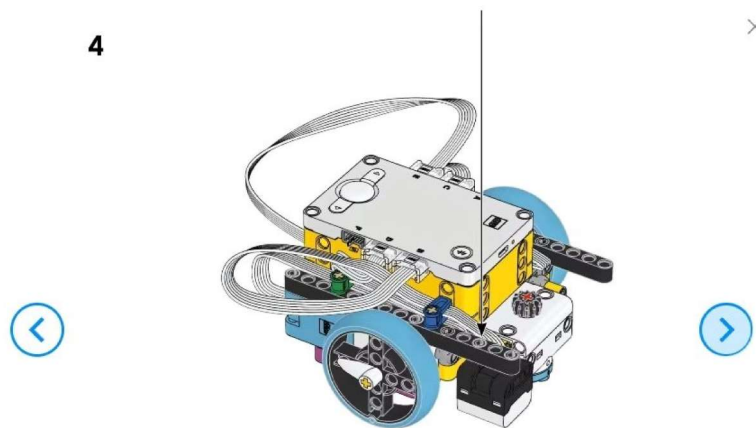


Slika 42: Program za podjedinicu Break Dance.

2.5.3 Primjer 3 - Training Camp 3: Reacting to Lines

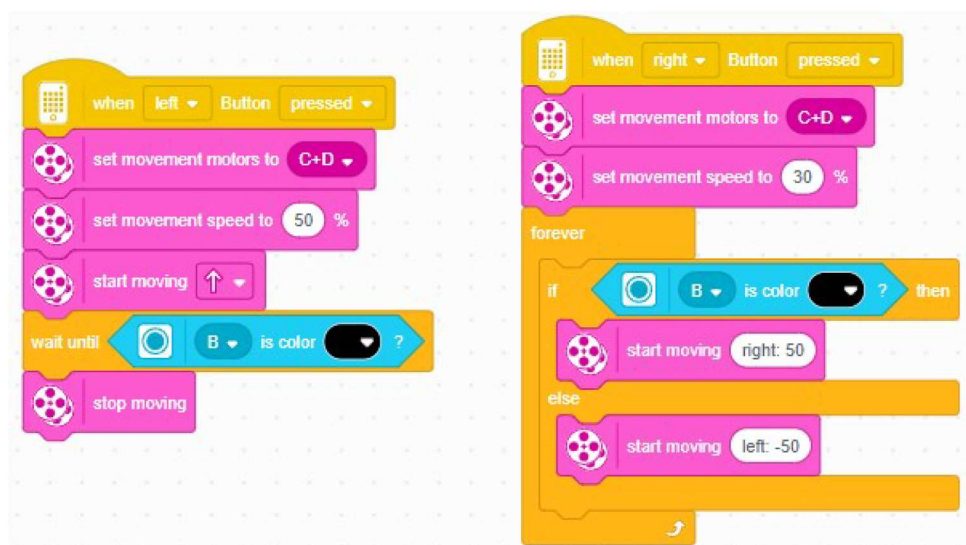
Unutar SPIKE Prime tematske jedinice Competition Ready, koja je namijenjena učenicima od šestog do osmog razreda osnovne škole, osmišljena je kao vježba za FIRST LEGO

League natjecanje. Sastoji se od 8 podjedinica, među kojima se nalazi podjedinica Training Camp 3: Reacting to Lines. Potrebno je izraditi robota s voznom osnovom i senzorom za raspoznavanje boja koji će pratiti liniju crne boje. Ovaj robot se konstruira u 38 koraka, a proces je podijeljen u dva dijela. Najprije, trebamo konstruirati voznu osnovu robota u 34 koraka. Voznu osnovu čine dva motora srednje veličine s okvirima koji su spojeni na hub. Nakon toga, u samo 4 koraka, senzor za raspoznavanje boja povezujemo s voznom osnovom čime je konstruiran traženi robot.



Slika 43: Robot za podjedinicu Training Camp 3: Reacting to Lines.

Treba napomenuti da se u voznu osnovu spaja i veliki motor, no za ovu podjedinicu nije planirana njegova uporaba. Nakon izrade robota, aplikacija prikazuje osnovni kod kojeg je potrebno optimizirati kako bi robot brže odvozio po volji formiranoj stazi za utrivanje. Pritiskom na desnu tipku huba pokrećemo blokove za praćenje crne linije. Pritiskom na lijevu tipku huba pokrećemo blokove koji pokreću, a zatim zaustavljaju robota u trenutku kada senzor za raspoznavanje boja registriira crnu liniju na putu.



Slika 44: Program za podjedinicu Training Camp 3: Reacting to Lines.

3 FIRST LEGO League natjecanje

FIRST LEGO League natjecanje nastaje 1998. godine u suradnji udruge FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology) i tvrtke LEGO, a danas se održava u preko 80 država svijeta. U Hrvatskoj je natjecanje prvi puta održano 2017. godine, a organizira ga Hrvatski robotički savez u suradnji s partnerima Zavod Super Glavce iz Slovenije. FIRST LEGO League natjecanje spaja učenje i zabavu s namjerom da učenicima približi znanost i tehnologiju, a ponajviše STEM područje znanosti. Samim time, natjecatelji razvijaju vještine rješavanja problema kroz međunarodni program robotike koji će ih pripremiti za rješavanje problema u poslovnim i životnim situacijama. Osim toga, FIRST LEGO League inspirira natjecatelje da istražuju, grade i eksperimentiraju čime dobivaju novo iskustvo u stvaranju originalnih ideja i savladavanju prepreka (vidi [9]). Ono što razlikuje FIRST LEGO League natjecanje od drugih programa ove vrste jest to što je poseban naglasak stavljen na šest temeljnih vrijednosti:

- Timski rad - Jači smo kad radimo zajedno.
- Uključivost - Poštujemo jedni druge i prihvaćamo međusobne razlike.
- Utjecaj - Primjenjujemo ono što smo naučili kako bismo unaprijedili naš svijet.
- Zabava - Uživamo u svom radu i slavimo svoja postignuća.
- Otkriće - Istražujemo nove vještine i ideje.
- Inovativnost - Probleme rješavamo uz pomoć kreativnosti i upornosti.

Kroz temeljne vrijednosti se promiče tzv. *blagotvorni profesionalizam*, a predstavlja način rada koji podržava visoku razinu kvalitete, a koji uključuje vrijednosti drugih ljudi te poštuje individualnost i zajednicu. Osim toga, njeguje se *načelo suradnje* koje izražava kako je učenje vrijednije od pobjeđivanja, pa se potiče međusobno pomaganje ekipa čak i kada se natječu. Što se tiče samog natjecanja, ono se (prema [10]) dijeli po uzrastima u tri kategorije:

- FIRST LEGO League Discover (za uzrast između 4 i 6 godina),
- FIRST LEGO League Explore (za uzrast između 6 i 10 godina) i
- FIRST LEGO League Challenge (za uzrast između 9 i 16 godina).

U ovisnosti o kategoriji, natjecatelji trebaju imati na raspolaganju LEGO Education SPIKE Essential ili Prime set, no dozvoljena je uporaba i drugih nemodificiranih LEGO setova. Ukoliko se radi o Explore i Challenge kategorijama, ekipe kreiraju programe za robote koje će koristiti na natjecanju, dok je za Discover kategoriju izrađen poseban Discover Set koji ne uključuje programiranje. Osnovni princip natjecanja je isti za svaku kategoriju. Najprije, FIRST LEGO League organizatori odabiru temu za sezonu natjecanja koja je uglavnom vezana uz aktualne svjetske probleme i izazove. Nakon toga, ekipe dobivaju zadatak vezan uz

temu u obliku inženjerske bilježnice i vodiča za sastanke te polja za slaganje modela s pripadnim LEGO setovima koji prate zadanu temu. U inženjerskim bilježnicama se nalazi nekoliko radionica kojima se prolazi kroz dijelove zadatka, pri čemu ekipe sastavljaju dobiveni LEGO set i postavljaju ga na polje. Što se tiče vodiča za sastanke, on je namijenjen mentorima ekipe, pa stoga sadrži popis potrebnih materijala za natjecanje, općenite savjete o pripremi natjecatelja za mentore, upute za izvođenje radionica i drugo. Više informacija o spomenutim radionicama, LEGO setovima, uputama i potrebnim materijalima za natjecanje može se pronaći u [5] i [7]. Natjecanja za FIRST LEGO League Discover i Explore su lokalnog karaktera te su cjeline dizajnirane za tzv. završne smotre u školi, gradu i manjim regijama. Na završnim smotrama, koje imaju nenatjecateljski karakter, prezentiraju se postignuća i cjelogodišnji rad svake ekipe. Naglasak ovih smotri je na dijeljenju iskustva i znanja između vršnjaka kao i usvajanje FIRST LEGO League temeljnih vrijednosti.

FIRST LEGO League Challenge je natjecanje u punom smislu, te se svake godine održavaju državna, regionalna i svjetska natjecanja. Izazov se objavljuje u kolovozu svake godine, a do kraja rujna se trebaju prijaviti sve ekipe, s barem 3 člana i najviše 10 članova, koje žele sudjelovati u izazovu. Svaku ekipu, kao i za druge kategorije, vodi odrasla osoba, tj. mentor. Uloga mentora je usmjeravanje ekipe kroz sadržaj radionice, ali i da motiviranje na istraživanje i kreativnost u skladu s postavljenim temeljnim vrijednostima. Dodatno, potiče se raspodjela uloga unutar ekipe, pa tako svaka ekipa treba imati vođu, graditelja modela, LEGO tragača, programera i slično. Pripreme za natjecanje traju otprilike od 10 do 12 tjedana, a tijekom samog natjecanja ekipe dobivaju bodove (prema [10]) na temelju četiri kategorije:

- Temeljne vrijednosti - Na natjecanju se ekipa predstavlja ocjenjivačima. Kroz predstavljanje i ostale dijelove natjecanja ocjenjivači daju ocjenu svakoj ekipi na temelju njihovih postupaka koji trebaju biti u skladu s temeljnim vrijednostima.
- Projekt - Ekipe prije natjecanja istražuju zadanu temu. Projekt podrazumijeva razgovor s ljudima koji se nalaze u zajednici u kojoj živi ekipa, suočavanje s problematikom teme kao i pronalaženje rješenja za problem, te dijeljenje rješenja s tom istom zajednicom. Na natjecanju, ekipa u pet minuta izlaže projekt ocjenjivačima, a moguće ga je predstaviti na razne načine: plakatima, igrama, kostimima i svim drugim originalnim načinima.
- Robotska igra - Ekipe pomoću robota kojeg su sami izradili, uz poštivanje pravila igre, u roku od 150 sekundi rješavaju misije na polju za natjecanje čime skupljaju bodove.
- Tehnički intervju - Ekipe imaju intervju o dizajnu robota s ocjenjivačima. Cilj je ocijeniti dizajn robota, kao i razumijevanje njegovih sastavnih dijelova i načina rada.

Treba napomenuti da svaka od četiri navedene kategorije ima isti doprinos ukupnom broju bodova u natjecanju, što dodatno naglašava temeljne vrijednosti oko kojih se gradi FIRST LEGO League natjecanje. Ipak, kako je natjecanje vezano uz izradu robota i programiranje,

najveći dio pripreme je usmjeren na rješavanje misija u *igračem polju* za natjecanje, tj. na robotsku igru. Misije su dijelovi igračeg polja na koje se postavljaju izrađeni LEGO modeli prema zadanoj temi, a cilj je da robot izvršava zadanu interakciju s modelima. Što se tiče igračeg polja, ono se sastoji od područja na kojem se nalaze misije, lijeve i desne kuće, te lijeve i desne baze.



Slika 45: FIRST LEGO League Challenge igrače polje (slika preuzeta iz [6]).

Lijeva i desna kuća predstavljaju sigurne zone unutar kojih ekipe smiju rukovati robotom i opremom prije početka pojedine misije. Lijeva i desna baza predstavljaju početne pozicije robota, a ekipa odabire, prije pokušaja izvršavanja odabrane misije, iz koje će baze poslati, tj. *lansirati* robota. Prije početka robotske igre svaka ekipa na dodjeljeni službeni stol za natjecanje postavlja polje, modele i opremu. Nakon toga, provjerava se oprema koja treba stati unutar dvije baze polja, a zatim se oprema razmješta po kućama polja. Od opreme je dopušteno koristiti isključivo jedan hub, najviše četiri motora, a ostali senzori iz LEGO Education SPIKE setova se smiju koristiti u bilo kojem broju. Iz ekipe se izdvajaju najviše četiri člana koje nazivamo *tehničarima*, a od kojih po najviše dva smiju upravljati jednom kućom. Tehničarima je dozvoljeno rukovati robotima ukoliko se nalaze unutar kuće, prije ili nakon izvršavanja misije. Rješavanje misija se odvija u tri *utakmice*. Svaka utakmica traje 150 sekundi, a u tom vremenskom periodu robot treba krenuti iz odabrane baze, izvršiti po volji odabrane misije na polju čime se skupljaju bodovi, te se vratiti nazad u jednu od baza. Ekipe određuju koliko će puta poslati robota i koliko će misija pokušati riješiti tijekom utakmice. Nakon odigranih utakmica u završnu ocjenu se uzima najbolji rezultat. Osim izvršavanja misija, bodovi se mogu skupljati i na dva dodatna načina. Jedan od načina je čuvanje 6 dobivenih žetona za preciznost, koji vrijede kao slobodni bodovi, no sudac ih

oduzima ukoliko ekipa prekine rad robota prije završetka utakmice u području izvan kuće. Osim žetona, bodovi se dobivaju i za blagotvorni profesionalizam. Primjerice, ukoliko neka od ekipa ne može lansirati svog robota, a odluči se pristupiti utakmici, objašnjavanjem svoje situacije osvajaju bodove za blagotvorni profesionalizam. Dodatne informacije o bodovanju robotske igre i detaljno napisanim pravilima za istu se mogu pogledati u [6]. Na kraju, treba spomenuti raspored službenih stolova koji se prije početka robotske igre slažu u parovima jedan nasuprot drugog.



Slika 46: FIRST LEGO League Challenge stol za igraće polje (slika preuzeta iz [6]).

Postoje dva razloga ovakvog razmještaja stolova. Prvi je razlog taj što postoje zajedničke misije koje zauzimaju dijelove oba stola, pa ukupan broj bodova koje dobije jedna ekipa za izvršavanje zajedničkog zadatka ovisi o uspješnosti druge ekipe. To se direktno nadovezuje na drugi razlog, a to je da se potiče suradnja između ekipa što je u skladu s temeljnim vrijednostima natjecanja, pa pomaganje i savjetovanje suparničke ekipe također donosi bodove. Iz svega navedenog možemo zaključiti kako je FIRST LEGO League natjecanje, prije svega, jedno zabavno iskustvo učenja koje je integrirano u načela kojima učenike usmjeravamo prema stjecanju novih vještina, a pomoću kojih će biti uspješni u rješavanju stvarnih problema u svakodnevnom životu.

Literatura

- [1] D. Alimisis et al. *Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods*, School of Pedagogical and Technological Education, Heraklion, 2009.
- [2] N. Benčak, *Robotika u obrazovanju*, Učiteljski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Diplomski rad, 2021.
URL: <https://repositorij.ufzg.unizg.hr/islandora/object/ufzg:2477>
- [3] T. Cerinski, *Mikroupravljači u nastavi- Realnost ili trenutna zaludenost?*, Varaždinski učitelj - digitalni stručni časopis za odgoj i obrazovanje, **3**(2020), 5–7.
- [4] H. Drahotusky, *Edukativni roboti u obrazovanju: interes i spremnost učitelja informatike za uključivanje robota u proces učenja i poučavanja*, Filozofski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Diplomski rad, 2021.
URL: <https://repositorij.ffzg.unizg.hr/islandora/object/ffzg%3A5012>
- [5] FIRST i LEGO grupa, *Inženjerska bilježnica*, Zavod Super Glavce, Ljubljana, 2022.
- [6] FIRST i LEGO grupa, *Pravila robotske igre*, Zavod Super Glavce, Ljubljana, 2022.
- [7] FIRST i LEGO grupa, *Vodič za sastanke*, Zavod Super Glavce, Ljubljana, 2022.
- [8] LEGO grupa, *LEGO Education 2021/22 Solution Guide*, LEGO grupa, Billund, 2021.
- [9] *FIRST LEGO League*,
URL: <https://www.firstlegoleague.org/>
- [10] *FIRST LEGO League Croatia*,
URL: <https://fllcroatia.org/>
- [11] *LEGO Education Community - Benefits Of Classroom Robotics*,
URL: <https://community.legoeducation.com/blogs/31/201>
- [12] *LEGO Education Community - Exploring SPIKE™ Prime Sensors*,
URL: <https://community.legoeducation.com/blogs/31/220>
- [13] *LEGO Education SPIKE*,
URL: <https://spike.legoeducation.com/>
- [14] M. Obad, *Korištenje edukativnih robota u nastavi*, Učiteljski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Diplomski rad, 2019.
URL: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/ufzg%3A1154/datastream/PDF/view>
- [15] *What's The Difference Between LEGO Education SPIKE Essential and SPIKE Prime?*,
URL: <https://ducklearning.com>

Sažetak

Prvi edukativni roboti za djecu se pojavljuju 70-ih godina 20. stoljeća, a Seymour Papert, jedan od tvoraca programskog jezika Logo, u suradnji s LEGO grupom popularizira razvoj takvih robota s ciljem zabavnog i aktivnog učenja programiranja. Učenici se već u razrednoj nastavi susreću s programiranjem, a posebno programiranjem pomoću blokova u npr. Scratchu, pa se uvođenje edukativnih robota u nastavu pokazuje kao izvrsna prilika za ostvarivanje ciljeva nastave informatike. Edukativne robote možemo uvesti u nastavu kao objekt o kojem se uči ili objekt s kojim se uči, a spomenuti pristupi su utemeljeni na teoriji konstruktivizma i dva pristupa učenju, konstrukcionizmu i projektnom učenju. LEGO grupa, vođena spomenutim pristupima, dugi niz godina izrađuje edukativne robote pomoću kojih se mogu izvesti razne STEM aktivnosti u nastavi. Najnoviji LEGO setovi za izradu edukativnih robota su LEGO Education SPIKE Essential i LEGO Education SPIKE Prime, a uključuju mnoštvo dijelova i senzora koji omogućavaju kreaciju različitih robota. Osim toga, za spomenute setove je izrađena aplikacija kojom se programiraju roboti, a moguće je koristiti dvije vrste blokova koji su dizajnirani s obzirom na različite uzraste učenika. Osim u nastavi, učenici imaju priliku proučavati LEGO Education SPIKE robote kroz pripremanje za FIRST LEGO League natjecanje koje omogućava razvoj vještina za rješavanje problema. U ovome radu su prvo navedene mnoge prednosti i didaktička načela uvođenja edukativnih robota u nastavu. Nakon toga, proučen je sadržaj, mogućnosti i vrste blokovskog programiranja za LEGO Education SPIKE Essential i LEGO Education SPIKE Prime setove. Na kraju, opisana je struktura i svrha održavanja FIRST LEGO League natjecanja.

Ključne riječi: nastava informatike, edukativni roboti, LEGO Education SPIKE Essential i Prime, blokovsko programiranje, FIRST LEGO League natjecanje

LEGO robots in the classroom

Summary

The first educational robots for children appeared in the 70s of the 20th century, and Seymour Papert, one of the creators of the Logo programming language, in cooperation with the LEGO Group popularized the development of such robots with the aim of fun and active learning of programming. Pupils already encounter programming in the first four years of school, especially programming using blocks in, for example, Scratch, so the introduction of educational robots into classes proves to be an excellent opportunity to achieve the goals of informatics classes. Educational robots can be introduced into classes as learning objects or learning tools, and the mentioned approaches are based on the theory of constructivism and two approaches to learning, constructionism and project based learning. The LEGO group, guided by the aforementioned approaches, has for many years been making educational robots that can be used to perform various STEM activities in classes. The latest LEGO sets for creating educational robots are LEGO Education SPIKE Essential and LEGO Education SPIKE Prime, and they include many parts and sensors that enable the creation of different robots. In addition, an application was created for the mentioned sets, which is used to program the robots, and it is possible to use two types of blocks that are designed with regard to the different age of pupils. In addition to learning in class, students have the opportunity to study LEGO Education SPIKE robots in preparation for the FIRST LEGO League competition, which allows for the development of problem-solving skills. In this paper, many advantages and didactic principles of introducing educational robots into classes are listed first. After that, the content, possibilities and types of block programming for LEGO Education SPIKE Essential and LEGO Education SPIKE Prime sets were studied. Finally, the structure and purpose of holding the FIRST LEGO League competition is described.

Keywords: informatics teaching, educational robots, LEGO Education SPIKE Essential and Prime, block programming, FIRST LEGO League competition

Životopis

Zovem se Robert Ledenčan, a rođen sam 2. lipnja 1995. godine u Osijeku. Osnovnu školu Tin Ujević upisujem 2002. godine, a po završetku, 2010. godine, upisujem 3. gimnaziju u Osijeku. U srednjoj školi, najviše se pronalazim u STEM području znanosti, pa 2014. upisujem studij zrakoplovstva u Zagrebu. Na studiju se javlja poseban interes za matematiku i informatiku te osjećam da je nastavničko zanimanje moj životni poziv. Stoga se 2017. godine upisujem na Odjel za matematiku u Osijeku. Preddiplomski studij matematike sam završio 2021. godine, a iste godine upisujem diplomski nastavnički studij matematike i informatike.

Tijekom studiranja sam bio član studentskog zbora Odjela za matematiku, radio mnoge studentske poslove, ali i sudjelovao u brojnim radionicama te posjetio mnoge odgojno-obrazovne ustanove u sklopu studija, koje su potvrdile da je usmjeravanje prema nastavničkoj karijeri najbolja odluka.