



I. osnovna šola Celje
Vrunčeva ulica 13
3000 Celje

Kako natančen je robot?

Mehatronika in robotika

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorji:
Maša Žlavs
Julija Farčnik
Tjan Prtenjak

Mentor:
Žan Močivnik, prof. mat. in rač.

Celje, marec 2024

Povzetek

Smo člani ene izmed robotskih ekip v projektu First Lego League. V nekaj letih delovanja smo razvili različne robote in podprograme, ki nam pomagajo na robotskem tekmovanju. Odločili smo se, da preizkusimo, kako posamezne gume, podprogrami in senzorji vplivajo na natančnost vožnje robota. Pri tem smo se omejili le na program vožnje naravnost.

Ključne besede: FLL, vožnja robota, Gyro senzor, podprogrami.

Kazalo vsebine

1	Uvod	1
1.1	Opis FIRST LEGO Lige	1
1.2	Raziskovalno vprašanje	2
1.3	Raziskovalne metode.....	2
1.4	Orodja in pripomočki.....	3
2	Teoretični del.....	4
2.1	Zgodovina FLL-ja	4
2.2	LEGO Education – Mindstorm in Spike.....	5
3	Osrednji del	8
3.1	Zasnova robota.....	8
3.2	Delovanje elektromotorja	8
3.3	Testiranje gum.....	9
3.3.1	Program za testiranje gum	11
3.3.2	Robot za testiranje gum	12
3.3.3	Izvedba testov	12
3.3.4	Rezultati poskusa – 1. krog (izbira gume).....	13
3.3.4.1	Interpretacija rezultatov.....	22
3.4	Vpliv Gyro senzorja na vožnjo naravnost	24
3.4.1	Testiranje z Gyro senzorjem	25
3.5	Odprava napake za spodrsavanje.....	29
3.5.1	Pospeševanje in zaviranje.....	32
4	Sklepne ugotovitve	37
5	Zaključek	38
	Viri in literatura	39

Kazalo slik

Slika 1: Robotska miza z nalogami [vir: Tekma za pravila robotov, 2021].	1
Slika 2: Zasnova raziskovalne naloge v programu xMinde.	3
Slika 3: LEGO RCX [vir: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Lego_Roverbot.JPG].	5
Slika 4: LEGO NXT [vir: https://www.tech-insider.org/lego-mindstorms/research/2006/0104.html]. ...	5
Slika 5: LEGO EV3 [vir: https://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms#/media/File:Lego_Mindstorms_EV3_brick.jpg].	6
Slika 6: LEGO Spike [Vir: https://www.lego.com/en-si/product/lego-education-spoke-prime-set-45678].	6
Slika 7: Sestava elektromotorja [Vir: https://www.youtube.com/watch?v=CWuIQLZSE3c]......	8
Slika 8: Sestava kabla za komunikacijo [Vir: https://www.informatit.com/articles/article.aspx?p=2454873].	9
Slika 9: Osnovni program za vožnjo naravnost.....	10
Slika 10: Program za testiranje gum.....	11
Slika 11: Sprednji del robota za testiranje gum.....	12
Slika 12: Zadnji del robota za testiranje gum.	12
Slika 13: Polje za testiranje gum.....	13
Slika 14: Premer velikih Spike gum.....	14
Slika 15: Spike velike gume pogon spredaj.....	14
Slika 16: Spike velike gume pogon zadaj.	14
Slika 17: Velika odstopanja, do katerih je prišlo pri velikih Spike gumah.	14
Slika 18: Merjenje premera koles Spike mala.	16
Slika 19: : Merjenje premera koles NXT.	17
Slika 20: Menjava koles in prilagoditev robota.	17
Slika 21: NXT gume pogon spredaj.	17
Slika 22: Meritve koles Truck.....	19
Slika 23: Meritve koles Motocycling.....	20
Slika 24: Meritve Motocycling koles.....	20
Slika 25: Primer zavijanja gum.....	21
Slika 26: Primer programa Sledi črni črti.	24
Slika 27: Primer pomiritvenega programa Sledi črni črti.....	24
Slika 28: Ponazoritev smer vožnje z množicami.	30
Slika 29: Končni program pospeševalno-zaviralnega algoritma.....	31

Kazalo tabel

Tabela 1: Primerjava LEGO robotov.....	7
Tabela 2: Meritve Spike velika – 1. krog.....	15
Tabela 3 : Zapis povprečnih vrednosti za Spike velika – 1. krog.....	15
Tabela 4: Meritve Spike mala – 1. krog.....	17
Tabela 5: Zapis povprečnih vrednosti za Spike male – 1. krog.....	17
Tabela 6: Meritve NXT – 1. krog.....	18
Tabela 7: Zapis povprečnih vrednosti za NXT – 1. krog.....	18
Tabela 8: Meritve Truck – 1. krog.....	19
Tabela 9: Zapis povprečnih vrednosti za Truck – 1. krog.	20
Tabela 10: Meritve Motocycling – 1. krog.....	21
Tabela 11: Zapis povprečnih vrednosti za Motocycling – 1. krog.	21
Tabela 12: Povprečne napake glede na hitrost.	22
Tabela 13: Povprečna vrednost napak.	22
Tabela 14:Povprečne napake glede na hitrost z Gyro senzorjem - Spike mala.....	26
Tabela 15: Povprečna vrednost napak z Gyro senzorjem - Spike mala.....	26
Tabela 16: Povprečne napake glede na hitrost z Gyro senzorjem - Truck.	27
Tabela 17: Povprečna vrednost napak z Gyro senzorjem - Truck.	27
Tabela 18: Povprečne napake glede na hitrost z Gyro senzorjem - NXT.....	28
Tabela 19: Povprečna vrednost napak z Gyro senzorjem - NXT.....	28
Tabela 20: Povprečna vrednost napak brez Gyro senzorja.	29
Tabela 21:Povprečna vrednost napak z Gyro senzorja.	29
Tabela 22: Povprečne napake glede na hitrost s pospeševalno-zaviralnim algoritmom - Spike mala.	32
Tabela 23:Povprečna vrednost napak s pospeševalno zaviralnim algoritmom - Spike mala.....	32
Tabela 24:Povprečne napake glede na hitrost s pospeševalno-zaviralnim algoritmom - Truck.....	33
Tabela 25: Povprečna vrednost napak s pospeševalno zaviralnim algoritmom - Truck.	33
Tabela 26: Povprečne napake glede na hitrost s pospeševalno-zaviralnim algoritmom - NXT.	34
Tabela 27: Povprečna vrednost napak s pospeševalno zaviralnim algoritmom - NXT.....	34
Tabela 28: Povprečna vrednost napak brez Gyro senzorja.	35
Tabela 29: Povprečna vrednost napak z Gyro senzorja.	35
Tabela 30: Povprečna vrednost napak s pospeševalno zaviralnim-algoritmom.	35
Tabela 31: Tabela za pospeševalno-zaviralni algoritem brez hitrosti 100 %.....	35
Tabela 32: Pospeševalno zaviralni algoritem za hitrosti med 40 % in 80 %.	35

1 Uvod

1.1 Opis FIRST LEGO Lige

Ideja za raziskovalno naložbo se nam je utrnila, ko smo se pripravljali na robotsko tekmo na tekmovanju FLL. Veliko časa smo usmerili v gradnjo robota, pisanje podprogramov, ki nam naše delo olajšajo. Tokrat pa smo se odločili narediti tudi nekatere teste in preveriti smiselnost podprogramov.

Tekmovanje FIRST LEGO League (FLL) je mednarodni projekt, ki mlade spodbuja k reševanju problemov in jih navdušuje nad znanostjo. Tekmovanje je nastalo kot sodelovanje organizacije FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology) in danskega podjetja LEGO.

FLL je v prvi vrsti projekt, ki mlade spodbuja k raziskovanju. Pri tem razvijajo ne le tehnične spretnosti, kot so kodiranje in inženiring, temveč tudi sodelovanje v skupini, ustvarjalnost, kritično razmišljanje in komunikacijo. Spodbuja učence k sodelovanju s koncepti STEAM (znanost, tehnologija, inženirstvo, umetnost in matematika) na praktičen in sodelovalen način, spodbuja strast do učenja in reševanja problemov. Projekt se vsako leto zaključi s tekmovanjem na regijskem, državnem in mednarodnem področju.

Tekmovanje FLL je razdeljeno na 4 dele:

- projekt, pri katerem spoznavamo in rešujemo probleme, ki so vezani na temo sezone, ter iščemo inovativne rešitve;
- vrednote, kjer se pokaže ekipno sodelovanje in vpliv na okolje in odnos do drugih ekip;
- zasnova robota, kjer gradimo nastavke in programiramo robota;
- robotska tekma, kjer na robotskem polju rešujemo naloge in poskusimo dobiti čim več točk.

Mi se bomo tokrat osredotočili le na zadnjo četrtino tekmovanja, in sicer na tekmovanje robota.



Slika 1: Robotska miza z nalogami [vir: Tekma za pravila robotov, 2021].

Ekipe morajo sestaviti svojega avtonomnega robota, ki bo na mizi rešil čim več nalog. Robotska miza meri po dolžini 2,4 m in širini 1,1 m. Na vsaki strani ima bazo, kjer lahko vozniki primejo robota, zamenjajo nastavke in spustijo robota k reševanju novih nalog. Ekipa ima za opravljanje misij na voljo dve minuti in pol, da reši čim več nalog.

Pri pravilih veljajo tudi nekatere omejitve:

- robot lahko uporabi največ 4 motorje,
- uporabimo lahko poljubno število senzorjev, a smo omejeni na Gyro senzor, barvni senzor, senzor za razdaljo in senzor na dotik,
- celotna oprema ekipe se mora zložiti v posebni prostor, kjer smo višinsko omejeni na 30 cm.

Pri tekmovanju smo opazili, da moramo, če želimo biti uspešni, zelo veliko delati na natančnosti robota. Na natančnost vpliva izgradnja robota – ta mora imeti dobro težišče in biti enako obtežen. V primeru neenakomerno težkih nastavkov lahko robot začne zavijati v smer, ki je težja.

Veliko napak nastane zaradi predolgih voženj in obratov. Pri tem je pomembno, da se robot ves čas poravnava na elemente polja in stene tekmovalne mize. Na polju so tudi črte, ki jih lahko robot zazna za lažjo poravnavo.

1.2 Raziskovalno vprašanje

Med tekmovanjem srečujemo izkušene in manj izkušene ekipe, ki se k nam rade zatečejo po nasvete. Pri tem smo opazili, da imajo različno grajene robote, različne gume in uporabljajo osnovne programe za vožnjo svojega robota.

Ker mora biti robot na polju samostojen – avtonomen in se s pomočjo poravnav in zaznav črt znajti na polju, smo prišli do nekaterih vprašanj:

- Kako se robot obnaša z osnovnimi programi?
- Kako usmerjanje robota vpliva na natančnost?
- Kako različna kolesa vplivajo na vožnjo robota?
- Kako hitrost vpliva na natančnost robota?

Ker vemo, da lahko sami spišemo svoje podprograme oz. tako imenovane bloke, smo si postavili sledeče raziskovalno vprašanje:

Ali lahko s pomočjo senzorjev izboljšamo vožnjo naravnost?

Pri tem bomo testirali najpopularnejše gume, ki jih imajo tekmovalci, in svoje raziskave predstavili v raziskovalni nalogi.

1.3 Raziskovalne metode

Med raziskovanjem smo pregledali nekaj literature, spletnih strani, priročnikov ... Vse to nam je pomagalo razumeti, kako deluje osnovni program za natančnost in kako robot dosega natančnost.

Sistematični pregled literature – metoda, s katero sistematično preverimo raziskovalno področje in primerjamo svoje ugotovitve.

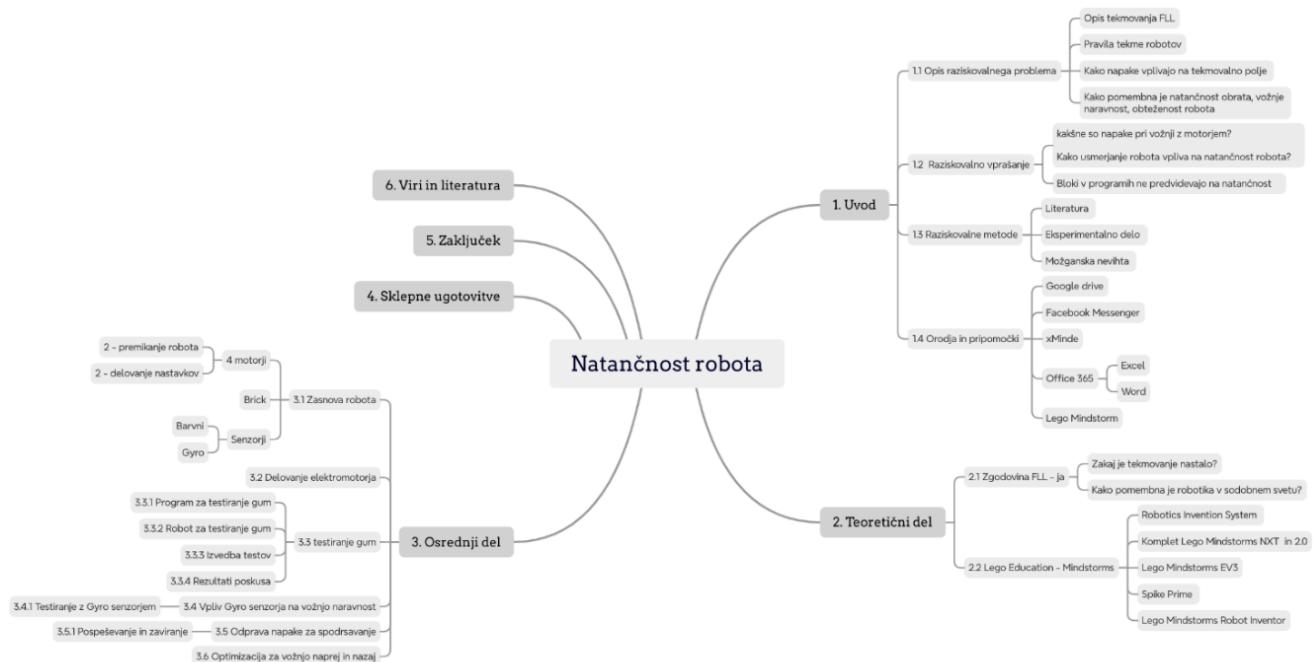
Metoda možganske nevihte – pripomogla je k raziskovanju različnih problemov, nato pa smo se osredotočili na iskanje lastne rešitve. S posameznimi informacijami in raziskovanji so se krepile nove ideje.

Eksperimentalno delo – s pomočjo te metode smo testirali različne gume in podprograme ter predstavili posamezne rezultate.

1.4 Orodja in pripomočki

V letosnjem letu smo za uspešno izpeljavo raziskovalne naloge uporabili sledeča orodja:

- Oblačni storitvi Google Drive in Microsoft OneDrive, v katerih smo varno shranili vse naše dokumente. Googlov oblak je predvsem enostaven pri povezovanju pametnih naprav in sinhronizaciji slikovnega materiala, Microsoftov oblak pa za ustvarjanje dokumentov v okolju Office 365, v katerem smo pisali raziskovalno nalogu.
- Facebook Messenger je del okolja Facebook, podjetja Meta. Omogočal nam je enostavno komunikacijo in delitev idej. Pri tem smo si na enostaven način izmenjavali datoteke, povezave in se dogovarjali za potek raziskovanja.
- xMinde je program za izdelovanje digitalnih miselnih vzorcev oz. tako imenovan mindmapping. Omogoča vizualni način organiziranja idej in informacij v obliki miselnih vzorcev, ki pomaga pri načrtovanju, raziskovanju, izobraževanju in drugih dejavnostih.
- Office 365 je okolje za urejanje dokumentov, ki ga je razvilo podjetje Microsoft. Paket vsebuje urejevalnik besedil, planer, izdelavo elektronskih prosojnic, hrambo dokumentov in še kaj. Pripomoček smo uporabili za pisanje raziskovalne naloge in odlaganje dokumentov. Microsoft Excel je urejevalnik preglednic, ki vsebuje zmožnosti izračunavanja ali računanja, orodje za risanje grafov. Excel je del zbirke programske opreme Microsoft 365, ki ga je Microsoft razvil za Windows, Apple in pa Android.
- Lego Mindstorm – program za programiranje robota. Deluje v okolju LabView. Novejša različica programa deluje v okolju Python in je nastala v sodelovanju z MIT-jevim Scratchom.



Slika 2: Zasnova raziskovalne naloge v programu xMinde.

2 Teoretični del

2.1 Zgodovina FLL-ja

Tekmovanje FIRST LEGO League (FLL) je bilo ustanovljeno z namenom spodbujanja zanimanja mladih za znanost, tehnologijo, inženiring in matematiko (STEM) in hkrati razvijanja njihovih spretnosti na teh področjih. Nastalo je iz iniciative organizacije FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology), ki si prizadeva navdihniti mlade po vsem svetu za vključevanje v znanstveno-raziskovalne dejavnosti in tehnološke inovacije.

Glavni cilji tekmovanja FLL vključujejo:

1. Spodbujanje STEAM izobraževanja.
2. Razvoj ključnih spretnosti, kot so: problem reševanja, kreativnost, timsko delo, komunikacija in tehnične veščine.
3. Povezovanje s tematskimi izzivi, ki učence spodbujajo k razmišljanju o realnih problemih in razvijanju inovativnih rešitev zanje.
4. Promocija vrednot FIRST, kot so športnost, spoštovanje, vključenost, inovativnost in sodelovanje.

Direktor FIRSTA, Dean Kamen, pravi, da FLL ni robotsko tekmovanje, ampak je navduševanje mladih nad znanostjo in naravoslovnimi vedami. Priložnost za to, da bi to radovednost najlaže spodbudili, pa zaznal v robotiki.

Partnersko sodelovanje med FIRST-om in LEGOM je nastalo daljnega leta 1999. Tako je nastala prva tema poimenovana FIRST Contact. Vsako leto predstavijo novo aktualno temo, ki je v preteklosti segala vse od reševanja živali, problematike z vodo, smetmi do vesolja. V letošnjem letu je tema Masterpiece, pri čemer predstavljamo svoje hobije preko umetnosti in tehnologije.

Poleg raziskovalnega dela, ki ga opravljamo, pa ima robotika vpliv tudi na sodobni svet:

- Omogoča razvoj avtonomnih sistemov, ki lahko izvajajo naloge brez človeškega nadzora. To vodi k večji učinkovitosti in produktivnosti v različnih industrijah, kot so proizvodnja, logistika, zdravstvo, kmetijstvo in transport.
- Omogoča razvoj sistemov, ki lahko rešujejo kompleksne probleme na področjih, kot so medicina (npr. kirurgija z roboti), raziskovanje vesolja, reševanje nesreč in podnebne spremembe.
- Prispeva lahko k izboljšanju kakovosti življenja ljudi, na primer s pomočjo robotskih naprav za starejše, robotskih asistentov za invalidne osebe, robotskih sistemov za avtonomno vožnjo za večjo varnost v prometu in tako naprej.
- Raziskave v robotiki spodbujajo inovacije in tehnološki napredek na številnih področjih. To vodi k odkritjem in izboljšavam, ki lahko koristijo družbi kot celoti.
- Je odlično orodje za učenje in razvoj spretnosti v znanosti, tehnologiji, inženiringu in matematiki (STEM). Učenje programiranja, inženiringa in reševanja problemov s pomočjo robotov spodbuja kritično razmišljanje, ustvarjalnost in sodelovanje.

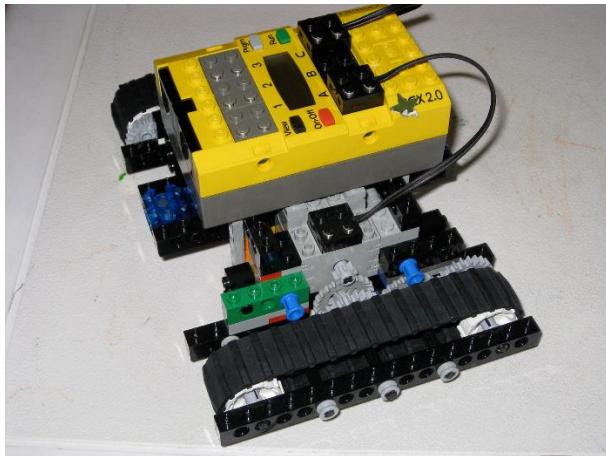
Pri tekmovanju je pomembno, da že tudi na začetku spoznamo nekatere osnove programiranja in delovanje robota.

2.2 LEGO Education – Mindstorm in Spike

LEGO ima poleg oddelka za igrače tudi svoj razvojni in edukativni oddelek poimenovan LEGO Education. V okviru tega oddelka pripravljajo različne didaktične materiale za delo pri pouku. Največji poudarek je zagotovo na njihovi robotiki, kjer imajo dandanes že četrto generacijo robota.

LEGO RCX

Robotics Invention System je bil izdan leta 1998. Prvi intelligentna kocka (brick) v tej seriji je bil RCX (Robotic Command eXplorers). Robot je imel dva motorja, 2 senzorja za dotik in 1 senzor za svetlubo.



Slika 3: LEGO RCX [vir: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Lego_Roverbot.JPG].

LEGO NXT

Komplet Lego Mindstorms NXT je podjetje Lego izdal avgusta 2006. Sestavljen je iz 577 delov, vključno s 3 servomotorji, 4 senzorji (ultrazvočni, zvočni, za dotik in svetlobni), 7 povezovalnimi kabli, vmesniškim kablom USB in intelligentnim brickom NXT.

Lego Mindstorms NXT 2.0 je bil predstavljen 5. avgusta 2009. Vsebuje 619 delov, vključno s senzorji in motorji, dvema senzorjem za dotik, ultrazvočnim senzorjem in novim barvnim senzorjem.



Slika 4: LEGO NXT [vir: <https://www.tech-insider.org/lego-mindstorms/research/2006/0104.html>].

LEGO EV3

Lego Mindstorms EV3 je tretja generacija izdelkov Lego Mindstorms. EV3 je nadaljnji razvoj sistema NXT. Sistem je bil izdan 1. septembra 2013. Komplet Lego Mindstorms EV3 vsebuje motorje (2 velika servo motorja in 1 srednji servo motor), senzorje (2 senzorja dotika, ultrazvočni senzor, barvni senzor in novi Gyro senzor), brick EV3, več kot 550 elementov Lego. EV3 je s svojim gyro senzorjem postavil nove meje in razsežnosti na področju robotike. Prav tako je dodatni priklop motorja podvojil njegovo učinkovitost.



Slika 5: LEGO EV3 [vir: https://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms#/media/File:Lego_Mindstorms_EV3_brick.jpg].

LEGO Spike Prime

Spike Prime je bil napovedan aprila 2019. Čeprav ni del linije izdelkov Mindstorms, osnovni komplet vključuje tri motorje (1 velik 2 srednja) in senzorje za razdaljo, silo in barvo, krmilni brick. Nova inteligentna kocka prvič omogoča, da ni pomembno, na kateri priklop damo posamezni senzor ali motor. Prav tako je LEGO prvič v zgodovini podal komplet, ki je kompatibilen s preostalimi robotskimi seti drugih ponudnikov na trgu. Zaradi svojega razvoja in usmerjanja je LEGO zadnjič v zgodovini izdal še komercialni komplet LEGO Spike, poimenovan LEGO Inventor. Tega so oktobra 2022 prenehali izdelovati, saj si želijo doseči večjo kvaliteto v izobraževalnem programu.



Slika 6: LEGO Spike [Vir: <https://www.lego.com/en-si/product/lego-education-spike-prime-set-45678>].

Datum izdaje	Robot	Kocka (Brick)	Motorji	Senzorji
1998	RCX	3 motorji 3 senzorji	2 motorja	2-krat na dotik 1-krat na svetlobo
2006	NXT	3 motorji 4 senzorji	3 motorji	1-krat ultrasonični 1-krat zvočni 1-krat na dotik 1-krat svetlobni
2013	EV3	4 motorji 4 senzorji	2 velika motorja 2 srednja motorja	2-krat na dotik 1-krat ultrasonični 1-krat barvni 1-krat gyro
2019	Spike Prime	6 priklopov	2 velika motorja 2 srednja motorja	1-krat silomer 1-krat ultrasonični 1-krat barvni 1-krat gyro

Tabela 1: Primerjava LEGO robotov.

3 Osrednji del

3.1 Zasnova robota

Pri robotskem delu tekmovanja FLL mora robot vsebovati največ 4 motorje. Pri tem se praviloma uporablja 2 motorja za vožnjo in 2 za delovanje nastavkov. Na tekmovanju robotska tekma traja dve minuti in pol, pri tem pa poskuši opraviti čim več nalog. V ta čas so vključene tudi menjave nastavkov.

Nastavki so različnih velikosti. Nekateri nastavki so lahko ogromni, kompleksni in neenakomerno težki, medtem ko so drugi enostavni in lahki. Pri tem teža nastavka in različno težišče vplivata na robota.

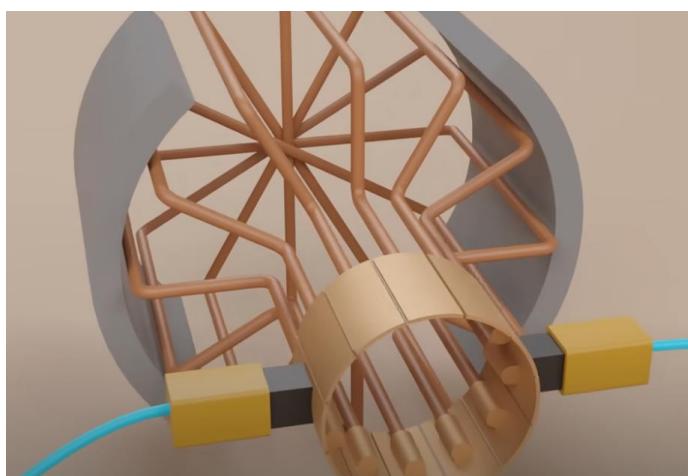
Robot mora biti avtonomen, kar pomeni, da se ga, ko odpelje iz baze, ne smeš dotikati. Tu pa nastane problem, saj so nastavki veliki in jih velikokrat prevaga na eno stran, kar povzroči, da se robot pelje postrani in ni natančen.

Robotska tekma se 3-krat ponovi, šteje najboljši rezultat. Pri tem poskuša vsaka ekipa izpeljati najboljše vožnje in odpraviti napake. Velikokrat se zgodi, da ekipe opazimo razliko v obnašanju robota že na samem polju, saj je precejšnja razlika pri trenju gum med novim in rabljenim poljem.

3.2 Delovanje elektromotorja

V robotu se uporablajo enosmerni elektro motorji, ki pretvarjajo električno energijo iz baterije v mehansko. Za ustvarjanje gibanja uporablja načela elektromagnetizma in fizike. Temeljno načelo delovanja enosmernega motorja je interakcija med magnetnim poljem in električnim tokom. Elektro motor ima dva sestavna dela. Prvi je fiksni, ki se imenuje stator, sestavljen je iz trajnih magnetov ali elektro magnetov, ki ustvarijo magnetno polje. Drugi pa je gibljiv, imenovan rotor, sestavljen iz tuljav, ki nosijo električni tok.

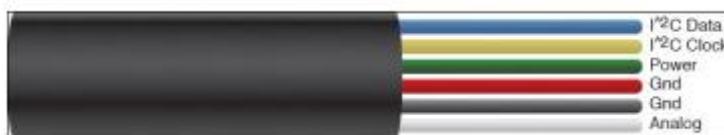
Ko po tuljavi teče električni tok, se okoli žic ustvari električno polje. Polje na tuljavah deluje z magnetnim pojem na statorju, kar ustvarja silo, ki povzroča vrtenje rotorja. Smer vrtenja motorja se določa z polarnostjo magnetnega polja in smerjo električnega toka.



Slika 7: Sestava elektromotorja [Vir: <https://www.youtube.com/watch?v=CWuIQ1ZSE3c>].

Za robota so zelo pomembne lastnosti motorja, da ima konstanten navor. To pomeni, da je sposoben ohranjati konstantno silo tudi pri spremjanju hitrosti. S spremjanjem napetosti imajo elektro motorji dober nadzor nad hitrostjo. Hitro dosežejo željeno hitrost in so lahki.

Pri delovanju robota je zelo pomembna komunikacija med brickom in motorji. LEGO EV3 uporablja 6-žilni kabel, pri čemer 1 parica služi za prenos podatkov k motorju/senzorju, 1 za uravnavanje ure, 1 za moč, 1 za povratni signal iz motorja/senzorja na brick, 2 pa sta ozemljitveni. Ker se uporablja različno dolgi kabli in računalniško računanje, vedno prihaja do napak. Nekatere so preproste mehanične – ustavljanje motorja, druge računske – potrebni podatki za ustrezen pogoj.



Slika 8: Sestava kabla za komunikacijo [Vir: <https://www.informat.com/articles/article.aspx?p=2454873>].

Zaradi teh napak je pri delu z robotom treba za doseganje natančnosti uporabljati senzorje, za katere pa bomo preizkusili, v kolikšni meri pripomorejo k odpravljanju napake. Prav tako nastopajo mehanske napake, npr. pri vožnji nastajajo zaradi trenja gum, kar se z motorji ne da uravnati, zato je pomembna prava izbira gum.

3.3 Testiranje gum

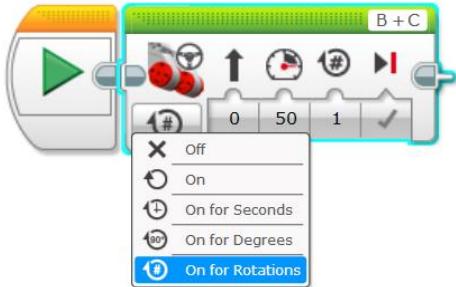
Uporaba različnih gum je vedno kritična izbira. Enako se dogaja v različnih avtomobilskih športih, kjer želijo doseči najboljši oprijem in tako odpraviti nekatere napake. Pri tem imamo na izbiro veliko različnih koles, z različnimi premeri, mehkobo gum, različnim oprijemom.

Če želimo doseči natančnost robota, moramo izbrati prave gume. Pri tem se moramo osredotočiti na različne kriterije:

- Velik premer omogoča večjo hitrost, a manjšo natančnost.
- Širina kolesa omogoča stik s podlogo, a težavo pri konstrukciji.
- Različna mehkoba koles, možnost upogibanja oz. pogrezanja gum pri prevelikih nastavkih.
- Zasnova ogrodja za pritrditev nam omogoča lažjo ali boljšo pritrditev na motor.

Pri tem smo se odločili, da bomo v prvem koraku testirali gume, ki jih največkrat srečamo na tekmovanju. Ker LEGO nima posameznih imen gum, ampak le serijske številke, smo se odločili, da bomo gume poimenovali po svoje. Pri tem smo izbrali sledeča kolesa.

Ime	Spike – velika	Spike – mala	NXT	Truck	Motocycling kolesa
Slika					
Premer	8,74 cm	5,54 cm	8,13 cm	6,3 cm	9,4 cm
Pritrditev	sredina + čep	sredina + čep	sredina	sredina + čep	sredina + čep



Slika 9: Osnovni program za vožnjo naravnost.

Za začetek si poglejmo, kako izgleda program za vožnjo robota. Vsak program se začne z oranžnim blokom, ki ponazarja začetek programa.

V programu Mindstorms EV3 je ponujenih nekaj blokov, ki so osnovni. Ti bloki so označeni z zeleno barvo in so v večini primerov lahko precej nenatančni. Blok, ki je prikazan zgoraj, je osnovni blok za vožnjo naravnost, ki v našem primeru uporablja dva velika motorja, kot je napisano v zgornjem desnem kotu (B in C sta oznaki za mesto, kjer sta motorja priklopljena na EV3 brick).

Osnovni blok za vožnjo naravnost ponuja tri možnosti, v katerih se meri razdalja, ki jo želimo prevoziti. Čas vožnje lahko določamo. Metoda časa je za vožnjo slaba, saj je odvisna od moči baterije. Izkaže se, da ko moč baterije pada pod 80 %, robot ne dosega več enake natančnosti. Vožnja robota na čas je uporabna, kadar imamo manjše razdalje in delamo poravnavo robota. Pri tem vemo, da tudi če je pot krajša od zastavljenе, se bo zaradi časa program vedno izvršil.

Druga možnost je določanje razdalje z rotacijami. Ta možnost je že natančnejša, ker je stalna in ni odvisna od baterije robota. Pri tej možnosti določamo, kolikokrat se bo obrnil motor. Razdalja, ki jo robot prevozi z eno rotacijo, je enaka obsegu gume, ki jo uporabljamo, kar pomeni, da bomo z večjimi gumami hitreje prišli do želene razdalje. Še vedno ni najbolj natančna opcija za vožnjo naravnost, ker lahko eno rotacijo delimo zgolj na 10 delov, kar pomeni, da ne bomo dosegli točno določene razdalje, še posebej ne pri večjih gumah, kjer bo 1/10 rotacije predstavljala večji del krožnega loka kot pri manjši gumi.

Zadnja možnost je določanje razdalje v stopinjah središčnega kota. Ta možnost je najnatančnejša, saj lahko razdaljo, ki je enaka obsegu gume, razdelimo na 360 delov in ne zgolj na deset tako kot pri rotacijah. Pri tem določamo, za koliko stopinj se bo guma obrnila v središčnem kotu. Ker je takšna rotacija veliko bolj razdeljena, lažje odpravimo napake pri večjih gumah. Edina težava, ki nastane, je ta, da je takšen zapis težko berljiv. Če vemo, da smo v prejšnjem primeru obrnili kolesa za 2,5 rotacije, jo pri stopinjah obrnemo za 900 stopinj. Pri tem se lahko s stopinjami pri velikih številih zelo hitro izgubimo.

V bloku določimo smer zavijanja, ki je označena s puščico. Negativna števila pomenijo zavijanje v levo, pozitivna pa v desno.

Naslednji element je hitrost. Ta je določena v odstotkih. Vedno povemo, s koliko odstotki moči želimo vrteti motor. Pri tem je negativna smer vožnja nazaj, pozitivna smer pa vožnja naprej.

Zadnji element nam pove, za koliko časa/rotacij/stopinj želimo naš motor obrniti.

Na koncu pa določimo še, ali robot po opravljenem delu počaka ali takoj nadaljuje z naslednjim blokom.

3.3.1 Program za testiranje gum

Ker smo imeli različne premere gum, smo morali spisati svoj prvi program, ki bo omogočil natančne meritve. Pri tem smo se odločili, da je najnatančnejše vrtenje koles s pomočjo stopinj. Da bi dosegli večjo natančnost, smo morali spisati program, ki izračuna središčni kot in robota pelje ravno 1 meter.

Vemo, da središčni kot določa velikost krožnega loka. Krožni lok je v geometriji del krožnice omejen z dvema točkama, ki ju imenujemo krajišči. Če krajišči povežemo s središčem krožnice, dobimo središčni kot nad danim lokom. Krožni lok v našem primeru predstavlja razdaljo, ki jo mi želimo prevoziti. V resnici izkoristimo še dodatno lastnost krožnega loka, saj ne merimo le del krožnice, ampak omogočamo tudi večkratne obhode.

Pri tem moramo formulo za krožni lok preoblikovati tako, da dobimo središčni kot, saj je to edini podatek, ki nas zanima.

Formula za krožni lok:

$$l = \frac{\alpha}{360^\circ} \cdot o$$

$$l = \frac{\alpha}{360^\circ} \cdot 2\pi r$$

Preoblikovali smo jo v formulo za središčni kot:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot l}{2\pi r}$$

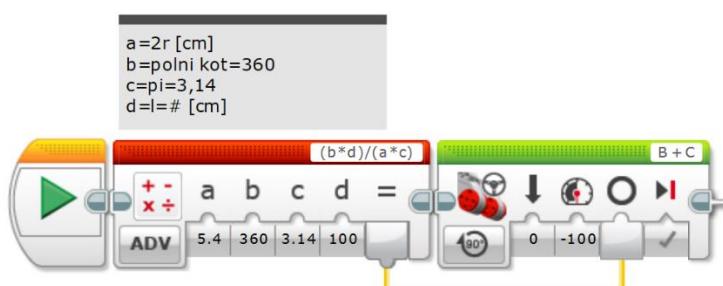
V programu Mindstorems EV3 so rdeči bloki namenjeni matematičnim izračunom. Ker si sami ne moremo izbirati spremenljivk, smo določili, da velja:

- a = premer ($2r$) – znani podatek (ta se bo spremenjal glede na premer različnih koles)
- b = polni kot (360°) – znani podatek
- c = približek števila π (3,14) – znani podatek
- d = željena razdalja (1 m = 100 cm) – znani podatek

Tako smo lahko zgornjo formo preoblikovali in zapisali v računalniškem programu kot:

$$\text{središčni kot} = \frac{(b * d)}{(a * c)}$$

Program glede na dane podatke izračuna vrednost središčnega kota, nato podatke zapiše (rumena povezava) v zeleni blok za število stopinj središčnega kota.



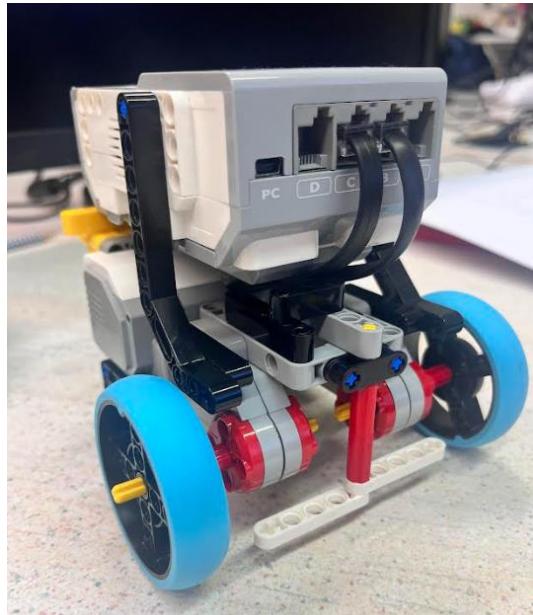
Slika 10: Program za testiranje gum.

3.3.2 Robot za testiranje gum

Za testiranje smo sestavili enostavnega robota iz seta EV3. Pri tem smo naredili zasnovno, ki je enako obtežena in ima težišče čim bolj na sredini. Uporabili smo dva velika motorja, ki sta bila pritrjena tako, da sta omogočala enostavno menjavo koles. Pri tem smo dodali še dodatni element (beli palčki) za lažje meritve in poravnavo.



Slika 11: Sprednji del robota za testiranje gum.



Slika 12: Zadnji del robota za testiranje gum.

3.3.3 Izvedba testov

Za testiranje smo vzeli FLL polje in ga obrnili, saj smo želeli testirati na enakem materialu, kot ga uporabljamamo za robotsko tekmovanje. Tako smo dobili veliko belo platno, kjer smo označili ravno črto in razdaljo enega metra. Na vsako stran smo narisali dolgo črto, da smo lahko določili odstopanje dolžine pri različnih gumah. Petnajst centimetrov pod črto za razdaljo smo narisali še črto, da smo lahko določili, koliko je robot zavijal.

Teste smo izvedli v več različicah.

1. krog testiranja – izbira gum:

- Testiranje vseh koles z osnovnim programom.
- Testiranje pri hitrosti 20 %, 40 %, 60 %, 80 % in 100 %.
- Testiranje obnašanje robota pri pogonu naprej in pogonu nazaj.
- Izdelava tabele in zapis spodrsavanja, sunkovitih potegov (cukanja) in zavijanja robota ter nenatančnosti razdalje.

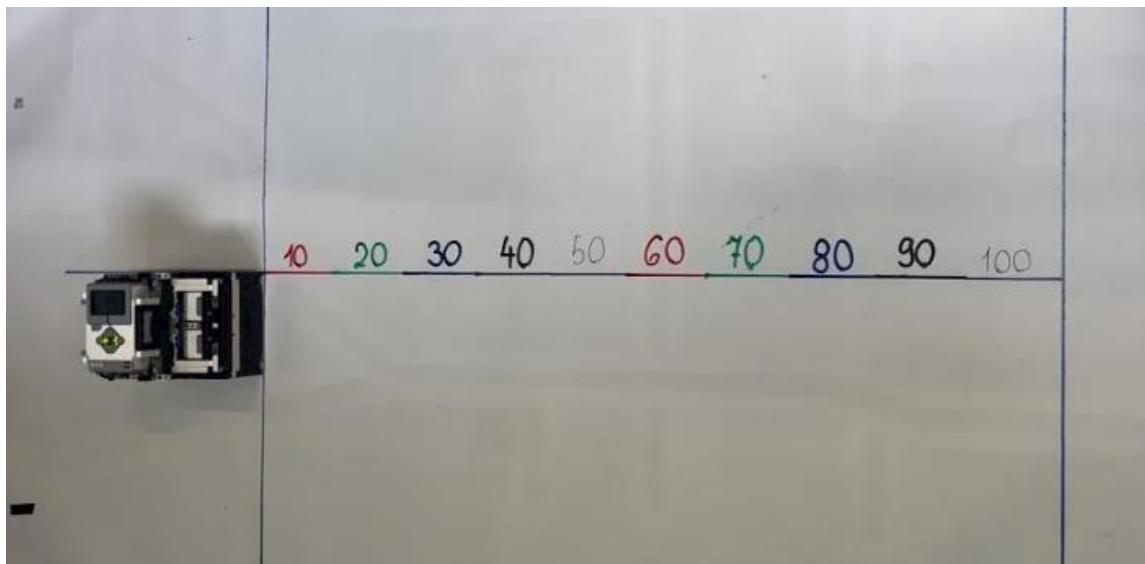
Glede na rezultate testiranja smo se odločili, da bomo naredili izbor posameznih koles in nadaljevali testiranje z najboljšimi in najslabšimi gumami.

2. krog testiranja – odprava zavijanja:

- Program bomo nadgradili z gyro senzorjem.
- Preverili bomo dobljene napake.

3. krog testiranja – razdalja:

- Odprava napake pri razdalji.
- Izboljšanje komunikacije med brickom in motorji.



Slika 13: Polje za testiranje gum.

3.3.4 Rezultati poskusa – 1. krog (izbira gume)

V prvem krogu smo testirali vsa izbrana kolesa. Pri tem smo si ustvarili tabelo, s katero smo preverili izbrane podatke. Preverjali smo sledeče:

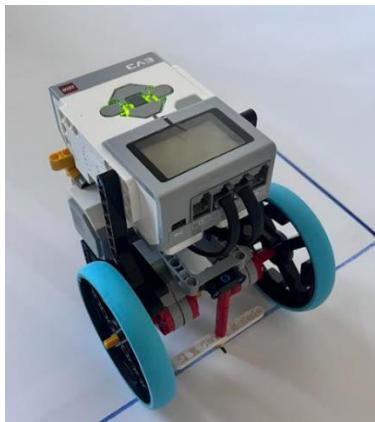
- Hitrost – obnašanje robota glede na izbrano hitrost.
- Pogon spredaj/zadaj – zanimalo nas je, ali smer koles vpliva na vožnjo. Ta radovednost izhaja predvsem iz lastnosti avtov na sprednji in zadnji pogon, kjer vemo, da so razlike vidne.
- Napake zavijanja – beležili smo, v katero smer robot zavija in za koliko je zgrešil zastavljeni cilj.
- Cukanje – vemo, da se pri velikih hitrostih robot ne vede natančno. Zanimalo nas je, pri katerih hitrosti bodo šla kolesa »v prazno« in kdaj bo robot drsel čez izbrano črto. Pri tem smo z negativno vrednostjo označevali prekratke in s pozitivno vrednostjo predolge razdalje.

1. SPIKE VELIKA KOLESNA

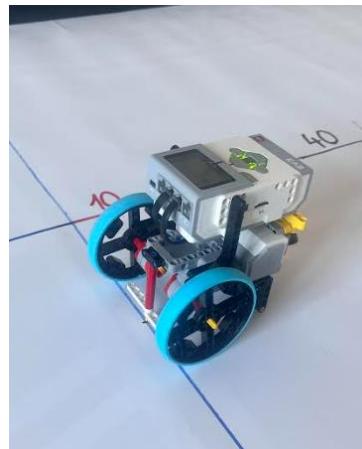
S pomočjo kljunastega merila smo izmerili premer koles. Gume so precej velike in ozke. Njihov premer je 8,7 cm.



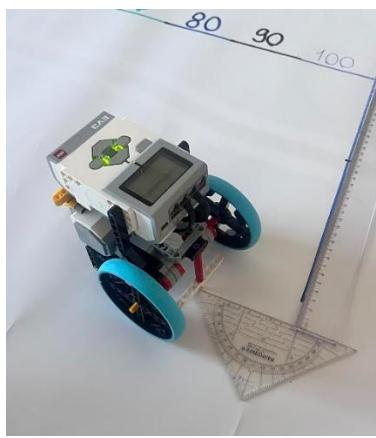
Slika 14: Premer velikih Spike gum.



Slika 15: Spike velike gume pogon spredaj.



Slika 16: Spike velike gume pogon zadaj.



Slika 17: Velika odstopanja, do katerih je prišlo pri velikih Spike gumah.

Hitrost	Pogon spredaj	Pogon zadaj	Spodrsavanje	Zavijanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	DA		ne	D	4,5	ne	ne	-1,5
20	DA		ne	D	9,5	da	ne	-3
20	DA		ne	D	8,3	ne	ne	-2,4
20		DA	ne	D	2,4	da	ne	0
20		DA	ne	L	3,5	da	ne	0
20		DA	ne	L	6	ne	ne	0
40	DA		ne	D	11,8	ne	ne	-6
40	DA		ne	D	1,6	ne	da	-5,7
40	DA		da	D	12	ne	ne	-4
40		DA	da	L	7	da	ne	1
40		DA	da	L	3	da	ne	1
40		DA	da	L	2	da	ne	0,8
60	DA		da	D	15,7	ne	da	11
60	DA		da	D	5,5	ne	da	9,7
60	DA		da	D	19,7	ne	da	-7
60		DA	da	L	3,3	da	da	5,3
60		DA	da	L	5	ne	da	5,3
60		DA	da	L	4,5	ne	ne	4,9
80	DA		da	D	20	ne	da	-6,5
80	DA		da	D	15,4	ne	da	-13
80	DA		da	D	17,8	ne	da	-11,5
80		DA	da	L	6,3	ne	ne	6,2
80		DA	da	L	4,5	da	ne	6
80		DA	ne	L	5,2	ne	ne	6,3
100	DA		da	D	21,5	ne	da	-9,1
100	DA		da	D	20,8	da	da	-13,2
100	DA		da	D	13	ne	da	-17,7
100		DA	da	L	3,4	ne	ne	7
100		DA	da	L	8,2	ne	ne	6,3
100		DA	da	L	8,6	da	ne	7

Tabela 2: Meritve Spike velika – 1. krog.

Hitrost	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	0	5,70	3	0	1,15
40	4	6,23	3	1	3,08
60	6	8,95	3	5	7,20
80	5	11,53	1	3	8,25
100	6	12,58	2	3	10,05

Tabela 3 : Zapis povprečnih vrednosti za Spike velika – 1. krog.

Ugotovili smo, da so bile zaradi svoje velikosti in trde gume pri zelo majhnih hitrostih izjemno nenatančne. Povprečna napaka zavijanja in razdalje se je s hitrostjo povečevala. Potrdili smo, da ima premer gum velik vpliv na natančnost. Kot smo pričakovali, je do največjih odstopanj prišlo pri hitrosti 100 %, kjer je bila povprečna napaka zavijanja kar 12,58 cm. Ugotovili smo, da so gume zaradi svoje velikosti, majhne širine in gladkega materiale nezanesljive in preveč površne za uporabo, ker prihaja do spodrsavanja in posledično velikega odstopanja. Glede na meritve se je izkazalo, da je pogon spredaj tudi slabša izbira za robota.

2. SPIKE MALE KOLES



Slika 18: Merjenje premera kolesa Spike mala.

Spike male gume so manjše, zato smo pričakovali, da bo prihajalo do manjših odstopanj kot pri velikih gumah. Njihov premer je 5,5 cm.

Hitrost	Pogon spredaj	Pogon zadaj	Spodrsavanje	Zavijanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	DA		ne	D	4,5	ne	ne	2
20	DA		ne	D	4,5	ne	ne	2,5
20	DA		ne	D	5,8	ne	ne	1,3
20		DA	ne	L	8,3	ne	ne	2
20		DA	ne	L	5,6	ne	ne	2
20		DA	ne	L	6,2	ne	ne	1,8
40	DA		ne	D	15,1	ne	ne	0
40	DA		ne	D	13	ne	ne	1
40	DA		ne	D	11,8	ne	ne	0,4
40		DA	ne	L	2,8	ne	ne	2,3
40		DA	ne	L	5,4	ne	ne	2,3
40		DA	da	L	4,1	ne	ne	2,6
60	DA		da	D	19	ne	ne	-1,4
60	DA		da	D	13,3	ne	ne	0
60	DA		ne	D	11	ne	ne	0,4
60		DA	da	L	3	ne	ne	3,7
60		DA	da	L	7	ne	ne	3,4
60		DA	da	L	6,9	ne	ne	3,9
80	DA		ne	D	12,6	ne	da	0,9
80	DA		ne	D	13,5	ne	da	0,2
80	DA		ne	D	14,2	ne	da	0
80		DA	da	L	4	ne	ne	5
80		DA	da	L	5,3	ne	ne	4,7

80		DA	da	L	5,2	ne	ne	4,8
100	DA		ne	D	15,3	ne	da	0,8
100	DA		da	D	17	ne	da	0
100	DA		ne	D	15,8	ne	da	0
100		DA	da	L	5,3	ne	ne	4,8
100		DA	da	L	6	ne	ne	4,7
100		DA	da	L	2,3	ne	ne	4,7

Tabela 4: Meritve Spike mala – 1. krog.

Hitrost	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	0	5,82	0	0	1,93
40	1	8,70	0	0	1,43
60	5	10,03	0	0	2,13
80	3	9,13	0	3	2,60
100	4	10,28	0	3	2,50

Tabela 5: Zapis povprečnih vrednosti za Spike male – 1. krog.

Odstopanja so bila občutno manjša, kot smo pričakovali. Prav tako je bilo manj spodrsov in cukanja, kar je za robota zelo pomembno. Veliko bolje so se odrezale pri natančnosti glede na dolžino, so bila pa še vedno velika odstopanja pri zavijanju. Zopet se je izkazalo, da robot bolje deluje z zadnjim pogonom.

3. NXT KOLES



Slika 19: Merjenje premera kolesa NXT.

NXT gume so spet večji tip gum s premerom 8,1 cm. Glede na Spike velike imajo veliko mehkejšo gumo, kar omogoča boljši prijem. Glede na prejšnje rezultate je pričakovati ponovna odstopanja.



Slika 20: Menjava koles in prilagoditev robota.



Slika 21: NXT gume pogon spredaj.

Hitrost	Pogon spredaj	Pogon zadaj	Spodrsavanje	Zavijanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	DA		ne	L	2,3	ne	ne	0
20	DA		ne	L	0,7	ne	ne	0
20	DA		ne	L	6	da	ne	0
20		DA	ne	L	2,3	da	ne	0
20		DA	ne	L	3,1	ne	ne	0
20		DA	ne	L	2,3	ne	ne	0
40	DA		da	L	5,1	ne	ne	-3,7
40	DA		da	L	2,3	ne	ne	-3
40	DA		da	D	2,3	ne	ne	-4,2
40		DA	da	D	6,6	ne	ne	1,5
40		DA	da	D	2,3	ne	ne	1,4
40		DA	ne	D	1,1	ne	ne	2,8
60	DA		da	L	6,8	ne	da	-6,2
60	DA		da	L	4,7	ne	da	-6,8
60	DA		da	L	1,1	ne	da	-4,3
60		DA	da	D	1,1	ne	ne	4,2
60		DA	da	L	1,9	ne	ne	3,6
60		DA	da	D	1,6	ne	ne	4,2
80	DA		da	D	1,5	ne	da	-5,2
80	DA		da	D	9,2	ne	da	-13
80	DA		da	D	14,4	ne	da	-13
80		DA	da	L	4,2	ne	ne	7,5
80		DA	da	L	6	da	ne	6,3
80		DA	da	D	0,8	ne	ne	6,7
100	DA		da	D	18,5	da	da	-7,8
100	DA		da	D	23,2	da	da	-10,5
100	DA		da	D	13,9	ne	da	-5
100		DA	da	L	2,5	ne	ne	7,7
100		DA	da	L	2,3	ne	ne	4,8
100		DA	da	L	0,2	ne	da	7,3

Tabela 6: Meritve NXT – 1. krog.

Hitrost	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	0	1,28	2	0	0,00
40	5	2,90	0	0	2,77
60	6	2,87	0	3	4,88
80	6	6,02	1	3	8,62
100	6	10,07	2	4	7,18

Tabela 7: Zapis povprečnih vrednosti za NXT – 1. krog.

Kolesa so se izkazala za zelo zanesljiva in natančna glede na njihov premer. Ugotovili smo, da je očitna razlika v materialu gum, ki omogoča boljši prijem. Zopet lahko potrdimo manj napak pri vožnji robota z zadnjimi kolesi.

4. TRUCK KOLES



Slika 22: Meritve koles Truck.

So male gume s premerom 6,2 cm. So precej široke, kar omogoča dodaten oprijem s podlago.

Hitrost	Pogon spredaj	Pogon zadaj	Spodrsavanje	Zavijanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	DA		ne	D	6,7	ne	ne	0
20	DA		ne	D	7	ne	ne	0
20	DA		ne	D	5,4	ne	ne	0
20		DA	ne	L	1,4	ne	ne	0,1
20		DA	ne	L	2,7	ne	ne	0,2
20		DA	ne	D	0,3	ne	ne	0,4
40	DA		da	D	5,2	ne	ne	0
40	DA		ne	D	7,2	ne	ne	0,2
40	DA		ne	D	6,8	ne	ne	0,3
40		DA	ne	D	6,6	ne	da	1
40		DA	ne	L	2,7	ne	ne	1,2
40		DA	ne	D	3,8	ne	da	6,2
60	DA		ne	D	4,7	ne	da	0,7
60	DA		ne	L	3,7	ne	da	0
60	DA		ne	D	1,3	ne	da	0,1
60		DA	da	D	0,4	ne	ne	3,4
60		DA	da	D	1,7	da	ne	2,2
60		DA	da	L	1,3	da	ne	2,4
80	DA		ne	D	3,7	ne	da	0
80	DA		ne	D	5,8	da	da	-0,6
80	DA		da	D	7,2	ne	da	-0,2
80		DA	da	L	5,1	ne	ne	5,2
80		DA	da	D	2,6	ne	ne	3,8
80		DA	da	L	3,9	ne	ne	4
100	DA		ne	D	0,4	ne	da	0,5
100	DA		ne	D	6,8	da	da	-1,9
100	DA		da	D	7,8	ne	da	0,9
100		DA	da	D	0,6	ne	ne	3,5
100		DA	ne	D	3	ne	ne	4,4
100		DA	da	D	10,4	ne	ne	3,6

Tabela 8: Meritve Truck – 1. krog.

Hitrost	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	0	3,92	0	0	0,12
40	1	5,38	0	2	1,48
60	3	2,18	0	3	1,47
80	4	4,72	1	3	2,30
100	3	4,83	1	3	2,47

Tabela 9: Zapis povprečnih vrednosti za Truck – 1. krog.

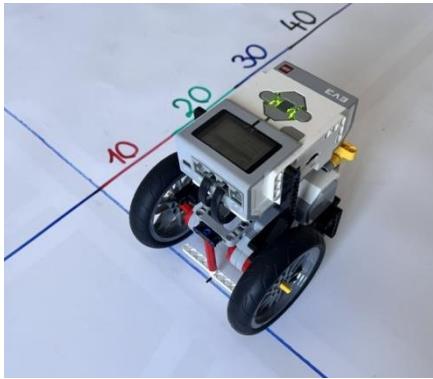
Gume so se izkazale za zelo dobre. Pri zavijanju je prišlo do napak predvsem zaradi cukanja koles. Ves čas so imele dober prijem. Zopet se je izkazalo, da je robot z zadnjim pogonom natančnejši.

5. MOTOCYCLING



Slika 23: Meritve koles Motocycling.

Izmed testiranih gum so s premerom 9,3 cm največje. Imajo mehko gumo, kar pomeni, da bi se lahko obnašale podobno kot NXT kolesa.



Slika 24: Meritve Motocycling koles.

Hitrost	Pogon spredaj	Pogon zadaj	Spodrsavanje	Zavijanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	20	DA		ne	D	4,4	ne	ne
20	20	DA		ne	D	5,2	ne	da
20	20	DA		ne	D	4,3	ne	ne
20	20		DA	ne	L	3,4	ne	ne
20	20		DA	ne	L	0,2	ne	ne
20	20		DA	ne	L	3,6	ne	ne
40	40	DA		da	D	16,6	ne	ne
40	40	DA		da	D	6,9	ne	da

40	40	DA		da		0	ne	da
40	40		DA	ne	L	2,1	da	ne
40	40		DA	da	L	3,3	da	ne
40	40		DA	da	L	8,5	je	ne
60	60	DA		da	D	15,7	ne	da
60	60	DA		da	D	3,5	ne	da
60	60	DA		da	D	19,7	ne	ne
60	60		DA	da	L	3,3	da	ne
60	60		DA	da	L	6,7	ne	ne
60	60		DA	da	L	6,8	ne	da
80	80	DA		da	D	29,8	ne	ne
80	80	DA		da	D	22	ne	da
80	80	DA		da	D	23,2	ne	da
80	80		DA	da	L	13,7	ne	ne
80	80		DA	da	L	4,4	ne	ne
80	80		DA	da	L	14,2	ne	ne
100	100	DA		da	D	28,7	ne	ne
100	100	DA		da	D	24,5	ne	da
100	100	DA		da	D	26,2	ne	da
100	100		DA	da	L	10,8	da	ne
100	100		DA	da	L	14,3	ne	ne
100	100		DA	da	L	15	ne	ne

Tabela 10: Meritve Motocycling – 1. krog.

Hitrost	Spodrsavanje	Napaka pri zavijanju	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	0	3,52	0	1	0,40
40	5	6,23	2	2	2,70
60	6	9,28	2	3	5,87
80	6	17,88	0	2	10,17
100	6	19,92	1	2	9,08

Tabela 11: Zapis povprečnih vrednosti za Motocycling – 1. krog.

Izkazalo se je, da so to najslabše gume. Prihajalo je do ogromnih napak, predvsem pri zavijanju. Pogosto je prihajalo do spodrsov. Pri hitrosti večji od 60 % je do spodrsa prišlo v vseh spustih. Pri hitrosti 40 % pa do cukanja ni prišlo zgolj enkrat. Tudi pri hitrosti 20 % je prišlo do cukanja pri ustavljanju. Zaradi svoje velikosti so hitrejše od ostalih, ampak tudi manj natančne.



Slika 25: Primer zavijanja gum.

3.3.4.1 Interpretacija rezultatov

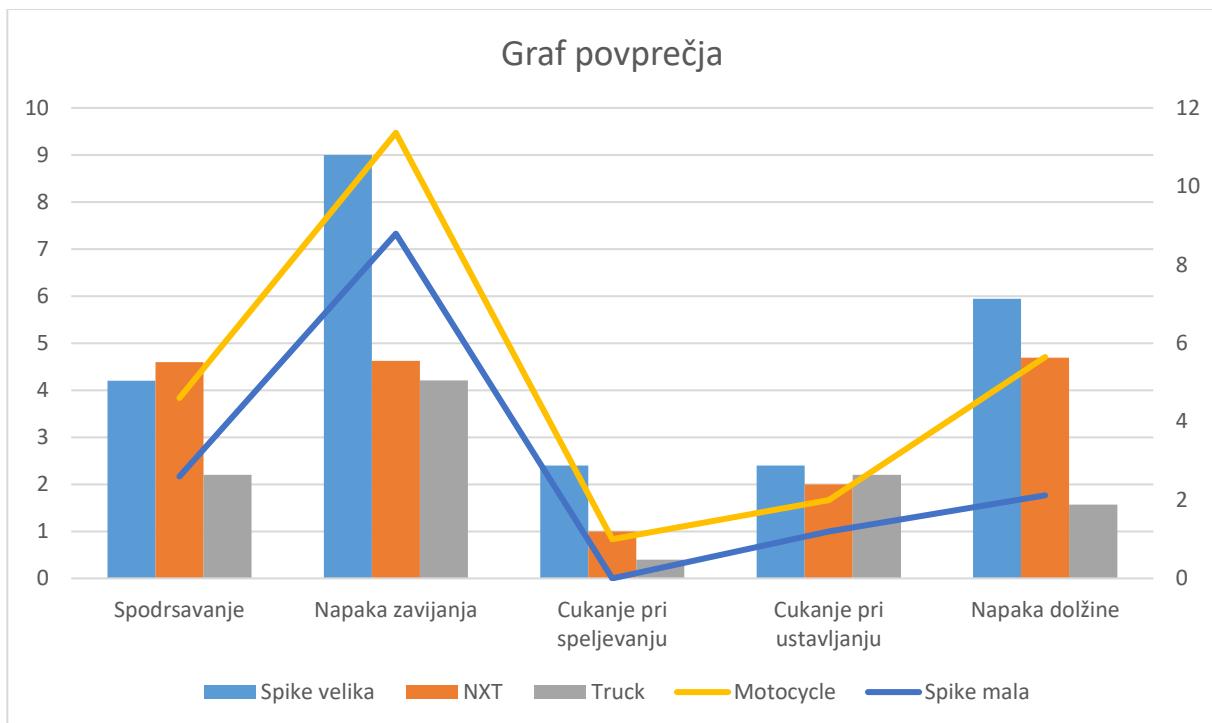
Iz podatkov, ki smo jih dobili, smo izdelali dve tabeli. Pri prvi tabeli smo preverili povprečne napake glede na hitrost, pri drugi tabeli pa skupne povprečne napake.

	Hitrost	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
Spike velika	20	0	5,70	3	0	1,15
	40	4	6,23	3	1	3,08
	60	6	8,95	3	5	7,20
	80	5	11,53	1	3	8,25
	100	6	12,58	2	3	10,05
NXT	20	0	1,28	2	0	0,00
	40	5	2,90	0	0	2,77
	60	6	2,87	0	3	4,88
	80	6	6,02	1	3	8,62
	100	6	10,07	2	4	7,18
Truck	20	0	3,92	0	0	0,12
	40	1	5,38	0	2	1,48
	60	3	2,18	0	3	1,47
	80	4	4,72	1	3	2,30
	100	3	4,83	1	3	2,47
Motocycle	20	0	3,52	0	1	0,40
	40	5	6,23	2	2	2,70
	60	6	9,28	2	3	5,87
	80	6	17,88	0	2	10,17
	100	6	19,92	1	2	9,08
Spike mala	20	0	5,82	0	0	1,93
	40	1	8,70	0	0	1,43
	60	5	10,03	0	0	2,13
	80	3	9,13	0	3	2,60
	100	4	10,28	0	3	2,50

Tabela 12: Povprečne napake glede na hitrost.

	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
Spike velika	4,2	9,00	2,4	2,4	5,95
NXT	4,6	4,63	1	2	4,69
Truck	2,2	4,21	0,4	2,2	1,57
Motocycle	4,6	11,37	1	2	5,64
Spike mala	2,6	8,79	0	1,2	2,12

Tabela 13: Povprečna vrednost napak.



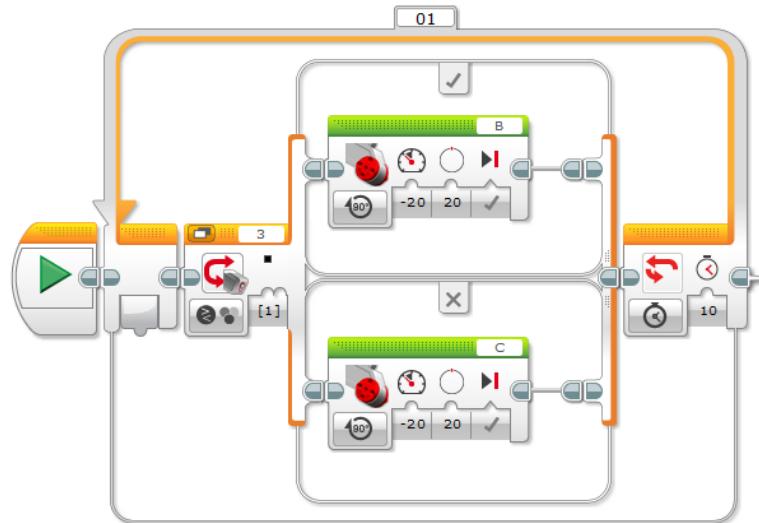
Pri tem smo izdelali grafikon, iz katerega je možno razbrati, da so najslabše gume Motocycle, najboljše pa Spike mala. Pri tem je opaziti, da imajo zelo malo odstopanja gume Truck.

Glede na izbrane rezultate smo se odločili naslednje:

- Testiranje bomo nadaljevali z gumami Spike mala, Truck in NXT. Pri tem imamo možnost testiranja treh najboljših gum. Prav tako imamo dobro razmerje med premerom in različno širino in materialom gum.
- Testirali bomo le vožnjo, kjer so kolesa zadaj.

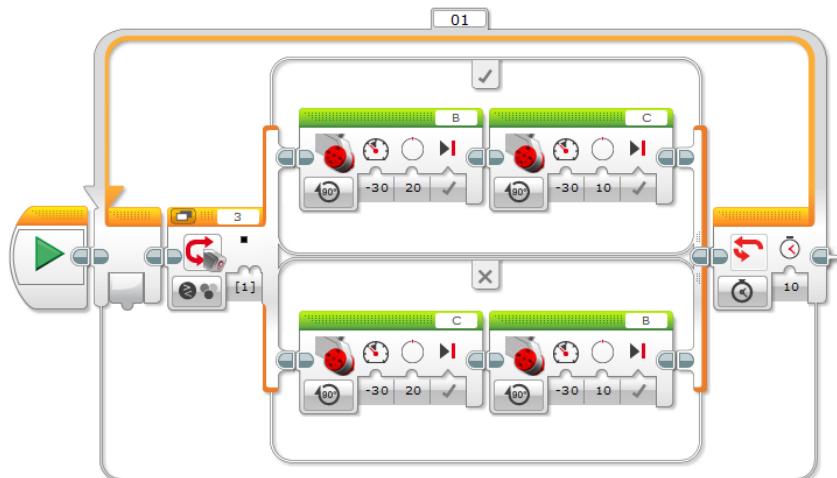
3.4 Vpliv Gyro senzorja na vožnjo naravnost

Poznamo veliko programov za zaznavanje črnih črt. Ti delujejo tako, da ves čas primerjajo pozicijo senzorja glede na črno in belo barvo. Spodaj imamo zapisan primer programa Sledi črni črti, ki deluje tako, da ponavlja program, ki z odbojem svetlobe meri razmerje med belo in črno barvo. Če robot zazna več bele barve kot črne, pa se obrne za dvajset stopinj.



Slika 26: Primer programa Sledi črni črti.

Takšen program je zelo počasen, saj naenkrat vrti le en motor. V kolikor ga želimo pohitriti, lahko to naredimo tako, da vrtimo istočasno obe kolesi, le da se pri tem eno kolo vrti hitreje od drugega.

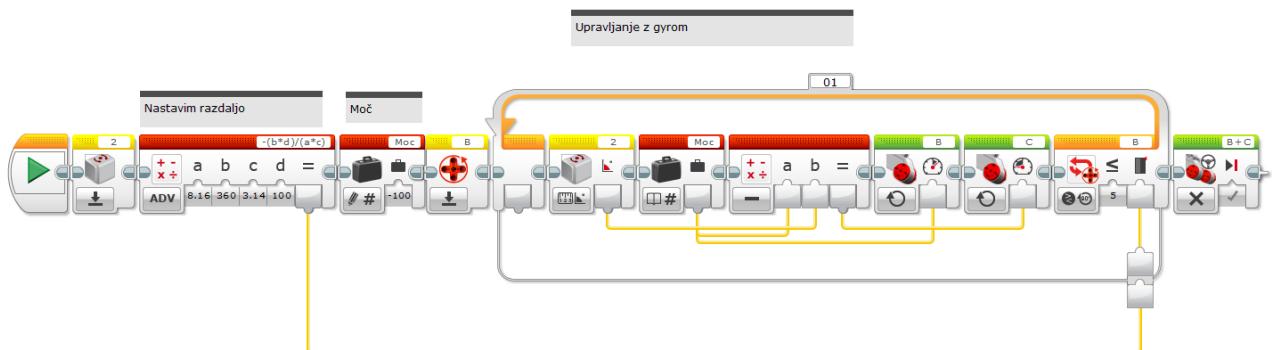


Slika 27: Primer pomiritvenega programa Sledi črni črti.

Pri tem smo dobili idejo, da bi lahko program za vožnjo naravnost napisali na podoben način, pri tem pa bi uporabili Gyro senzor. Program deluje na sledeči način:

- Na začetku resetiramo Gyro senzor – tako je vrednost Gyra 0° .
- Nato preračunamo izbrano razdaljo s pomočjo krožnega loka in središčnega kota.
- Uvedemo novo spremenljivko moč. Ta je pomembna, ker jo bomo potrebovali za korekcijo poti.
- Resetiramo motor B. Z njim bomo merili, kdaj smo posamezno razdaljo dosegli.
- Nato naredimo zanko, kjer bomo ves čas preverjali razdaljo, v njej pa popravljali smer vožnje.
 - Vožnjo naravnost smo razdelili na dva posamezna bloka – vožnja motorja B in vožnja motorja C.
 - Motor B se ves čas vozi s hitrostjo imenovano *moč*.
 - Motor C korigiramo s pomočjo Gyro senzorja. Glede na postavitev Gyra in smeri motorja smo ugotovili, da moramo s pomočjo matematike blok Gyro in *moč* odšteti. Tako dobimo novo moč. Če bo robot zavijal v levo, se bo motor C upočasnil in bo zopet vozil naravnost. V primeru zavijanja v desno pa motor C vozi hitreje, da zopet postavi vrednost Gyra na 0° .

Na takšen način smo program Sledi črni prilagodili na program vožnje naravnost.



3.4.1 Testiranje z Gyro senzorjem

Ob testiranju gum je prišlo do ogromnih odstopanj pri zavijanju. Tudi gume, ki so se izkazale kot najboljše, so v povprečju pri hitrosti 20 % zavijale za kar 6 cm. Takšno zavijanje lahko pri tekmovanju hitro pripelje do nenatančnosti in robot posledično nalog ne opravi tako, kot je potrebno.

Ugotovili smo, da konstrukcija robota in uporaba pravilnih gum nista edina faktorja, ki vplivata na njegovo natančnost. Pomembna je tudi uporaba pravilnih senzorjev, ki robotu pomagajo zbirati podatke za doseganje natančnosti. Poleg senzorjev, ki zaznavajo barvo, je pri lego robotiki izjemno pomemben Gyro senzor ali žiroskopski senzor.

Gyro senzor, znan tudi kot senzor kotne hitrosti, lahko zazna spremembe kota vrtenja na časovno enoto. To omogoča zaznavanje količin, kot so smer vrtenja, kot vrtenja in vibracije. Senzor robotu pomaga popraviti napake, ki nastanejo pri zavijanju.

Odločili smo se gume, ki so se pri testiranju najbolje izkazale, testirati z uporabo Gyro senzorja na robotu. Tako bi lahko ugotovili, kakšen vpliv ima senzor na robote in ali res zmanjša napako pri zavijanju.

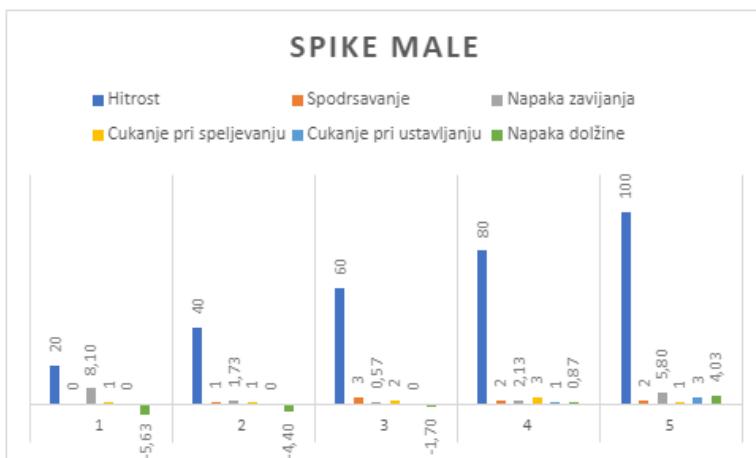
1. SPIKE MALA KOLESA

Hitrost	Pogon zadaj	Spodrsavanje	Zavijanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	DA	NE	D	10,6	DA	NE	-6
20	DA	NE	D	8,2	NE	NE	-5,7
20	DA	NE	D	5,5	NE	NE	-5,2
40	DA	NE	D	1,3	NE	NE	-4,7
40	DA	DA	L	2	DA	NE	-4,5
40	DA	NE	D	1,9	NE	NE	-4
60	DA	DA	D	0,6	DA	NE	-1,3
60	DA	DA	L	1,1	DA	NE	-2,6
60	DA	DA	NE	0	NE	NE	-1,2
80	DA	DA	L	4,2	DA	NE	0,9
80	DA	DA	D	0,7	DA	NE	0,8
80	DA	NE	L	1,5	DA	DA	0,9
100	DA	DA	L	6	NE	DA	3,6
100	DA	DA	L	5,5	DA	DA	4,2
100	DA	NE	L	5,9	NE	DA	4,3

Tabela 14:Povprečne napake glede na hitrost z Gyro senzorjem - Spike mala.

Hitrost	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	0	8,10	1	0	-5,63
40	1	1,73	1	0	-4,40
60	3	0,57	2	0	-1,70
80	2	2,13	3	1	0,87
100	2	5,80	1	3	4,03

Tabela 15: Povprečna vrednost napak z Gyro senzorjem - Spike mala.



Pi malih Spike gumah smo ugotovili, da se napaka zavijanja občutno zmanjša v vseh primerih razen pri izredno mali hitrosti 20 %. Tako je povprečna napaka pri zavijanju z Gyro senzorjem zgolj 3,6 cm, brez senzorja pa je bila 8,9 cm. To pomeni, da se je napaka pri zavijanju zmanjšala za približno 60 %. Rezultati kažejo, da je najboljša hitrost vožnje med 40 % in 60 %. Še vedno opazimo, da je problem cukanje in spodrsavanje robota, kar je lahko posledica nenatančnosti robota.

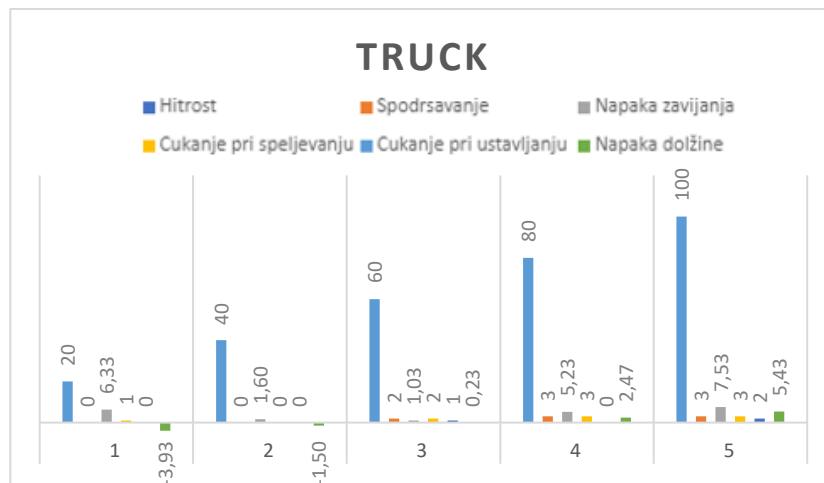
2. TRUCK KOLES

Hitrost	Pogon zadaj	Spodrsavanje	Zavijanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	DA	NE	D	7,5	DA	NE	-4,2
20	DA	NE	D	4,7	NE	NE	-3,9
20	DA	NE	D	6,8	NE	NE	-3,7
40	DA	NE	L	2,1	NE	NE	-1,3
40	DA	NE	D	2,4	NE	NE	-1,5
40	DA	NE	D	0,3	NE	NE	-1,7
60	DA	DA	L	2,4	DA	NE	-0,2
60	DA	DA	L	0,4	DA	NE	0,4
60	DA	NE	D	0,3	NE	DA	0,5
80	DA	DA	L	7,7	DA	NE	1,6
80	DA	DA	L	4,6	DA	NE	2,8
80	DA	DA	L	3,4	DA	NE	3
100	DA	DA	L	6,4	DA	DA	5,5
100	DA	DA	L	7,9	DA	DA	5,4
100	DA	DA	L	8,3	DA	NE	5,4

Tabela 16: Povprečne napake glede na hitrost z Gyro senzorjem - Truck.

Hitrost	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	0	6,33	1	0	-3,93
40	0	1,60	0	0	-1,50
60	2	1,03	2	1	0,23
80	3	5,23	3	0	2,47
100	3	7,53	3	2	5,43

Tabela 17: Povprečna vrednost napak z Gyro senzorjem - Truck.



Tudi pri teh gumah je bilo opaziti izboljšanje vožnje s pomočjo Gyro senzorja. Napaka je bila do hitrosti 60 % veliko manjša kot pri Spike kolesih. Povprečna napaka je bila zgolj 2,7 cm, medtem ko je bila brez Gyro senzorja 4,2 cm.

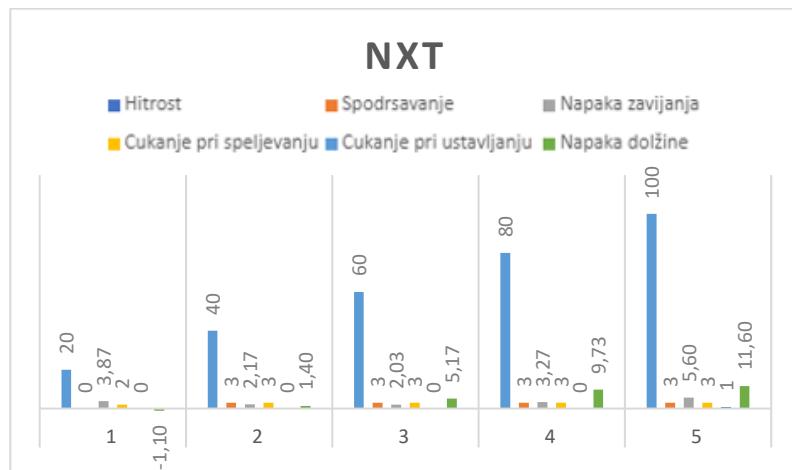
3. NXT KOLES

Hitrost	Pogon zadaj	Spodrsavanie	Zavijanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	DA	NE	D	3,6	NE	NE	-0,9
20	DA	NE	D	4,6	DA	NE	-1,2
20	DA	NE	D	3,4	DA	NE	-1,2
40	DA	DA	D	1,7	DA	NE	1,6
40	DA	DA	D	2,4	DA	NE	0,8
40	DA	DA	D	2,4	DA	NE	1,8
60	DA	DA	D	0,7	DA	NE	5
60	DA	DA	D	3,5	DA	NE	5,8
60	DA	DA	D	1,9	DA	NE	4,7
80	DA	DA	D	4,1	DA	NE	10,4
80	DA	DA	L	0,2	DA	NE	8,9
80	DA	DA	D	5,5	DA	NE	9,9
100	DA	DA	L	3,5	DA	NE	11,7
100	DA	DA	L	6,4	DA	NE	11,8
100	DA	DA	D	6,9	DA	DA	11,3

Tabela 18: Povprečne napake glede na hitrost z Gyro senzorjem - NXT.

Hitrost	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	0	3,87	2	0	-1,10
40	3	2,17	3	0	1,40
60	3	2,03	3	0	5,17
80	3	3,27	3	0	9,73
100	3	5,60	3	1	11,60

Tabela 19: Povprečna vrednost napak z Gyro senzorjem - NXT.



Pri NXT gumarah se je izboljšanje prav tako pokazalo pri vseh hitrostih razen pri 20 %. Razlika v napaki je bila sicer veliko manjša. Največja je bila pri hitrosti 100 %, kjer se je napaka zmanjšala skoraj za pol. Povprečna napaka z Gyro senzorjem je bila 5,8 cm, medtem ko je bila brez Gyro senzorja 4,7 cm, kar pomeni, da se je napaka zmanjšala za približno 26 %.

	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
Spike mala	2,6	8,79	0	1,2	2,12
Truck	2,2	4,21	0,4	2,2	1,57
NXT	4,6	4,63	1	2	4,69

Tabela 20: Povprečna vrednost napak brez Gyro senzorja.

	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
Spike mala	1,6	3,67	1,60	0,80	3,33
Truck	1,6	4,35	1,80	0,60	2,71
NXT	2,4	3,39	2,80	0,20	5,80

Tabela 21: Povprečna vrednost napak z Gyro senzorja.

Iz teh poskusov smo ugotovili, da je Gyro senzor res pomemben del robota, ki močno vpliva na njegovo natančnost. Pri tem smo zelo zmanjšali zavijanje robota.

Klub dobri konstrukciji robota in zmanjšanju napake zavijanja s senzorji se še vedno srečujemo z velikim odstopanjem pri dolžini. Do napak večinoma pride zaradi cukanja robota na začetku in koncu ter zaradi spodrov, do katerih pride.

Ko smo primerjali vse rezultate izmerjene ob testiranju gum, smo ugotovili, da pride do več cukanja, če je pogon na sprednji strani, zato smo se odločili program sestaviti tako, da je pogon na zadnji strani robota in testiranja nadaljevati s tem programom.

3.5 Odprava napake za spodrsavanje

Ugotovili smo že, da je manj spodrov in cukanja, če imamo pogon na zadnjem delu robota, ampak za natančnega robota je potreben tudi dobro sestavljen program. Osnovni bloki za vožnjo naravnost ne pospešujejo ali zavirajo, celoten čas vožnje imajo isto hitrost, zaradi česar na začetku in koncu prihaja do nenadnih sprememb hitrosti, ki povzročijo spodrsavanja in cukanje.

Če s pospeševanjem in zaviranjem preprečimo nenadno spremembo hitrosti, lahko odpravimo cukanja in spodrsavanje, ker hitrost stopnjuje počasi.

Ideja za algoritmom je sledeča:

- Ves čas izvajanja programa bo prisoten Gyro senzor, ki bo preprečeval zavijanje.
- Program bo razdeljen na 3 različne stopnje:
 - 1. stopnja: pospeševanje robota do želene hitrosti;
 - 2. stopnja: vožnja robota s konstantno hitrostjo;
 - 3. stopnja: zaviranje robota.

S takšno idejo lahko zapišemo program, ki bo ves čas pripomogel, da robot ne bo drsel.

Pojavi pa se nov problem, in sicer je takšna vožnja primer enakomernega pospeševanja, kar fizikalno pomeni:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

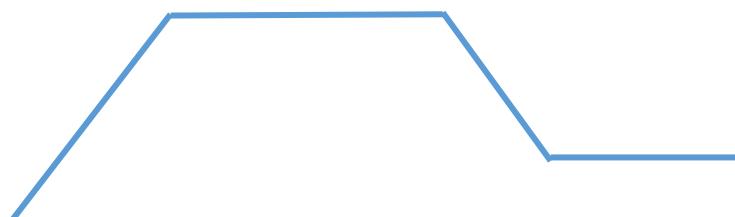
Za zapis algoritma bi bil potreben podatek o času in pospešku, žal pa se takšnega podatka na tem nivoju robotike ne da pridobiti, zato smo se odločili, da bomo poskrbeli za nov trik, kako izračunati posamezne odseke. Program uravnavamo s pomočjo spremenljivk. Z branjem dolžine poti smo se znebili splošne fizikalne formule, kjer je pospešek definiran s pomočjo časa. Praviloma ima naš graf hitrosti obliko trapeza, v kolikor pa vnesemo preveliko hitrost, pa s spremenljivkami v nadaljevanju programa prebiramo trenutne hitrosti in se na ta način znebimo tako imenovanih špic in preskokov.

Tako smo morali spremeniti način zaviranja in mu dodati še eno stopnjo – konstantna vožnja. V nasprotnem primeru bi se lahko zgodile napake v programu.

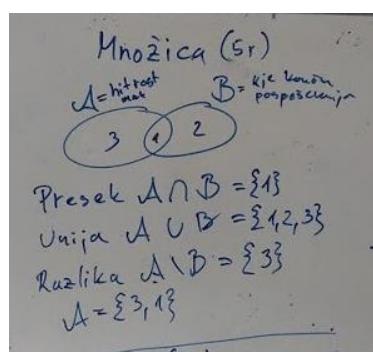


V programu smo se odločili, da bomo v času pospeševanja brali, kolikokrat se motor B zasuče. Pri tem vemo, da je dolžina pospeševanja približno enaka dolžini zaviranja. Ker pa se naš robot že giblje in elektro motor ne zavira, smo programu dodali še dodatnih 100 rotacij, da lahko vedno ujame napako. Tako ima naš program sledeče stopnje:

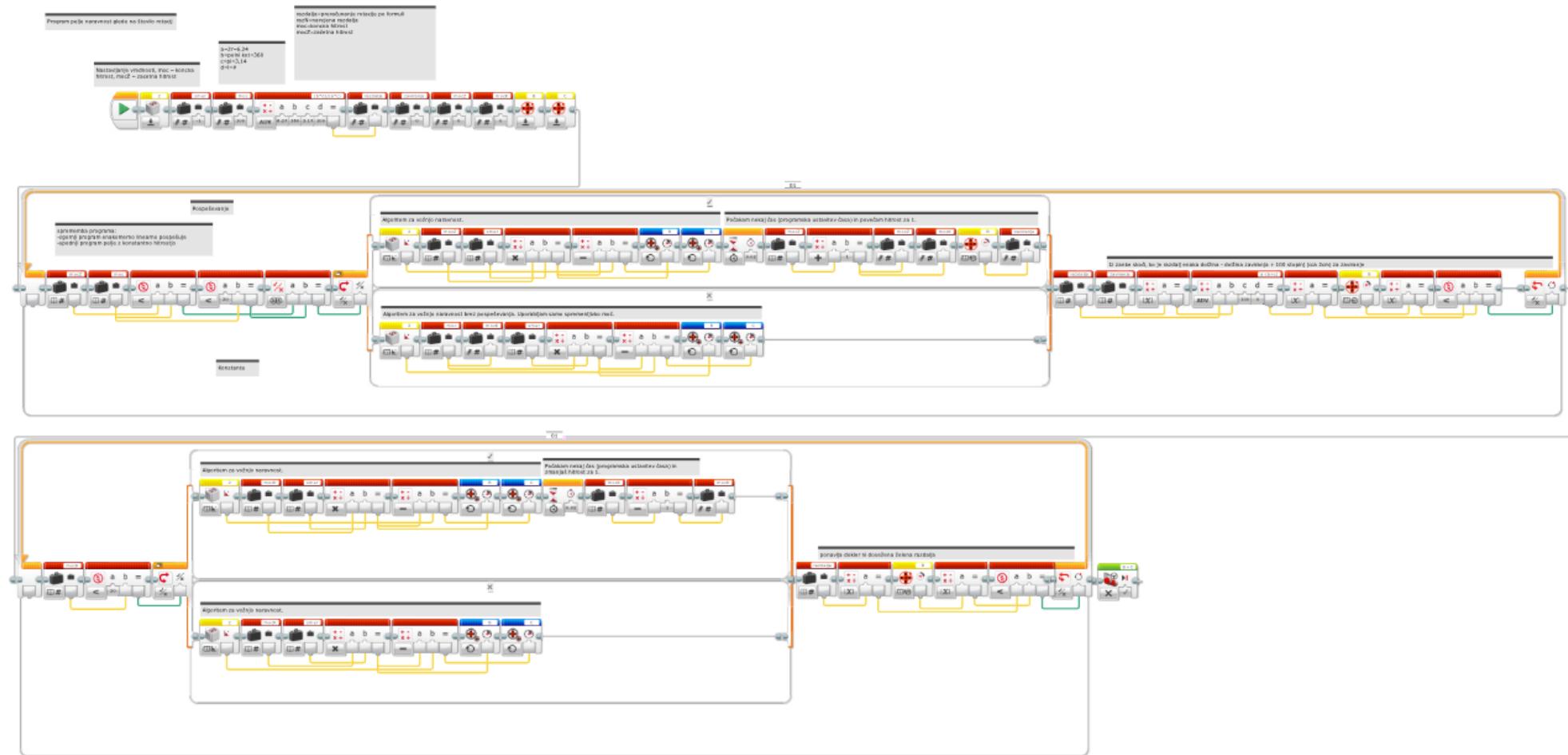
- 1. stopnja: Pospešuje do želene hitrosti in šteje razdaljo.
- 2. stopnja: Vozi se enakomerno in se ustavi pri razdalji (razdalja = celotna razdalja – razdalja pospeševanja – 100 korakov).
- 3. stopnja: Program zavira.
- 4. stopnja: Program se vozi z enakomerno hitrostjo 20 %, dokler ne doseže želene razdalje.



V program smo vključili še absolutno vrednost, ki pomaga, da lahko uporabimo isti program za vožnjo naprej in nazaj.



Slika 28: Ponazoritev smer vožnje z množicami.



Slika 29: Končni program pospeševalno-zaviralnega algoritma.

3.5.1 Pospeševanje in zaviranje

Poskus testiranja smo ponovili za vse 3 gume. Pri tem nas je zanimalo, ali se bo poleg napake dolžine zmanjšala tudi napaka zavijanja.

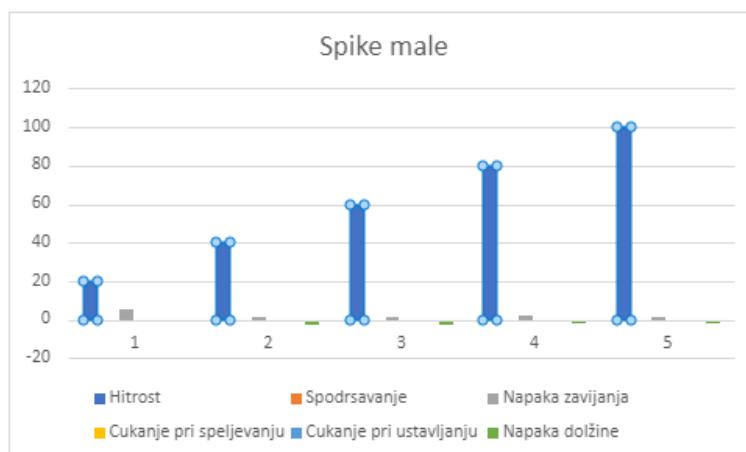
1. SPIKE MALA KOLESА

Hitrost	Pogon zadaj	Spodrsavanje	Zavijanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	DA	NE	D	4,1	NE	NE	-3,6
20	DA	NE	D	6	NE	NE	4,2
20	DA	NE	D	4,9	NE	NE	-4
40	DA	NE	D	1,9	NE	NE	-3
40	DA	NE	D	0,3	NE	NE	-2,8
40	DA	NE	D	1,2	NE	NE	-2,9
60	DA	NE	D	0,8	NE	NE	-2,6
60	DA	NE	L	1,3	NE	NE	-2,1
60	DA	NE	L	0,8	NE	NE	-2,3
80	DA	NE	L	1,7	NE	NE	-2,2
80	DA	NE	L	2,8	NE	NE	-2
80	DA	NE	L	1,7	NE	NE	-2,1
100	DA	NE	L	1,4	NE	NE	-2,6
100	DA	NE	L	1,3	NE	NE	-2,3
100	DA	NE	L	1,8	NE	NE	-1,9

Tabela 22: Povprečne napake glede na hitrost s pospeševalno-zaviralnim algoritmom - Spike mala.

Hitrost	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	0	5,00	0	0	-1,13
40	0	1,13	0	0	-2,90
60	0	0,97	0	0	-2,33
80	0	2,07	0	0	-2,10
100	0	1,50	0	0	-2,27

Tabela 23: Povprečna vrednost napak s pospeševalno zaviralnim algoritmom - Spike mala.



Male Spike gume so ob prvih testiranjih z osnovnim programom spodrsavale kar 13-krat, z našim podprogramom pa smo spodrsavanje 100 % odpravili. Prav tako smo odpravili cukanje pri ustavljanju, ki se je na začetku zgodilo 6-krat pri višjih hitrostih.

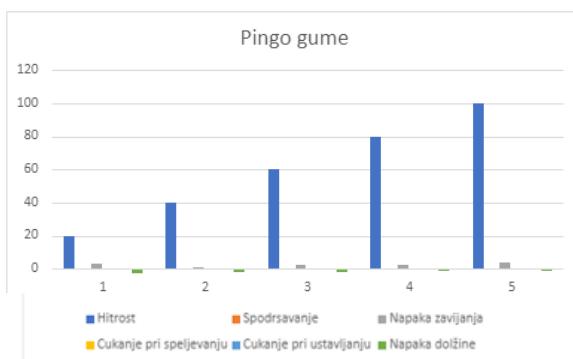
2. TRUCK KOLES

Hitrost	Pogon zadaj	Spodrsava nje	Zavijanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	DA	NE	D	3,4	NE	NE	-2,7
20	DA	NE	D	0,9	NE	NE	-2,7
20	DA	NE	D	3,8	NE	NE	-3,1
40	DA	NE	L	1,6	NE	NE	-1,5
40	DA	NE	D	1	NE	NE	-1,5
40	DA	NE	L	0,6	NE	NE	-2,1
60	DA	NE	L	2,3	NE	NE	-2
60	DA	NE	L	3,4	NE	NE	-1,4
60	DA	NE	L	1,3	NE	NE	-1,6
80	DA	NE	L	1,7	NE	NE	-1,6
80	DA	NE	L	2,2	NE	NE	-1,5
80	DA	NE	L	3,4	NE	NE	-1,1
100	DA	NE	L	4,6	NE	NE	-1,3
100	DA	NE	L	1,3	NE	NE	-1
100	DA	NE	L	5,3	NE	NE	-1,2

Tabela 24:Povprečne napake glede na hitrost s pospeševalno-zaviralnim algoritmom - Truck.

Hitrost	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	0	2,70	0	0	-2,83
40	0	1,07	0	0	-1,70
60	0	2,33	0	0	-1,67
80	0	2,43	0	0	-1,40
100	0	3,73	0	0	-1,17

Tabela 25: Povprečna vrednost napak s pospeševalno zaviralnim algoritmom - Truck.



Prav tako smo spodrsavanje in cukanje 100 % odpravili pri Truck gumah. Do spodrsavanja je pri pravih testih prišlo 11-krat, do cukanja pa kar 13-krat. Z odpravo teh smo zmanjšali tudi odstopanja v dolžini in seveda izboljšali natančnost robota.

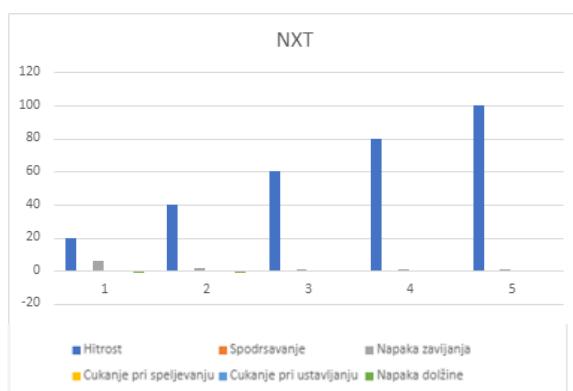
3. NXT KOLESA

Hitrost	Pogon zadaj	Spodrsava nje	Zavijanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	DA	NE	D	4	NE	NE	-1,2
20	DA	NE	D	8,4	NE	NE	-1,5
20	DA	NE	D	4,4	NE	NE	-0,5
40	DA	NE	D	1,9	NE	NE	-0,6
40	DA	NE	D	2,9	NE	NE	-1,1
40	DA	NE	D	0,9	NE	NE	-1,4
60	DA	NE	D	1,2	NE	NE	-0,3
60	DA	NE	D	1,5	NE	NE	-0,6
60	DA	NE	L	0,3	NE	NE	-0,4
80	DA	NE	D	0,2	NE	NE	0
80	DA	NE	D	0,9	NE	NE	-0,5
80	DA	NE	L	2	NE	NE	-0,4
100	DA	NE	L	0,9	NE	NE	-0,9
100	DA	NE	D	1,2	NE	NE	0,3
100	DA	NE	D	0,9	NE	NE	0

Tabela 26: Povprečne napake glede na hitrost s pospeševalno-zaviralnim algoritmom - NXT.

Hitrost	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
20	0	5,60	0	0	-1,07
40	0	1,90	0	0	-1,03
60	0	1,00	0	0	-0,43
80	0	1,03	0	0	-0,30
100	0	1,00	0	0	-0,20

Tabela 27: Povprečna vrednost napak s pospeševalno zaviralnim algoritmom - NXT.



Gume so slabše, zato smo na začetku pričakovali slabše rezultate, ampak so se kljub temu odlično odrezale. Prav tako smo 100 % odpravili vse spodrsljaje. V kar 73 % smo dosegli napako dolžine manj kot centimeter, kar je velika izboljšava glede na prva testiranja, ko so se napake gibale nad 7 cm. Naš program se je izkazal za učinkovitega, ker je bistveno zmanjšal napako v dolžini ter popolnoma preprečil cukanje tudi pri izredno veliki hitrosti.

	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
Spike mala	2,6	8,79	0	1,2	2,12
Truck	2,2	4,21	0,4	2,2	1,57
NXT	4,6	4,63	1	2	4,69

Tabela 28: Povprečna vrednost napak brez Gyro senzorja.

	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
Spike mala	1,6	3,67	1,60	0,80	3,33
Truck	1,6	4,35	1,80	0,60	2,71
NXT	2,4	3,39	2,80	0,20	5,80

Tabela 29: Povprečna vrednost napak z Gyro senzorja.

	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
Spike mala	0,00	2,13	0,00	0,00	-2,15
Truck	0,00	2,45	0,00	0,00	-1,75
NXT	0,00	2,11	0,00	0,00	-0,61

Tabela 30: Povprečna vrednost napak s pospeševalno zaviralnim-algoritmom.

Izkazalo se je, da je bil naš pospeševalno-zaviralni algoritem ključnega pomena pri natančnosti vožnje. Izkazalo se je celo, da so lahko kolesa, ki so imela v prejšnjih testiranjih slabše rezultate, enako ali celo bolj konkurenčna od predhodnih finalistov.

Ker smo pri nadaljnji raziskavi ugotovili, da največkrat vozimo med 30 % in 80 % hitrosti, smo ponovili računanje statističnih napak. Ponovno smo izračunali povprečje, če ne vozimo s hitrostjo 100 %. Ta test in napake nimajo smisla, saj robot ne more voziti s 101 % hitrosti in pri tem lahko popravlja vožnjo robota le v eno smer. Tako smo dobili novo tabelo.

	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
Spike mala	0,00	2,29	0,00	0,00	-2,12
Truck	0,00	2,13	0,00	0,00	-1,90
NXT	0,00	2,38	0,00	0,00	-0,71

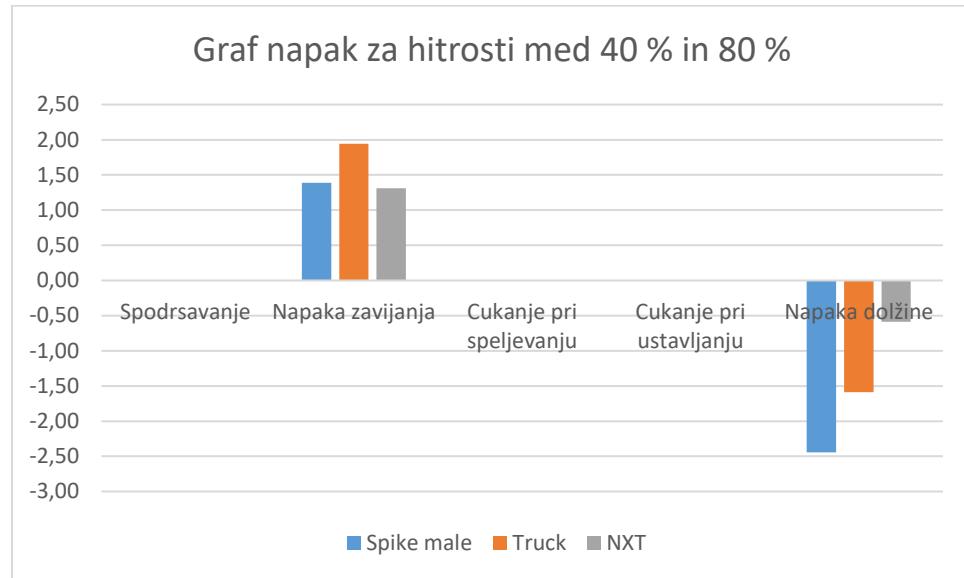
Tabela 31: Tabela za pospeševalno-zaviralni algoritem brez hitrosti 100 %.

Ker pri hitrosti 20 % naš algoritem ne pospešuje, lahko pride do posameznega cukanja in nenatančnosti ob pospeševanju, zato lahko naš robot začne zavijati. Pri obdelavi podatkov smo tako upoštevali le srednje hitrosti med 40 % in 80 %.

	Spodrsavanje	Napaka zavijanja	Cukanje pri speljevanju	Cukanje pri ustavljanju	Napaka dolžine
Spike mala	0,00	1,39	0,00	0,00	-2,44
Truck	0,00	1,94	0,00	0,00	-1,59
NXT	0,00	1,31	0,00	0,00	-0,59

Tabela 32: Pospeševalno zaviralni algoritem za hitrosti med 40 % in 80 %.

Glede na raziskavo smo ugotovili, da kolesa NXT in Spike mala občutno popravijo napake zavijanja pri večjih hitrostih.



Iz grafa je razvidno, da se napake še vedno pojavljajo, ampak so minimalistične. Iz rezultatov je razvidno, da se najbolje obnesejo kolesa NXT, ki zmanjšajo napako zavijanja in napako dolžine. Napako zavijanja najverjetneje lažje uravnavajo zaradi večjega premera koles, saj za njih pospešek +1 ali pojemek -1 predstavlja veliko večjo hitrost in hitrejše popravke med vožnjo. Prav tako je presenetil rezultat dolžine poti in to, da so imela večja kolesa natančnejšo razdaljo. Glede na začetno tabelo smo ugotovili, da smo napako odpravili vsaj za 300 %, kar je precejšen dosežek.

4 Sklepne ugotovitve

Na začetku raziskovanja smo si podali raziskovalno vprašanje:

Ali lahko s pomočjo senzorjev izboljšamo vožnjo naravnost?

Skozi raziskovalno nalogu smo naredili osnovni model robota, pri čemer smo najprej ugotovili, da na natančnost vožnje vpliva tudi način pogona. Iz rezultatov testiranja smo ugotovili, da je robot najbolj natančen, kadar ima pogon zadaj. Na to najverjetnejše vplivata masa robota in pogon, saj če primerjamo stabilnost, morata biti moč in porazdelitev teže vedno v ustrezном razmerju.

Pri testiranju smo opazili, da kadar uporabljamo navaden program, kolesa drsijo in se robot ne ustavi na ustreznom mestu. Zato smo kasneje v program dodali Gyro senzor.

S pomočjo Gyro senzorja smo umirili zavijanje robota in tako dosegli večjo natančnost robota. Ugotovili smo, da se je napaka glede koles vsaj za polovico zmanjšala. Še vedno pa nismo odpravili težave z drsenjem koles in predolgo vožnjo. Prav tako je bil robot še vedno odvisen od velikosti gum, pri čemer se je izkazalo, da je bil pri večjih kolesih manj natančen. Seveda je takšno dejanje normalno, saj večja kot so kolesa, večji je navor in težje je kontrolirati končni izid.

Kasneje smo s programiranjem dodali pospeševalno-zavirralni algoritem. Ta spremembra ni bila toliko odvisna od Gyro senzorja, saj smo v programu uvedli le konstanto, ki je počasi stopnjevala hitrost motorja. Gyro senzor je bil prisoten tudi pri pospeševalnem delu, a ni glavni razlog za delovanje programa. S pametno delitvijo problema in s fizikalnim pristopom smo uspeli popraviti tudi začetek in konec programa ter izboljšali njegovo natančnost.

Tako lahko pridemo do končne ugotovitve, da senzorji pripomorejo k izboljšanju natančnosti vožnje, ampak pri tem niso edini razlog. Kadar uporabljamo senzorje, moramo tudi »pametno« programirati in gledati na problem kot celoto. V našem primeru je bilo treba združiti več različnih rešitev in pristopov in ne le uporabo senzorjev.

Lahko rečemo, da v kolikor bi se poglobili tudi v samo robotsko tekmovanje, pa samo programiranje in uporaba senzorjev nista zadosten pogoj, pomembna je tudi konstrukcija robota in nastavkov.

5 Zaključek

V času raziskovanja smo ugotovili, da so problemi večplastni. Uživali smo v sestavljanju robota in izvedbi testiranja. Hitro smo ugotovili, da je zelo pomembno znanje programiranja, še bolj pa poznavanje samega problema. Nekateri rezultati testiranja so nas precej presenetili. Zadovoljni smo, da smo tekom raziskovalne naloge ugotovili, da ima naš robot na sebi ene izmed boljši gum, ki nam pomagajo pri doseganju naših ciljev. Glede na podane rezultate pa bomo zagotovo premislili o umestitvi NXT koles, pri čemer bo pred posamezno odločitvijo potrebno opraviti še dodatna testiranja.

Viri in literatura

FIRST Lego League Challenge. Pridobljeno 25. 2. 2024 s

https://en.wikipedia.org/wiki/FIRST_Lego_League_Challenge.

How does an Electric Motor work? (DC Motor). Pridobljeno 20. 2. 2024 s

<https://www.youtube.com/watch?v=CWuIQ1ZSE3c>.

Lego Mindstorms. Pridobljeno 25. 2. 2024 s https://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms.

Robot Game Rulebook. Pridobljeno 25. 2. 2024 s <https://www.firstinspires.org/resource-library/fll/challenge/challenge-and-resources>.

What is FIRST Robotics? Pridobljeno 25. 2. 2024 s <https://www.youtube.com/watch?v=CSSAQ6KH-2s>.