

TARTU ÜLIKOOL
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Tehnoloogiainstituut

Andres Mihkelson

**Robotikavõistluse formaadi *FIRST Tech Challenge*
rakendamine Eestis**

Bakalaureusetöö (12 EAP)
Arvutitehnika eriala

Juhendaja:
Heilo Altin

Tartu 2016

Robotikavõistluse formaadi *FIRST Tech Challenge* rakendamine Eestis

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on anda ülevaade robotikavõistluse formaadist *FIRST Tech Challenge*, viia läbi selle formaadi pilootvõistlus ning analüüsida võistlejatelt ja Eesti koolirobootika juhendajatelt kogutud tagasisidet. Samuti tuuakse välja võrdlus teiste samale vanuseastmele sobivate võistlusaladega viimaste aastate suurematel robotikavõistlustel Eestis. Töö põhjal saab järgnevatel hooaegadel võistlusi planeerides teha otsuseid formaadiga jätkamise või sellest loobumise osas. Läbiviidud uuringutest selgub, et võistlusega edasi tegeleda soovijad on olemas, kuid neid ei ole palju. Üheks peamiseks takistuseks on eelkõige võimalused muretseda vahendeid robotite ja võistlusväljakute ehitamiseks.

Märksõnad: *FIRST Tech Challenge*, robootika, robotikavõistlus, koolirobootika

CERCS: T125 (automatiseerimine, robootika, automaatika)

***FIRST Tech Challenge* pilot program in Estonia**

The aim of this bachelor's thesis is to provide an overview of the *FIRST Tech Challenge*, organize Estonian pilot for the competition format and analyse the feedback from the participants and robotics supervisors from Estonian schools. Also a comparison between *FIRST Tech Challenge* and other possible competitions currently taking place in Estonia for the age group is given. Based on the thesis, future organisers of robotic competitions can decide, if they should continue using the *FIRST Tech Challenge* format or not. Based on surveys conducted by the author we know, that there are some teams who would like to continue or start participating, but there are not many. One of the main reasons for that is the lack of funds to buy parts for the robots and competition fields.

Keywords: *FIRST Tech Challenge*, robotics, robotics competition, school robotics

CERCS: T125 (automation, robotics, control engineering)

Sisukord

1	Sissejuhatus	4
1.1	Töö eesmärk ja ülevaade	5
2	<i>FIRST Tech Challenge</i>	6
2.1	Ülevaade	6
2.2	Turniiri korraldus	8
2.3	Võistlusülesannete näiteid	10
2.3.1	Hooaeg 2014/15	10
2.3.2	Hooaeg 2015/16	11
2.4	Kasutatavad robotid	13
2.4.1	Riistvara	13
2.4.2	Tarkvara	15
2.5	Võistkonna eelarve planeerimine	16
3	Pilootvõistlus	17
3.1	Näidisroboti ja materjalide kogu loomine	18
3.2	Võistluse läbiviimine	21
4	Tagasiside ja analüüs	23
4.1	Pilootvõistlus	23
4.2	Koolirobootika juhendajate huvi	25
5	Võrdlus alternatiividega	27
	Kokkuvõte	29
	Viited	30
	Lisad	33
	Lihtlitsents	34

1 Sissejuhatus

Koolirobootika on viimastel aastatel jõudnud Eestis suurte inimhulkadeni. Üheks väga oluliseks teguriks selle juures on olnud MTÜ Robootika poolt läbi viidud koolirobootika projekt, milles osalevaid koole oli 2015. aasta alguseks vähemalt 150 ning töö kirjutamise ajal juba enam kui 260. [1] [2] Projekti käigus on Eesti koolidele välja töötatud õppematerjalid ja korraldatud nende põhjal õpetajakoolitused, kasutades LEGO poolt loodud robootikakomplekte *Mindstorms NXT* ja *Mindstorms EV3*. [3]

Kui traditsioonilisi ainealaseid võistlusi Eestis koordineerib ja paljudel juhtudel korraldab Tartu Ülikooli teaduskool, on robootika valdkonnas õpilaste proovilepanek ära jaotunud suuremate ülikoolide, MTÜ Robootika ning teiste pisemate korraldajate vahel. [4] [5] Tallinna Tehnikaülikool ja Tartu Ülikool koos erinevate partneritega on korraldanud võistlust Robotex käesolevaks aastaks juba 15 korda. Robotex alustas kahe ülikooli vahelise jõukatsumisena, kuid on praeguseks jõudnud Euroopa suurimaks robootikavõistluseks, kus võistlusalad pakuvad midagi igale vanuseastmele. [6] [7]

Koolirobootika projekti käigus populaarseks saanud legorobotid leidsid oma väljundi MTÜ Robootika korraldatava *FIRST Lego League* (FLL) näol, mis on USA heategevusorganisatsiooni FIRST (*For Inspiration and Recognition of Science and Technology*) ja kõigile tuntud mänguklotse tootva LEGO vahelise koostööna sündinud ülemaailmne teaduse ja tehnoloogia populariseerimise programm, sisaldades ühe keskse osana robotivõistlust. Robotexi tavapäraest võistlusaladest eristab FLL-i eelkõige igal aastal vahetuv ülesanne ning roboti ehitamiseks kasutatavate vahendite piiratus - kasutada võib roboti loomisel vaid LEGO litsentseeritud vahendeid. Samuti tuleb FLL-il edukaks osalemiseks viia läbi mõne tõsielulise probleemi uurimine ning oma leitud lahenduste esitlemine. FLL-i globaalne ulatus võimaldab samas korraldada võistlust erinevatel tasemetel riigi piirkondlikest üritustest kuni rahvusvaheliste võistlusteni välja. [8] [9]

FLL sobib koolirobootikat toetama hästi, kuid selles programmis on osalejate vanus piiratud vahemikus 9-16 aastat. [10] Õpilastele vanuses 12-18 pakub FIRST FLL-ile sarnast ülemaailmset programmi nimega *FIRST Tech Challenge*. [11]

1.1 Töö eesmärk ja ülevaade

Käesoleva bakalaureusetöö peamised eesmärgid on anda ülevaade robotikavõistluse formaadist *FIRST Tech Challenge* (FTC), viia läbi selle formaadi pilootvõistlus Eestis ning analüüsida võistlejatelt ja Eesti koolirobootika juhendajatelt kogutud tagasisidet. Samuti toob autor töö viimases peatükis välja võrdluse põhikooli viimaste klasside ning gümnaasiumiastme õpilaste jaoks jõukohaste juba kasutusel olevaid robotikavõistluste formaatide ja *FIRST Tech Challenge*-i vahel.

Töö tulemusi on järgnevatel hooaegadel võimalik kasutada võistlusformaadiga seotud otsuste tegemiseks. Ühe peamise uurimisküsimusena püstitab autor järgneva: kas *FIRST Tech Challenge* on Eesti koolidele jõukohane juhendajate ja õpilaste ettevalmistuse ning vajalike vahendite muretsemise seisukohast?

Küsimusele vastamiseks korraldab töö autor hooajal 2015/16 FTC pilootvõistluse, mis on Eestis teiseks nimetatud formaadi seni toimunud võistluseks. Ürituse järgselt viib autor läbi kaks küsitlust: ühe suunatuna pilootvõistlusest osa võtnud meeskondadele ning teise Eesti koolirobootika juhendajatele üldisemalt, et uurida, kas võistluse vastu eksisteerib juhendajate kogukonnas ka suuremat huvi.

2 *FIRST Tech Challenge*

2.1 Ülevaade

Aastal 1989 asutas Dean Kamen USA-s heategevusorganisatsiooni FIRST, mille missiooniks on inspireerida noori huvituma ja osa võtma teadus- ja tehnoloogiaalastest programmidest. FIRST kaasab lapsi lasteaiast kuni gümnaasiumini välja oma mentorlusel põhinevatesse uurimistöode ja robotikaga tegelevatesse programmidesse. [12]

FIRST-i neli olulisemat programmi erinevatele vanuseastmetele oma missiooni täideviimiseks on järgnevad [11] :

- *FIRST LEGO League Jr* - 6- kuni 9-aastased
- *FIRST LEGO League* - 9- kuni 14-aastased (varieerub riigiti)
- *FIRST Tech Challenge* - 12- kuni 18-aastased
- *FIRST Robotics Competition* - 14- kuni 18-aastased

FIRST LEGO League Jr programmis uuritakse reaalelulisi teaduslikke väljakutseid, õpitakse meeskonnatööd ning kasutatakse LEGO komplekte, mis sisaldavad ka motoriseeritud osa. Selle programmi eesmärk on tekitada huvi teaduse ja ehitamise vastu. Programmi tegevusi viiakse MTÜ Robotika poolt läbi ka Eestis. [11] [13]

FIRST LEGO League (FLL) programm populariseerib teadust ja tehnoloogiat ning püüab anda lastele vajalikke teadmisi ja oskusi. Meeskonnad võivad koosneda kuni kümnest lapsest ning vähemalt ühest juhendajast ja nende eesmärk on FLL-i põhiväärtustest juhindudes võtta osa igaaastasest konkursist, mis koosneb robotivõistlusest ja projektist. Robotivõistluse raames peab meeskonna loodud LEGO Mindstorms robot autonoomsena täitma 2,5 minuti jooksul igal aastal muutuvaid ülesandeid. Projekti käigus aga uuritakse mõnda tõsielulist probleemi, mis seondub hooajal välja kuulutatud temaga ning esitletakse saadud tulemusi teistele. [14] FLL programmist osavõtt on Eestis väga levinud - 2016. aasta jaanuaris võttis Eestis toimunud poolfinaalidest osa 74 meeskonda ehk rohkem kui 500 õpilast. [15]

FIRST Robotics Competition (FRC) on robotivõistlus 14- kuni 18-aastastele õpilastele, kus kuni

25-liikmelised meeskonnad mentorite abiga loovad kuue nädala jooksul robotid, mis konkurentide vastu konkreetse hooaja ülesannet täidavad. Lisaks robotiehitusele on meeskondade ülesandeks ka rahastuse leidmine, meeskonna brändi loomine ja paljude muude oskuste treenimine ja rakendamine. Osalejatel on võimalik osa saada paljudest kõrgkooliõpinguid toetavatest stipendiumitest. [11] FRC osalemistasu USA-s on vahemikus 5000 kuni 6000 dollarit, millele lisanduvad reisimise, toitlustuse ja muud kulud. Tavaliselt aitavad osalemist finantseerida sponsorid ning nende otsimine on ka meeskonna üheks ülesandeks. [16]

FIRST Tech Challenge (FTC) paigutub viimase kahe programmi vahele, pakkudes FRC sarnast robotivõistlust kättesaadavamate vahendite abil. FTC alustas nimega *FIRST VEX Challenge* oma piloothooaega 2005. aastal USA-s. Nimi tulenes võistlusel kasutatud robotite ehitamise komplektist *VEX Robotics Design System*, mis oli odavam kui FRC puhul kasutusel olev ning muutis seeläbi võistluse rohkematele kättesaadavaks. [17]

FTC kogus kiiresti populaarsust ning 2007. aastal osales selles juba üle 500 meeskonna. 2008. aastal vahetus kasutusel olev riistvarakomplekt robotite ehitamiseks - VEX-i komplekt asendus Pitsco toodetud Tetrix komplektiga, mida hakkas juhtima FLL-ist juba tuttav LEGO NXT kontrolleri. [18] [19]

LEGO NXT kontrolleri kasutati roboti juhtimiseks kuni hooajani 2014/15. Käesolevast hooajast alates on kasutusel uus platvorm, mis põhineb ettevõtte Qualcomm kiibistikuga ja Google-i Android operatsioonisüsteemiga nutitelefonidel. Muutunud on seeläbi ka robotite programmeerimine. [20]

Kuigi FIRST tegutseb peamiselt Ameerikas, korraldatakse FTC-d ka Euroopas. Hooajal 2015/16 leidis Hollandis aset üritus *2016 FTC Dutch Open*, kus osales 44 võistkonda kümnest erinevast riigist. Üritus toimus koos RoboCup Euroopa lahtise võistlusega. [21] Hollandis korraldab FTC programmi juhtivad tehnikaülikoole ning valdkonna firmasid ühendav organisatsioon FIRST-Brabant. [22]

Kuna võistlusega esmakordselt alustamine võib olla osadele koolidele finantsolukorrast tulenevalt kättesaamatu, pakuvad Hollandi võistluse korraldajad sponsorite toel üheks hooajaks laenuks võistluskomplekti, mis sisaldab kõiki roboti loomiseks vajalikke vahendeid. [23]

Euroopa teiseks suurimaks FTC korraldajaks on Saksamaa organisatsioon *HANDS on TECHNOLOGY e.V.*, mille eesmärgid on sarnased FIRST-i omadele. [24] Sel hooajal Saksamaal korraldatud FTC turniirist võttis osa 28 võistkonda kuuest erinevast riigist. Turniiri üldvõitjaks kuulutatud (inspireerija autasu saanud) Hollandist pärit meeskond pääses edasi USA-s aprilli lõpus toimunud maailmameistrivõistlustele. [25]

2.2 Turniiri korraldus

Ametlike FTC reeglite järgi kasutatakse igal aastal uut võistlusülesannet ehk missiooni. Käesoleva hooaja võistlusülesanne kuulutati FIRST-i poolt välja septembri keskel ning turniirile registreerumine Saksamaa FTC näitel kestis augustist detsembri lõpuni. Turniir ise leidis aset märtsis ning FTC maailmameistrivõistlused, kuhu oli võimalik üldvõitjal edasi pääseda, toimusid aprilli lõpus St. Louises, USA-s. [20]

FTC programmis toimuva turniiri olulisemad osad on olenemata toimumise piirkonnast või tasemest järgnevad: [26]

1. Tehniline kontroll
2. Intervjuu kohtunikega
3. Kvalifikatsioonid
4. Liitlaste valimine finaalmängudeks
5. Finaalmängud

Turniirile jõudmiseks tuleb meeskonnal ehitada ülesannet täitev robot ning luua sellele nii autonoomses režiimis kui ka pultidega kaugjuhitavas režiimis toimiv programm. Kogu protsess tuleb dokumenteerida ning koostatud märkmeid hindavad ka kohtunikud - häid tulemusi võistlusel ei taga mitte ainult robotivõistlusel edukas olemine, vaid enamike auhindade puhul vaadeldakse lisaks ka FTC programmi põhiväärtustest kinni pidamist, roboti koostamise protsessi, teiste meeskondadega koostöö tegemist ja muid programmi põhimõtete haakuvaid valdkondi. [26]

Turniiril toimuvatel robotivõistluse matšidel osalevad meeskonnad paarikaupa liitlastena ning korraga on võistlusväljakul neli robotit. Üks matš koosneb alati autonoomsest perioodist, pultidega kaugjuhitavast perioodist ning viimase osaks olevast lõppmängust. Robotid võistlevad igal aastal umbes 10 m² suurusel väljakul, mille servad ja põhi aastast-aastasse ei muutu. [27] [20]

Kvalifikatsioonides osalevad punased ja sinised liitlaste paarid loositakse võistluspäeva hommikuks. Enne matšidele pääsemist tuleb robotitel läbida tehniline kontroll, kus kontrollitakse roboti ja koostatud tarkvara vastavust reeglitele.

Pärast tehnilist kontrolli tuleb käia vestlusel kohtunikega. Kohtunikud hindavad terve päeva jooksul kolme kategooriat: disain, meeskonnatöö ning roboti loomise käigus koostatud dokumentatsioon. Dokumentatsioon peab sisaldama roboti disaini, märkmeid roboti loomisest ja esinenud takistustest, meeskonnaliikmete kirjeldust ja märkmeid tehtud tööst kogukonna edendamiseks. Samuti lisatakse selle juurde ka meeskonna äriplaan või strateegia, kuidas nad plaanivad olla jätkusuutlikud ja arenemisvõimelised ka edaspidi.

Kvalifikatsioonide abil reastatakse kõik võistlema tulnud meeskonnad pingeritta. Kõigil osalejatel on võrdne arv matše, mille tulemuste põhjal teenivad nad kvalifikatsioonipunkte ning

tasemepunkte.

Kvalifikatsioonipunktide arv kujuneb vastavalt matši lõpptulemusele:

- Võitva paari liikmed saavad mõlemad 2 punkti,
- Kaotava paari liikmed saavad 0 punkti,
- Viigi korral saavad kõik meeskonnad 1 punkti,
- Meeskonna diskvalifitseerimise korral saab meeskond 0 punkti.

Lisaks kvalifikatsioonipunktidele jagatakse igas matšis ka tasemepunkte, mille arv on kõigile osalenud ning diskvalifitseerimata meeskondadele sama - tasemepunkte antakse nii palju, kui palju sai kaotav paar mängus punkte. Diskvalifitseerimise korral on ka nende punktide arv 0 ning kui paari mõlemad liikmed diskvalifitseeritakse, saab võitev paar tasemepunkte hoopis oma punktiskoori järgi.

Pärast kokkuleppelist arvu kvalifikatsioonimatše reastatakse kõik osalevad meeskonnad järgnevate kriteeriumite järgi:

1. saadud kvalifikatsioonipunktid,
2. eelnevate võrdsuse korral meeskonna saadud tasemepunktid,
3. eelnevate võrdsuse korral meeskonna matšidest saadud parim tulemus,
4. eelnevate võrdsuse korral matšidest saadud teine tulemus ja vajadusel nii jätkates,
5. identsete matšidel saadud punktide korral järjestus loositakse.

Pingerea alusel viiakse läbi paariliste valimine poolfinaalidesse, alustades kõige esimesele kohale tulnud meeskonnast. Vastavalt turniiril osalevate meeskondade arvule valitakse väiksema turniiri puhul meeskonna liidri poolt finaalideks üks konkreetne paariline ning suurema turniiri puhul kaks erinevat. Konkreetne valikute tegemise süsteem sõltub ka turniiri korraldajate kehtestatud reeglitest.

Finaalmängud toimuvad kahe matšivõiduni. Kui paarid moodustatakse suurema turniiri puhul kolmest meeskonnast, peab järjestikuste matšide puhul teises osalema alati see meeskond, kes esimese matši ajal mängus ei olnud.

Pärast kahte poolfinaali ning finaalmängu selguvad turniiri robotivõistluse võitnud meeskonnad. Samas ei ole need ainukesteks välja antavateks tiitliteks. Mängumanuaalist võib leida 12 erinevat tiitlit, mis küll kõik ei ole näiteks piirkondlikele võistlustele kohustuslikud. [26]

Saksamaa FTC näitel antakse välja viit erinevat tiitlit [20]:

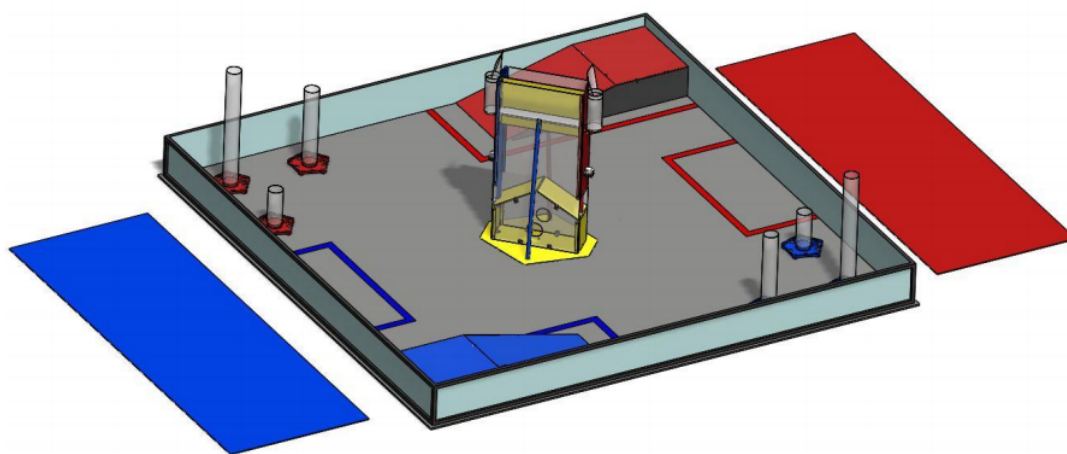
- Inspireerija auhind - ühele võistkonnale, kes kohtunike arvates on esinenud terve hooaja vältel kõigi kategooriate kokkuvõttes kõige edukamalt. Auhinna saav võistkond pääseb edasi maailmameistrivõistlustele.
- Robotimängu võitja - auhind antakse kõigile võistkondadele, kes olid liitlased finaalmängus

ning võitsid selle.

- Motiveeri auhind - võistkonnale, kes on näidanud välja kõige paremat koostööd nii võistkonnasiseselt kui ka teiste võistkondadega koostööd tehes.
- Mõtleva auhind - võistkonnale, kelle koostatud dokumentatsioonist ilmneb programmi väärtusi arvestades kõige paremini õnnestunud võistluseks ettevalmistumine.
- Disaini auhind - võistkonnale, kelle robot on innovatiivne, töökindel ning täidab võistlusülesandeid hästi.

2.3 Võistlusülesannete näiteid

2.3.1 Hooaeg 2014/15



Joonis 2.1: *Cascade Effect* võistlusväljak. Autor: FIRST

Hooajal 2014/15 kandis ametlik võistlusülesanne pealkirja ”*Cascade Effect*”. Selle võistluse sisuks on omalaadne robotite pallimäng, kus väljakul paiknevad erinevad torudest ehitatud ringi liigutatavad sihtmärgid, mille sisse kahes eri suuruses palle paigutama peab. Võistluse väljakut on kujutatud joonisel 2.1

Võistluse stardipositsiooniks on liitlaste värviga ümbritsetud ramp ning parkimisala. Liitlased lepivad ise kokku, kumb robot milliselt alustab, kuid korraga ühelt ja samalt nad seda teha reeglite kohaselt ei tohi.

Esimesel kolmekümnel matši sekundil saavad robotid autonoomsena täidetud ülesannete eest punkte järgnevalt:

- 20p rambilt alustanud roboti rambilt maha jõudmisel suvalisse paika mänguväljaku põrandal

- 20p iga liigutatava sihtmärgi eest, mis õnnestub tuua oma võistkonna parkimisalale (väljakul ümbritsetud vastava võistkonna värvi laia teibiga)
- 30p palle tornis üleval hoidva varda paigalt ära tõukamise eest
- 30p iga liigutatava sihtmärgi eest, mille sisse õnnestub autonoomselt pall paigutada
- 60p, kui õnnestub mõni pall panna torni küljes kõrgel asuvasse keskmisesse sihtmärki

Kõik sihtmärgid on liitlaste värvidele vastavad. Kui autonoomse perioodi jooksul saavutatakse varda eest ära tõukamine või pallide paigutamine sihtmärkidesse vastaste värvi väljaku elementidega, saavad punkte vastavate tegevuste eest samuti vastased.

Pärast autonoomset perioodi saavad mängijad haarata kaugjuhtimispuldid ning asuda järgneva kahe minuti jooksul paigutama palle liigutatavatesse sihtmärkidesse. Iga roboti kohta võib kasutada maksimaalselt kahte Logitech'i F310 kaugjuhtimispulti, mis tavapäraselt on mõeldud arvuti- ja konsoolimängude mängimiseks. Vastavalt sihtmärgi kõrgusele (30, 60 ja 90 cm) saadakse iga pallidega täidetud sentimeetri kohta teatud arv punkte (1, 2 või 3 punkti sentimeetri kohta erinevates sihtmärkides).

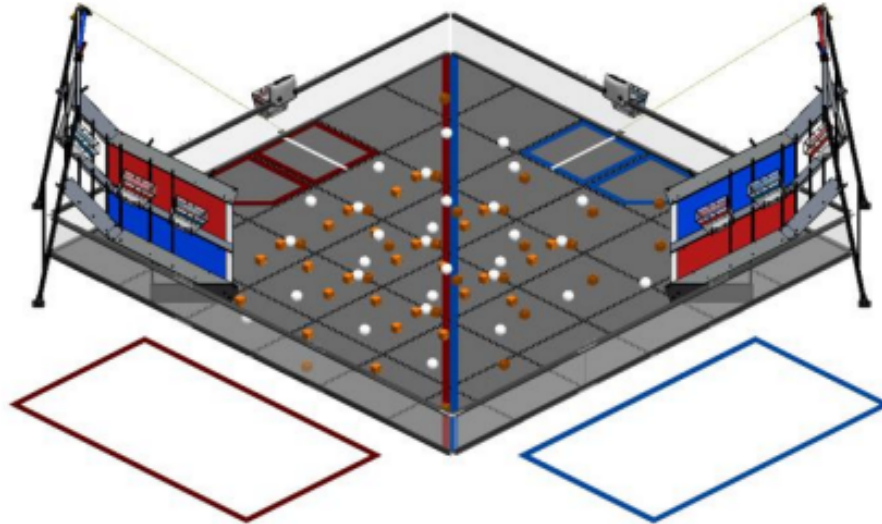
Viimased 30 sekundit mainitud kahest minutist toimub lõppmäng. Lõppmängu ajal võib lisaks liigutatavatele sihtmärkidele palle paigutada kaugjuhtimisega ka torni küljes asuvasse sihtmärkidesse, samuti saab punkte robotite ja liigutatavate sihtmärkide paigutamisel parkimisalasse või põrandalt ära rambile. Mängu lõppedes antakse punkte järgnevalt:

- 10 punkti iga roboti eest, mis on parkimisalal
- 10 punkti iga liigutatava sihtmärgi eest, mis on parkimisalal
- 30 punkti iga roboti eest, mis on täielikult põrandalt ära (rambil)
- 30 punkti iga liigutatava sihtmärgi eest, mis on täielikult põrandalt ära (rambil)
- 6 punkti iga sentimeetri pallide eest torni küljes asuvas oma värvi sihtmärgis

Matši lõppedes loetakse kokku punktid ning samuti arvestatakse vastastele juurde lisapunkte reeglites välja toodud rikkumiste eest. Rikkumised jaotuvad väiksemateks ja suuremateks ning neile vastavalt saab rikkuja vastasena võistlev paar väiksemate eest 10 punkti juurde ning suuremate eest 50 punkti juurde. Väiksemate rikkumiste hulka kuuluvad näiteks liiga paljude pallide korraga roboti käes hoidmine ning matši korraldusega seotud reeglite rikkumised, suuremate rikkumiste hulka aga toimingud, mis kahjustavad vastaste võimalusi teenida matšil punkte. [28]

2.3.2 Hooaeg 2015/16

Käesoleva hooaja võistlusülesandeks oli *FIRST RES-Q*, mille võistlusväljakut on kujutatud joonisel 2.2. Ülesande inspiratsioonina on kasutatud erinevaid päästemissioone, mida robotitele antud ülesanded imiteerivad.



Joonis 2.2: *FIRST RES-Q* võistlusväljak. Autor: FIRST

Väljaku suurus, põrand ja seinad aastast-aastasse ei muutu, kuid ülesande elemendid on igal aastal uued. *FIRST RES-Q* väljaku peamiseks elementideks on väljaku nurkades asuvad "mäed", mille otsa robotitel punktide saamiseks mängu erinevates etappides ronida tuleb. Samuti paiknevad mägedel karbid, kuhu saab paigutada põrandalt korjatavaid "rususid", mida võistluses kujutavad plastikust pallid ning kuubid.

Autonoomse perioodi üheks oluliseks ülesandeks on parandada ära oma väljakupoole vilkur, millel paikneb kaks nuppu. Vilkuri üks pool põleb punast ning teine sinist värvi, kuid nende järjestus on juhuslik ning tuleb roboti enda poolt tuvastada. Vilkuri parandamiseks tuleb vajutada oma väljakupoolele vastava värviga tähistatud nuppu. Kui vajutatakse vale nuppu, saab parandamise eest punktid endale vastasvõistkond. Parandamise eest on punkte võimalik saada kaks korda ning selleks peavad protseduuri läbi tegema liitlaste mõlemad robotid.

Lisaks vilkuritele ning rusudele on igal robotil võistluse alguses kaks ronija figuuri, mis tuleb toimetada karbi näol turvalisse varjupaika vilkuri taga. Seda võib teha nii autonoomse perioodi ajal kui ka hiljem kaugjuhtimisega, kuid autonoomse perioodi ajal varjupaika viidud ronijad teenivad kaugjuhtimisega perioodi lõpus punkte uuesti ning seega annavad liitlastele kahekordse punktisumma.

Lõppmängu ülesanneteks on asuda rippuma mäe tipus asuva toru külge ning liigutada mäel paiknevat hooba sobivasse asendisse. Taaskord võivad anda palju punkte ka robotite paiknemised võistluse lõpuks, mida keerulisemasse asukohta need on jõudnud. [29]

2.4 Kasutatavad robotid

2.4.1 Riistvara

Nagu alapeatükis 2.1 toodud ajaloo ülevaade näitas, on FTC riistvaralist platvormi oluliselt uuendatud kaks korda - esimest korda võistluse algusaastatel, vahetades välja VEX komplekti Tetrixi komplekti ja LEGO NXT kontrolleri vastu ning teist korda käesoleva hooaja alguses, kui võeti kontrollina robotitel kasutusele Android operatsioonisüsteemiga nutitelefonid. Samuti lubavad reeglid nii käesoleval kui ka eelmisel[28] hooajal roboti ehitamisel Tetrixi alternatiivina kasutada ka Matrix Robotics komplekti, mis on sarnane Tetrixile.

Sarnaselt FLL-ile on ka FTC programmis võistlevatele robotitele kehtestatud täpsed nõuded, milliseid komponente nende ehitamiseks kasutada võib. Nimekiri lubatud ning keelatud vahenditest on esitatud igal aastal avaldatavates juhendites.

Roboti ehitamisel on väga oluline jälgida reeglite vastavat peatükki - võistlusele lubatakse vaid robotid, mis täidavad kõiki nõudeid ning koosnevad vaid lubatud komponentidest. Roboti ehitamisel nõuete järgimiseks on reeglistikus toodud välja järgnevad küsimused, mida tuleks küsida iga komponendi disainimise juures:

- Kas see võiks teist robotit vigastada või töökõlbmatuks muuta?
- Kas see võiks vigastada võistlusväljakut?
- Kas see võiks vigastada osalejat või vabatahtlikku?
- Kas mõni olemasolev reegel keelab sellise komponendi kasutamist?
- Kui kõik kasutaksid selliseid komponente, kas võistlus oleks võimalik?

Kui mõnele neist küsimustest tuleb vastata jaatavalt, on vastav komponent suure tõenäosusega reeglitega vastuolus. Selliseid küsimusi on hea kasutada ka võistkondade juhendajatel, sest nii muutuvad reeglid noortele paremini mõistetavaks.

Lisaks Tetrix ja Matrix komplektidele lubavad reeglid kasutada roboti mehaanikalahenduse juures kaubandusvõrgustikust kõigile kättesaadavaid leht- ning profilmaterjale, nööri ja köit, magneteid. Samuti on lubatud ka kõigile kättesaadavad töödeldud materjalid (nagu näiteks ehitusnurgad) ning komponendid ja koosted, mida iseloomustab maksimaalselt üks vabadusaste, näiteks hinged, mille kahte poolt ühendab üks telg. Paljude ülesannete täitmiseks on kasulikud näiteks lineaarliugurid või hoopiski vedrud (kuid nende kasutamisel tuleb kindlasti jälgida reegleid ja ohutuse tagamist).

Kõiki toormaterjale ning kõigile meeskondadele vabalt kättesaadavaid komponente võib vastavalt oma vajadustele modifitseerida ja töödelda kui see ei riku robotile kehtestatud reegleid. [30] [26]

Robotite elektrilised komponendid on võistlusel konkreetsemalt reglementeeritud. Reeglites on ära toodud nimekirja lubatud moodulitest ja elektrilistest komponentidest, mida roboti ehitusel kasutada võib. Nende hulgas on Tetrix ja Matrix komplektide komponendid nagu mootorid ja akud, samuti soovi korral toitelülitid ning tagasiühilduvuse tagamiseks varasemate hooegade erinevad mootorikontrollerid. Lubatavad alalisvoolumootorid on ette antud konkreetse nimekirjana, kuid standardsete servomootorite kasutamine suvaliselt tootjalt keelatud ei ole.

Juhend toob välja nimekirja telefonidest, mida roboti kontrollerina ning võistlejate juures režiimide vahetamiseks ja pultidelt saadava info vahendamiseks kasutada võib. Kontrolleri rollis telefoni poolt juhitakse ettevõtte Modern Robotics toodetud *Core Control* mooduleid, mida on kokku viis:

- *Core Power Distribution Module* - toitepinge jagamiseks ning samuti toimib USB-jaoturina, peab ühenduma nutitelefooni USB-OTG siini külge
- *Core Legacy Module* - uue platvormi ning vanade LEGO NXT kontrolleriga kokku sobinud moodulite ja andurite ühendamiseks
- *Core Motor Controller* - USB siiniga alalisvoolumootorite kontroller
- *Core Servo Controller* - USB siiniga servomootorite kontroller
- *Core Device Interface Module* - USB siiniga moodul, mis võimaldab ühendada robotiga kõikvõimalikke andureid

Võistkond, kel on olemas eelmise hooaja robot, saab kergesti liikuda uut platvormi kasutama vaid kahe esimese mooduli abiga. Uutele alustajatele soovitatakse aga uusi USB siiniga mooduleid, millest kõige rohkem uusi võimalusi pakub andurite moodul.

Core Device Interface Module pakub robotiehitajatele võimalust ühendada nii digitaal- kui analoogandureid ning reeglid ei sätesta ühtegi konkreetset tootjat või nimekirja lubatud sensoritest. Jälgima peab vaid mooduli spetsifikatsiooni, et kasutatavad andurid liiga suurt voolutugevust ei nõuaks ning mooduli liidestega kokku sobiks.

Lisaks roboti juures kasutatavale riistvarale on reeglites kirjeldatud robotit juhtivate võistkonnaliikmete juures olevad seadmed. Juhtpuldi rollis telefonile kehtivad täpselt samad nõuded, mis robotil paiknevale kontrollerile. Need kaks telefoni suhtlevad omavahel kasutades WiFi Direct ühendust ning seeläbi ei pea kasutama enam varasemalt rakendatud keskset arvutit ning keerulisi lahendusi kontrolleriga ühendumiseks.

Juhtpuldi rollis telefoni juures on lubatud kasutada kuni kahte Logitechi F310 arvuti- ja konsoolimängude mängimiseks mõeldud pulti, juhtimaks robotit võistluse teises pooles. Kuna telefonidel on vaid üks microUSB pesa, kasutatakse pultide ja telefoni vahel lisatoiteta jagurit ning USB-OTG adaptrit. Reeglid teistsuguseid lahendusi ei luba. [26]

2.4.2 Tarkvara

Kui varasematel hooaegadel käis robotite programmeerimine LabVIEW, NXT-G või ROBOTC keskkondades, millest esimesed kaks võimaldasid graafilist programmeerimist, siis nüüd peab selleks otstarbeks kasutama MIT App Inventori pakutavat graafilise programmeerimise lahendust või eelistatud alternatiivina programmeerimiskeelt Java ning arendusvahendit Android Studio. Kontrolleri rollis olevale telefonile paigaldatasegi ise loodud nutitelefoni rakendus, mis robotit võistlusel juhtima hakkab. Muid alternatiivseid vahendeid reeglistik roboti programmi loomiseks käesoleval hooajal ei luba. [20] [31]

Valmistudes võistluseks tuleb tähelepanu pöörata kahe kasutusel oleva telefoni seadistustele. Reeglid nõuavad telefonides lennurežiimi aktiveerimist ning aktiivsete WiFi ühenduste peatamist, sest võistlusel peavad telefonid olema võimelised kasutama omavahelist WiFi Direct ühendust ning kõik sama sagedusvahemikku kasutavad raadiosidevõrgud võivad võistlust häirida.

Samuti tuleb anda oma telefonidele mõistlikud nimed, mis annavad märku, millisele võistkonnale telefon kuulub ning kas see on kontrolleri või juhtpuldi rollis. Võistlusjuhend soovib telefonid ka füüsiliselt ära märkida, et tekiks vähem segadusi. Kontrolleri juhtimiseks peab olema juhtpuldi rollis telefonile paigaldatud spetsiaalne rakendus, millega käivitada erinevaid kontrolleri programmeeritud režiime ning kasutada juhtpulte. [26]

Roboti kontrolleri rakenduse loomiseks on FIRST ette valmistanud FTC komponentidega graafilise App Inventori keskkonna, mida jagatakse võistlejatele virtuaalmasinas paikneva serverina. Virtuaalmasin tuleb laadida sobivasse arvutisse alla ning käivitada. Käivitumise järgselt näitab masin App Inventori serverite staatust ning IP-aadressi, millele oma füüsilise arvuti brauserist keskkonna kasutamiseks pöörduda. Veebis kättesaadavas MIT App Inventori versioonis puuduvad vajalikud komponendid kontrollertarkvara loomiseks ning seetõttu on graafilise programmeerimise kasutamiseks kirjeldatud protseduur igal juhul vajalik. [32]

Otsustades luua kontrollertarkvara keeles Java programmeerides, piisab arenduskeskkonnana kasutamiseks tavapärasest Google-i Android Studiost, kuid vajalikud teegid koos projekti põhjaga on jällegi ette valmistatud FIRST-i poolt ning koos näitekoodiga kättesaadavad lähtekoodi repositooriumite majutuskeskkonnast GitHub. [33]

Uuele platvormile ülemineku sujuvamaks muutmiseks on välja töötatud hulk inglisekeelseid õppematerjale. Üheks selliste materjalide loojaks on USA ettevõtte Intelitek, kelle õpiobjektide abil on võimalik teha mugavalt esimesed sammud uue platvormiga nii graafiliselt programmeerides kui ka Javat kasutades. Inteliteki Moodle õpikeskkonda on võimalik siseneda soovi korral külalisena ning esimeste sammudena vaadatakse üle uus riistvara. [34]

2.5 Võistkonna eelarve planeerimine

Võttes aluseks Saksamaal toimuva FTC programmi korraldajate poolt koostatud ülevaate erinevatest roboti ehitamiseks vajalikest vahenditest ja nende maksumustest ning tellimisvõimalustest, [35] on võimalik hinnata vastavaid kulusid ka Eestis. Ülevaade on koostatud hooaja 2015/16 tarbeks ning arvestab asjaoluga, et kasutusele on võetud uus platvorm.

On oluline märgata, et kasutatavas ülevaates puuduvad hindade juures nii tollimaksud kui ka transpordikulud. Kuna paljud kaubad on kättesaadavad vaid USA-st (näiteks Modern Roboticsi uued moodulid), tuleb arvestada käibe- ning tollimaksu tasumisega.

Juba teist või rohkemat aastat võistleval meeskonnal on osaleda odavam, sest roboti aluseks olev Tetrax või Matrix komplekt ning mõned kontrollid ja andurid on ka uue platvormi korral jätkuvalt kasutatavad, sest Modern Robotics pakub nende tarbeks *Core Legacy Module* nimelist seadet. Seetõttu peabki vastav meeskond muretsema vaid toitemooduli, nimetatud tagasiühilduvuse mooduli ning kaks sobivat telefoni. Samuti vajab meeskond ka kaugjuhtimispulte ning USB-jagurit.

Selline komplekt maksab hinnanguliselt 500 eurot, kuhu tuleb lisada tolli- ja transpordikulud. Vaja minevad telefonid ning puldid on lisakulude vältimiseks mõistlik muretseda kohalikust kaubandusvõrgustikust.

Olles võistlemas esimest aastat, vajatakse vahendeid rohkem, sest on vaja alustamiseks ka mehaanikakomplekti ning kõiki vajalikke elektroonikamoduleid. Komplekti osaks saavad uutest Modern Robotics-i moodulitest lisaks toite ja USB-liidese jagamise seadmele kaks erinevat mootorikontrollerit ning andurite ühendamise moodul. Samuti tuleb muretseda sobivad andurid, kuid kasutatava mooduli paindlikkus võimaldab siinkohal kasutada ka Euroopas kättesaadavaid seadmeid.

Olenevalt valitud seadmetest ulatub sellise komplekti hind vähemalt 1300 euroni, millele lisanduvad ka transpordikulud ning väljastpoolt Euroopat tellitud komponentidele tollimaksud.

Lisaks roboti ehitamiseks kuluvatele materjalidele peab meeskond arvestama ka võimalike osavõtutasude ning üritustel käimise transpordikuluga. Need kulud sõltuvad suurel määral juba korraldaja otsustest ja võimalustest ning samas võivad ka lisakulu mitte põhjustada, kui FTC programmi viiakse läbi koos mõne üritusega, kus kool on varem juba nagunii osalenud.

Kindlasti on mõistlik tegeleda sellisest programmist osavõtul ka sponsorite otsimisega ning mitte jääda lootma ainult haridusametuse rahastusele. Nii on see tavaks kujunenud ka USA FTC programmi puhul. [16]

3 Pilootvõistlus

Lisaks sissejuhatuses viidatud kahele suurele robootikavõistlusele on viimastel hooaegadel toimunud veel kolmaski - RoboMiku lahing. Võistlust korraldab MTÜ Robootika koos koostööpartnerite ja sponsoritega ning see liigub kevadpoolaastal toimudes mööda Eestit ringi. [5] [36]

RoboMiku lahing toimus 2015. aastal Võrus nimega "Võru Roboti Tsõör ja RoboMiku lahing 2015" korraldatuna koostöös Võru Kutsehariduskeskusega. Võistelda sai 15 erineval robootika ja programmeerimise alal ning samuti toimusid töötoad. [37]

Võrus toimunud ürituse raames viidi MTÜ Robootika poolt Ramon Rantsuse eestvedamisel läbi esimene *FIRST Tech Challenge* pilootvõistlus Eestis, kuhu valiti korraldajate poolt välja viis kooli, kes olid varasemalt mitmeid kordi osalenud FLL programmis ning kelle vanemad õpilased vajasid uut väljundit. Robotite loomiseks vajalikud Tetrax mehaanikakomplektid laenas neile koolidele Tartu Ülikool ning võistlusväljakute ja muude vahendite soetamist toetas Majandus- ja Kommunikatsiooniministerium mittetulundusühingutele suunatud meetmest. Vahendid saanud võistkonnad olid järgnevad:

- Robootika.COM (Tallinna Reaalkool)
- Väike-Maarja Õppekeskus
- Tartu Kivilinna Kool
- Tallinna Kristiine Gümnaasium
- Kuressaare Gümnaasium

Võistluspaika jõudes olid poolteise kuu jooksul ülesandeid täitva roboti valmis saanud viiest neli võistkonda, kes suutsid välja mõeldud mehaanikalahenduste ja koostatud programmide abil koguda punkte ja tutvustada võistlust esmakordselt laiemale publikule. Võistlejatelt saadud tagasiside oli suuremas osas positiivne, kuid välja toodi vahendite varakult kättesaamise olulisus - poolteist kuud oli osalejate jaoks liiga lühike ettevalmistusaeg. Kindlasti on see ka igati mõistetav, sest täies mahus FTC-d läbi viivates riikides kuulutatakse võistlusülesanne välja mitu kuud enne esimesi võistlusi ning samuti on baaskomplektid selleks ajaks juba olemas ning liikuvate robotite kujul töötamas. [38]

RoboMiku lahing 2016. aastal toimus Jõhvi Spordihoones koostöös RoboTalu robootikaringiga.

Osa võttis 190 meeskonda ligikaudu 500 osalejaga, võttes arvesse ka juhendajad. Võistlusalasid toimus seekord 13, millest üle poolte nõudsid LEGO platvormi kasutamist. Võistlusalade hulgas oli teist aastat ka *FIRST Tech Challenge* ning seda taas pilootvõistlusena. [36]

3.1 Näidisroboti ja materjalide kogu loomine



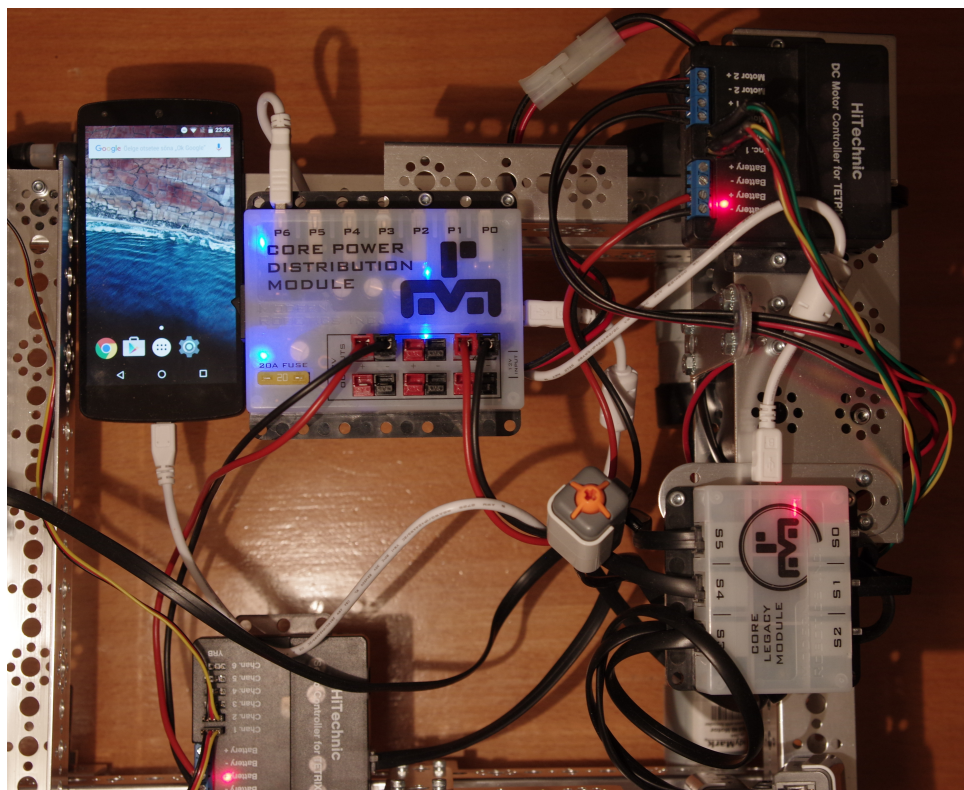
Joonis 3.1: *Anderson PowerPole* kaablite koostamine. Foto: Andres Mihkelson

Teise pilootvõistluse läbiviimise üheks eelduseks oli uuendatud FTC robotite platvormi käivitamine töö autori poolt ning osalejatele veebipõhiste lühikeste ülevaadete ja juhendite koostamine, et ka neil see takistusteta õnnestuks.

Kasutusele võeti uued moodulid toite ja USB sideliidese jagamiseks ning samuti moodul eelmiste hooegade mootorikontrollerite ning LEGO andurite kasutamiseks. Kuigi moodulite tootja Modern Robotics oli välja töötanud uued erinevate mootorite ja andurite kasutamise moodulid, otsustati kulude kokkuhoiuks juba suuremat osa riistvarast omavate võistkondadega kasutada *legacy* moodulit, mis eelmise hooaja riistvara uue platvormiga kasutada lasi.

Uutel moodulitel, sealhulgas toitepinge jagamise moodulil, kasutatakse ühenduste tegemiseks Anderson PowerPole pistikühendusi, mida Eesti kaubandusvõrgustikus ei müüda. Seetõttu tuli vastavad komponendid tellida välismaalt ning sobivaks variandiks osutus veebipood Farnell element14, kust tellides komponendid mõne päevaga kohale jõudsid. Ühendused olid vajalikud HiTechnic alalisvoolu- ja servomootorite juhtmoodulitele toitepinge jagamiseks, sest kui Hi-

Technic moodulitel on toiteühenduste tegemiseks kruviklemmid, uued moodulid seda võimalust enam ei paku. PowerPole ühenduste monteerimiseks juhtmele kasutas töö autor presstange ning koostas kõigile osalevatele võistkondadele ja samuti näidisrobotile sobivad toiteühendused mootorikontrollerite kasutamiseks. Pooleldi valmis ühenduskaablid on näidatud joonisel 3.1.



Joonis 3.2: Moodulid näidisrobotil. Foto: Andres Mihkelson

Demoroboti põhjana võeti kasutusele poolik esimeseks pilootvõistluseks ehitatud robot, eemaldades sellelt üleliigsed ja uue platvormiga sobimatud komponendid ning jättes alles vaid ratasatel liikuva raami koos alalisvoolumootorite kontrolleri, mootorite ja ratastega. Uute moodulite katsetamiseks monteeriti need karkassi külge ning ühendati toite- ja andmesidekaabel olemasolevaga. Lisades robotile mõned LEGO NXT andurid, oli valminud näidisrobot, millele oli võimalik luua esimesi programme. Hiljem täiendati robotit lisaks ka servomootorite kontrolleri ning servomootoritega, et veenduda ka nende toimivuses ning luua vajadusel võistkondadele näiteprogramme. Ühendatud moodulid roboti küljes on koos kontrolleri näha joonisel 3.2.

Lisaks robotile paigaldatud telefonile tuli leida ka teine, sest kui üks neist asus roboti kontrolleri kohale, siis teist oli vaja roboti režiimide käivitamiseks ja peatamiseks ning kaugjuhitavas režiimis puldilt saadavate käskluste vahendamiseks. Kasutatavateks telefonideks olid autori isiklik LG Nexus 5 ning talle kättesaadav Sony Xperia SP, mis mõlemad vastasid suuremas osas FTC-poolsetele nõuetele. Samas oli telefone roboti juures keeruline rakendada, kuna need olid kahel erineval inimesel igapäevases kasutuses ning esines probleeme WiFi Directi kasutamise ja seadistamisega. Kuna telefonide leidmise küsimus oli probleemiks ka võistkondadel,

laenas MTÜ Robotika sponsori abiga piisaval hulgal eelnimetatud LG Nexus 5 telefone ning jagas need võistluseks valmistumiseks osavõtjatele ja ka töö autorile.

Spetsiaalselt robotiga tegelemiseks mõeldud telefonid aitasid lahendada mitmed varem esinenud probleemid WiFi Direct ühendusega ning pakkuda kontrollitud puhast keskkonda rakenduste testimiseks.

Et telefonile uue kontrollertarkvara laadimiseks vältida selle pidevat roboti küljest lahti ning arvuti USB liidesega kokku ühendamist, otsis autor lahendust ka juhtmevabaks rakenduste paigalduseks. Androidi vaikimisi arendusvahendid sellist võimalust ka pakkusid - telefon oli võimeline oma silumisliidest pakkuma ka üle WiFi võrgu. Küsitavusi tekitas olukord, kus WiFi oli nüüd vaja nii kontrolleri ja juhtpuldi suhtluseks kui ka samal ajal autori WiFi võrgus olemiseks, kuid suureks takistuseks see siiski ei osutunud - roboti telefonide vaheline side enamasti toimis ning kuna tegemist ei olnud võistlusolukorraga, vaid pigem testimisega, oli võimalik aeg-ajalt esinenud probleemid rahulikult raadiovõrgu taaskäivitustega likvideerida.

Nii juhtpuldi kui kontrolleri rollis Nexus 5 telefone kasutades tuli välja asjaolu, et Androidi viienda versiooni juures ei toimi päris korrektselt Logitech'i pultide draiver - mõned puldi juhthoovad olid vahetuses ning kaks tükki ei toimunud üldse. Vastav asjaolu sai dokumenteeritud ning ka võistkondadele edastatud, sest reaalselt kasutamist see tegelikult puldi suure nuppude arvu tõttu ei seganud.

Esimest korda pilootvõistlusel osaleda soovinud HuvitERA huvikooli meeskond koos oma juhendaja Taavi Duviniaga palus umbes kuu enne võistlust lühikest käed-küljes lähenemisega demonstratsiooni kasutatavast platvormist ning selle käivitamisest. Koos vaadati üle kõik vajalikud sammud, kuid liikuva robotini sellegipoolest ei jõutud. Tuli välja asjaolu, kus autori sülearvutisse jäänud vananenud versioon App Inventori virtuaalmasinast ei suutnud genereerida kontrollerrakendusi, mis oleks korrektselt suhelnud juhtpuldi rollis olevas telefonis paiknenud uuema juhtpuldi rakenduse versiooniga.

Kõik tähelepanekud ning alustamiseks sobilikud materjalid kogus uue platvormi käivitamise käigus töö autor kokku kõigile võistkondadele kättesaadavale veebilehele, mille viite leiab töö lisast 1.

Uute moodulite saabumine alles veebruari lõpuks ning nendega tehtud ettevalmistuseks kulunud aeg, samuti nutitelefonide laenamiseks sponsori leidmine tingis taaskord olukorra, kus võistkonnad said vajaliku riistvara kätte vaid umbes poolteist kuud enne võistluse toimumist. Kuna nii korraldajatele kui ka osalejatele oleks niivõrd pingelises ajagraafikus olnud väga keeruline muretseda või ehitada ka uue võistlusväljaku komponendid, otsustati korraldusmeeskonnaga kasutada pilootvõistlusel ülesandena juba korra Võrus proovitud eelmise hooaja ülesannet. Samuti jäädgi ootama osalejate ettepanekuid võistlusülesande modifitseerimiseks. Selliseid muudatusi võrreldes ametlike reeglitega võimaldas asjaolu, et läbi viidi proovimiseks vaid robo-

tivõistluse matše ning ametliku turniiri korraldamiseni Eestis veel jõutud ei ole.

3.2 Võistluse läbiviimine

2016. aasta RoboMiku lahingul oli autori ülesandeks viia läbi robotivõistluse proovimatšid. Selle saavutamiseks tuli püstitada võistlusväljak, mis sinna autori sõiduki ning MTÜ Robotika bussiga transporditi.

Kuna väljakut kasutati ka 2015. aasta RoboMiku lahingul, oli suurem osa komponente juba kokku monteeritud ning valmis kujul ka Jõhvi viidud. Pärast põranda ja väljaku servade paigaldust selgus, et üks rampidest oli kohapealsete toimetuste käigus saanud kannatada ning vajab remonti. Rambi täisnurksed paneele ühendavad detailid olid paindunud ning nende sobivasse suunda tagasi painutamiseks tuli ramp demonteerida. Kannatada olid saanud ka tõmbeneetidega teostatud kinnitused, kuid ramp oli sellegipoolest võistlusel kasutamiseks kõlblik. Samas tasub edasisi võistlusi planeerides kindlasti veenduda, et kõikvõimalikud tööriistad ning kinnitustahendid, mida väljaku juures vaja võib minna, oleks kohapeal kättesaadavad, sealhulgas ka tõmbeneedid ning vastav tööriist.

Teiseks problemaatiliseks valdkonnaks osutus transpordilogistika. Kuna väljak jõudis võistluspaika kahe erineva inimese abil, oli maha jäänud üks keskmise torni juures palle üleval hoidma pidanud PVC toru. Asendusena muretseti ehituspoest kaks harjavart ning saag, mille abil oli võimalik omavahel identsed ja väljakuga sobivad komponendid luua, sest sobivat plastiktoru kohalikust ehituspoest ei leitud. Järgmistel võistlustel peab väljak liikuma võimaluse korral ühe konkreetse inimesega, kes saab kõigi komponentide olemasolu veenduda. Samuti peab panema väljakuga kaasa ka paberil komponentide nimekirja, mille järgi enne transpordi alustamist kõige vajaliku olemasolu üle kontrollida.

Väljaku püstitamise ajaks, kui üritus peaks juba sel ajal olema ka publikule avatud, tuleks ala mõnel moel piirata. Üritusel oli palju väikseid lapsi, kes väljaku juurde kuuluvaid palle hea meelega saalis viskasid ja veeretasisid. Nii aga on suur oht, et kõik vajalikud komponendid väljakule tagasi ei jõuagi.

Teisele pilootvõistlusele oli jõudnud neli meeskonda, kellest enamikel esines küll tehnilisi probleeme, kuid oldi siiski valmis võistlema. Pallidega manipuleerimise mehhanism eksisteeris neljast ühel võistkonnal, teised seadsid oma sihid eelkõige sihtmärkide liigutamisest saadavatele punktidele.

Kuna võistlejate ettevalmistusaeg oli lühike ning robotite lahendused tagasihoidlikud, lepiti enne matše toimunud koosolekul kokku lihtsustatud reeglites. Eelkõige laiendati punktide saamise võimalusi kaugjuhitava perioodi ajal.

Omavahel läbi said mängida kõikvõimalikud paaride kombinatsioonid ning mõned korduvalt. Tuleb tõdeda, et igal juhul oli võistkondade ettevalmistusaeg liiga lühike ning ühtegi sihtmärgi sisse jõudnud palli matšidel ei esinenud. Ilmselt samal põhjusel piirdusid robotid autonoomses perioodis vaid rambilt maha sõitmisega ning muid tegevusi kontrolleritesse programmeeritud ei olnud.

Autor protokollis osalejate saavutused väljakul ning moodustas neist võistluse järgselt pingerea, arvestades nii teenitud punkte kui ka tehnilisi lahendusi ning väljakul esinenud reeglite rikkumisi. Teise FTC Eesti pilootvõistluse tulemused olid järgnevad:

1. Robootika.COM – Tallinn
2. Rakke Veldur – Rakke Gümnaasium, Koeru keskkool, Jõgevamaa Gümnaasium
3. KG Illuminaatorid – Kuressaare Gümnaasium
4. HuviTERA - Huvikool HuviTERA

Kõige olulisema järeldusena võistluse järgselt tuleb välja tuua taaskord järgnev: meeskonnad vajavad selliseks võistluseks valmistumiseks tunduvalt rohkem aega, kui sel hooajal võimalik oli. Järgmise hooaja eeliseks samas on juba läbi proovitud tehniline platvorm ning olemasolevad vahendid vähemalt neil neljal meeskonnal.

4 Tagasiside ja analüüs

4.1 Pilootvõistlus

Pilootvõistluse järgselt läbi viidud tagasisideküsitlus osalejatele puudutas järgnevaid valdkondi:

1. Juhendaja ja meeskonna varasemad kogemused robotikas ja programmeerimises
2. Pilootvõistlus ning võistluseks valmistumine üldisemalt
3. Tehniline platvorm, vahendite raskusaste, töökindlus, kasutamine
4. Osalemise majanduslik ja korralduslik külg

Veebipõhise küsitluse korraldamine oli edukas: vastused laekusid aegsasti kõigilt osalejatelt.

Vaadeldes juhendajatele ja meeskondadele juba varasemast tuttavaid valdkondi, olid kõik juhendajad kokku puutunud nii graafiliselt AppInventoriga programmeerides nutirakenduse loomisega kui ka tekstilise programmeerimisega. Üks juhendatest valdas sealjuures ka programmeerimiskeelt Java.

Meeskondadest vaid ühel oli kogemus ainult AppInventori välises graafilises programmeerimises (nt Scratch või NXT-G) ning robotikas LEGO platvormil. Kõigil teistel oli lisaks ettevalmistus ka AppInventori kasutamises ning tekstilises programmeerimises. Võttes juhendajate ja õpilaste kogemused kokku, võiks antud meeskondi koos juhendajatega pidada igati hästi ettevalmistunuks FTC-I osalemiseks, sest baasteadmised valdkonnast eksisteerisid enne valmistumisega alustamist juba kõigil.

Kõik vastanud tõid välja, et robotika õpe toimub nende koolis vähemalt huviringina, kolmel lisaks veel ka valikainena. Samuti oli kõigil ühine taust LEGO platvormil robotika rakendamise igapäevases robotikaõppes. Enamik kasutasid lisaks oma tavapärasel õppes Arduinoga seonduvaid vahendeid ning Tetrix või Matrix komplekte, mis kahtlemata annavad head eeldused ka FTC-I osalemiseks. Kaks osalenud kooli olid ka juba varem pilootvõistlusest osa võtnud ning kaks said võistluseväljakule alles esimest korda.

Huvitava asjaoluna saab välja tuua ühe osalenud võistkonna vanusevahemiku: kui teistest võistkondadest võtsid osa ka gümnaasistid, siis ühest hoopiski õpilased klassidest viiendast kuni

üheksandani.

Ettearvatavalt peeti valmistumiseks jäänud ning suuresti varieerunud perioodi vahemikus 2-5 nädalat mõistetavalt liiga lühikeseks. Järgmisel aastal tuleb kindlasti alustada tööd juba sügisest ning siis on suurem tõenäosus ka edukamalt ülesandeid täita. Uurides osalejatelt, millist ettevalmistusaega nad ise eelistaks, vastati üsna erinevalt, kuid jäädi vahemikku poolteist kuni kuus kuud, mis on vajadusel juba sügisel alustades ka igati teostatav.

Suurimate raskustena toodi esile uut platvormi ning ajapuudusega seotud probleeme. Võistlus-ülesannet ennast liiga raskeks ei peetud, osalejatele tundus see paraja tasemega olevat, kuid platvormiga alustamine oli meeskondadele veidi keeruline. Samas jällegi pärast roboti esmakordset käivitumist peeti platvormi raskusastet täiesti mõistlikuks. Mõnel meeskonnal ei olnud kasutatav elektroonikalahendus piisavalt töökindel.

Ühe olulise murena toodi täiendavates kommentaarides välja koostöö puudumise pilootvõistluse matšides paariliste vahel, mida märkas ka töö autor võistlust läbi viies. Toodi välja, et mõistlik oleks teha kokkuleppeid juba enne matši algust, et mõlemal partneril paremini läheks. Autor usub, et viies FTC programmi läbi täies mahus koos ettevalmistusele ja koostööle suurema tähelepanu pööramisega, paraneb ka liitlaste koostöö matšide ajal.

Korraldusmeeskonnal tekkis juba pilootvõistlust korraldades idee viia tulevikus läbi nii juhendajate töötubasid kui ka proovivõistlusi enne turniiri toimumist. Kui juhendajate töötuba hooaja alguses leidis kindla heakskiidu, siis proovivõistluse seisukohalt oldi pessimistlikumad. Üheks põhjuseks sellise tulemuse juures on tagasisidest välja tulnud logistilised küsimused, sest olenevalt meeskonna asukohast võib kuluda transpordile suur hulk vahendeid, mida saaks ka mujale kasutada. Sealjuures on alati ühel inimesel (juhendajal) lihtsam liikuda kui meeskonnal.

Küsimustiku finantsvaldkonna vastuseid vaadeldes pakkusid osalejad, et nad on valmis sponsorite otsimisega tegelema ning osadel on sellest ka juba praegu head kogemused. Robotiehituseks ise vahendite muretsemiseks vajaksid suurem osa osalejaid tuge HITSA-lt või mõnelt teiselt toetajalt. Ka välja pakutud aastased eelarved võistluse jaoks varieerusid sajast eurost tuhandeni, mis võrreldes alapeatükis 2.5 välja toodud finantsvahendite vajadusega eeldavad enamikel juhtudel lisavahendite leidmist.

Küsimustiku lõpuks arvasid kõik osalenud, et FTC on Eestis vajalik ning neile selline võistlus meeldib.

4.2 Koolirobootika juhendajate huvi

Lisaks pilootvõistlusel osalenutelt tagasiside kogumisele viis töö autor läbi lühikese küsitluse ka kättesaadavates koolirobootika juhendajate ja informaatikaõpetajate grupisuhtlusvahendites: koolirobootika meililistis ning Eesti informaatikaõpetajate kommuunis suhtlusvõrgustikus Facebook. Küsitluse läbi viimiseks kasutas autor levinud veebipõhist tööriista Google Forms.

Küsitluse sisuks oli väike ülevaade FTC võistlusformaadist ning kolm küsimust, millest esimesele kahele oli võimalik vastata valikvastustega või soovi korral ka vabas tekstis:

- Kas olid enne käesoleva küsimustiku saamist FTC-st midagi kuulnud?
- Kui Teie koolil oleks vajaliku riistvara muretsemise võimalus, kas osaleksite tulevikus FTC-l kooli meeskonnaga?
- Milline on umbkaudne omaosaluse piir, mille kool oleks võistlusel osalemiseks vajaliku riistvara muretsemiseks valmis panustama?

Samuti oli võimalik lisaks eelnevatele küsimustele lisada ka täiendavaid kommentaare. Vastuseid kogus autor ühe tööädala vältel, kõik vastused laekusid esimese kolme päeva jooksul pärast küsitluse avaldamist.

Küsitlusele vastamise üleskutsele reageeris 15 juhendajat. Võrdluseks, sotsiaalvõrgustiku kommuuniga on ühinenud üle 600 inimese ning koolirobootika listi liikmeteks on üle 300 meiliaadressi. Kuigi küsitlusele kutse saanud inimestest vastuseid edastanute protsent on väike, tuleb siinkohal arvestada, et küsitlus oli suunatud vaid konkreetsele sihtrühmale, kelleks olid põhikoolis ja gümnaasiumis robootikat juhendavad inimesed ning küsitluse jagamiseks kasutatud kommuunides olevad inimesed kõik sellesse rühma kindlasti ei kuulu, seda eriti sotsiaalvõrgustikus, kus koondatakse kokku kõiki informaatikaõppega seotuid. Samuti võib eeldada, et juhendajad, kes küsitluse kutses välja toodud sihtrühma küll kuulusid, kuid ei olnud FTC-ga varem kokku puutunud, arvasid siiski, et nende vastused pole uuringu seisukohast olulised ning jätsid seetõttu aega kokku hoides vastamata.

Küsitlusele vastanutest puudusid varasemad kokkupuuted Eestis toimunud pilootvõistlustega ühel kolmandikul. Üle poolte olid näinud pilootvõistlust ning kaks vastanutest olid olnud mõne võistkonna juhendajateks.

Vahendite olemasolul oleks kohe valmis osalema seitse vastanut, kellest kaks olid varasemad pilootvõistluse meeskondade juhendajad ning ülejäänud viis olid näinud pilootvõistlust pealtvaatajana. Osad vastajad, kes olid samuti näinud pilootvõistlust, vastasid küsimusele aga pigem mitte, tuueks põhjusteks nii huvi puudumise, juhendamiseks vajalike teadmiste puudumise või hoopis samuti vastusevariandina välja pakutud väite, et erinevaid võistlemise võimalusi on juba piisavalt.

Koolide omaosaluse piiriks toodi välja nii omaosaluse puudumist kui ka summasid kuni 2500 euronit välja. Keskmise valmiduse vahenditesse panustamiseks jäi siiski vahemikku 200 kuni 500 eurot ning seda nii kindlasti võimalusel osaleda soovivate kui ka kõigi küsitlusele vastanute hulgas. Võrreldes seda taaskord vajaminevate summadega, on kindlasti vaja tegeleda sponsorite leidmisega.

Täiendavate üksikute kommentaaridena toodi välja veel järgnevat:

- Võib-olla on huvi paari aasta pärast, enne tahame proovida FLL-i
- Kui koolil on juba 5 eri liiki roboteid, on juhtkonnale raske selgitada, miks neid veel juurde vaja on, eriti kui uued on veelgi kallimad
- Piloovõistlus ei tundunud eriti atraktiivne võrreldes FLL-iga
- Koolil tekiks ruumiprobleem, pole kohta kuhu uusi vahendeid paigutada

5 Võrdlus alternatiividega

FTC sihtrühmaks on kuni 10-liikmelised meeskonnad, mille liikmete vanused jäävad vahemikku 14 kuni 18 aastat. [11] Meie puhul saaksime selle vanusevahemiku puhul vaadelda eelkõige põhikooli viimaseid klasse ning gümnaasiumiõpilasi. FTC üheks eesmärgiks ongi pakkuda FLL-ist välja kasvanud õpilastele nimetatud klassidest uusi väljakutseid ja võimalusi. Millised aga on alternatiivid käesoleval hooajal Eestis, kus FTC-d turniirina veel ei toimunud, aga õpilane sooviks siiski vadata LEGO platvormi robotitest kaugemale?

Vaadeldes üritusel RoboMiku lahing 2016 toimunud traditsioonilisi robotivõistlusi, välistades FTC, leiame sealt vaid kaks võistlusala, mis ei ole mõeldud LEGO platvormi robotitele ning nendeks on folkraace ning joonejärgimine. Mõlemad neist võistlustest on võitnud Tallinna Tehnikaülikooli Robotiklubi, kelle tasemega on üldhariduskoolidel keeruline võistelda. Uurides täpsemaid reaalarajas üle kantud tulemusi, leiame, et need võistlused ei ole ka üldhariduskoolide hulgas kuigi populaarsed - folkraace-l on osalejaid olnud kaheksa, kellest üks võistkond pärineb ülikoolist ning teise ja kolmanda koha on haaranud Tallinna Polütehnikumi võistkonnad, kelle kool samuti üldhariduskoolide alla ei kuulu.

Joonejärgimisel paistab silma Kuressaare Gümnaasium, kuid taaskord on esimesed kaks kohta hoopis Tallinna Tehnikaülikooli poolt võidetud. Stardis on olnud 8 robotit, registreerunuid 11, kuid üldhariduskoolide osalejaid tabelist eristada ei ole võimalik. Samuti pole veebilehtede ümberkorralduste tõttu kättesaadavad ka Robotexi viimase kahe aasta turniiritabelid, et uurida meie vaadeldava vanuserühma esindatust sellel võistlusel.

Kui võrrelda nüüd siiski kahte levinut, kuid üldhariduskoolide poolt vähemalt mitte sel hooajal kuigi populaarset võistlusala FTC formaadiga, saame välja tuua mitmeid erinevusi:

- FTC esialgne investeering on üle 1000 euro, joonejärgimise ja folkraace'i roboteid ise loonuna julgeb autor väita, et nendega saab alustada vähemalt kümme korda odavamalt. Paljude koolide jaoks on see kahjuks väga suur argument.
- Joonejärgimise või folkraace-i võistluse tulemuste puhul pole roboti loomise protsess kuigi oluline, auhindamisel loeb vaid saavutatud lõpptulemus. FTC eesmärk ei ole pakkuda ainult robotivõistlust vaid kujundada õpilasi hinnatud spetsialistideks läbi mitmete suunatud tegevuste.

- FTC on suunatud konkreetsele vanuseastmele ning üldhariduskoolide õpilased ei satu võistlema koos ülikoolide robotiklubidega. Folkrace ja joonejärgimine õnnestub ära võita reeglina mõne kõrgkooli robotiklubil ja üldhariduskoolid ei püsi konkurentsisis, mis aga võib vähendada nende motivatsiooni pingutada ja osaleda.

Eeliseid on nii ühel kui teisel, eriti raskes majanduslikus olukorras, mis valdkonna arengut koolides pidurdama kipub. FTC programmis osalemine on kindlasti koolidele kallim, kuid õpilasi rohkem nende arengus toetav.

Võib-olla oleks vaadeldavas vanuseastmes robotika vastu suurema huvi tekitamiseks mõistlik viiagi läbi ettemääratud odava komplekti põhjal ehitatud robotitega mõne traditsioonilise võistlusalaga üldhariduskoolide turniir? Kui selline ettevõtmine tooks kasvõi mõned gümnaasiumid robotika valdkonnale lähemale, oleks veidi lihtsam minna edasi taas ka FTC-ga ning alternatiivsed võistlused saaksid üksteist toetada ja täiendada. Näiteks oleks ühe lisaväljundina FTC-sse jõudnud meeskondadel võimalik kogukonda toetada odava komplekti koolitusi uutest koolidest tehes, kes seejärel samuti robotika maailmas samm-sammult arenema saavad hakata, kui esmane huvi tekitatud.

Kui vaadelda rahvusvahelisi alternatiive, saab mainitud vanuseastmele suunatud võistlustest välja tuua näiteks VEX Robotics platvormil läbi viidavat võistlust *VEX Robotics Competition*. Ülesanded on sarnased FTC formaadile, kuid kasutatakse VEX Robotics-i loodud Tetrax ja Matrix komplektide laadset VEX EDR komplekti. [39] Ürituste kaardilt võib näha, et sarnaselt FTC-le on formaat eriti levinud Põhja-Ameerikas, kuid korraldatakse seda ka Lääne-Euroopas. Põhjamaadesse ning Kesk- ja Ida-Euroopasse võistlus jõudnud seni ei ole. [40]

Samuti on üheks võimalikuks võistlusformaadiks RoboCup Junior, mille vanemas astmes kehtib vanusepiir 15 kuni 19 aastat. Valida saab kolme võistlusülesande hulgast, mis sisaldavad kaks kahe vastu jalgpallimängu, takistustega joonejärgimist või hoopis autonoomsete robotite abil publikut kaasava etteaste loomist. Konkreetseid vahendeid robotite loomiseks antud võistlusel ette määratud ei ole. [41]

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli anda ülevaade robootikavõistluse formaadist *FIRST Tech Challenge*, viia läbi selle pilootvõistlus ning analüüsida saadud tagasiside põhjal formaadi jätkusuutlikust ja sobivust Eestisse.

Esimene peatükk kirjeldas ja selgitas FTC korraldust, selle raames toimuvaid võistlusülesandeid ning kasutatavaid roboteid. Peatükki on võimalik uuel hooajal kasutada esimese eestikeelse põhjalikuma ülevaadena antud formaadist. Samuti toodi välja orienteeruvad kulud ühe võistkonna kohta, et neid hiljem koolide võimekusega võrrelda.

Teine peatükk jäädvustas kahel pilootvõistlusel ning neist teise ettevalmistusena toimunu ning andis soovitusi järgmiste võistluste edukamaks korraldamiseks. Kolmandas peatükis analüüsiti pilootvõistluse järgselt kogutud tagasisidet, et jõuda selgusele, kas juhendajad ja õpilased on võimelised FTC raskusastmega toime tulema ning kui suured on probleemid finantsküsimumustes. Selgus, et vähemalt pilootvõistlusel osalejad on igati valmis programmis kasutatavaid ülesandeid täitma, kuid formaadi edaspidisel korraldusel peab kindlasti pöörama suurt rõhku nii korraldajate-poolsele täiendavale sponsorite otsimisele kui ka osalejate motiveerimisele sama teha, et vähendada finantsvahendite puudujääki uute vahendite muretsemiseks.

FIRST Tech Challenge-i võrdlemisel olemasolevate võistlustega jõudis autor ettepanekuni, kuidas sama sihtgrupi üritused valdkonda edendada ning üksteist toetada saaks. Töö kirjutamise hetkel on võistlustel osalemise põhjal vähesed sihtgrupi koolid tegevustesse kaasatud ning see võib saada takistuseks ka FTC korraldamisel.

Viited

- [1] Merylyn Merisalu. *Teaduspreemia laureaat hoiab mõtte tegevuses (UT - Tartu Ülikooli ajakiri)*. 2015. URL: <http://www.ajakiri.ut.ee/artikkel/1326>.
- [2] Heilo Altin. *Töö juhendaja ning MTÜ Robootika projektijuhi kommentaarid töö esialgsele versioonile*. 2016.
- [3] MTÜ Robootika. *Koolirobootika projekt*. 2014. URL: https://www.robotika.ee/vana/index.php/Kooliroboti_projekt.
- [4] Tartu Ülikooli teaduskool. *Eesti Olümpiaadid*. 2016. URL: <http://www.teaduskool.ut.ee/et/olumpiaadid/eesti-olumpiaadid>.
- [5] Robomiku veebipood. *Võistlused*. 2016. URL: <http://www.robomiku.ee/voistlused/>.
- [6] Robotex. *Robotex 2001*. 2015. URL: <http://www.robotex.ee/ajalugu/2001>.
- [7] Aivar Pau. *Tallinnas algab täna Euroopa suurim robotivõistlus Robotex*. 2015. URL: <http://tehnika.postimees.ee/3423569/tallinnas-algab-tana-euroopa-suurim-robotivoistlus-robotex>.
- [8] MTÜ Robootika. *Mis on FLL?* 2016. URL: http://www.robotika.ee/fllleesti/?page_id=5.
- [9] MTÜ Robootika. *Robotimängu juhend*. 2015. URL: <http://www.robotika.ee/fllleesti/wp-content/uploads/2015/09/robotimang2015.pdf>.
- [10] FIRST. *Juhendaja käsiraamat*. 2015. URL: <http://www.robotika.ee/fllleesti/wp-content/uploads/2015/09/FLLjuhendaja20151.pdf>.
- [11] FIRST. *FIRST homepage*. 2016. URL: <http://www.firstinspires.org/>.
- [12] FIRST. *Vision and Mission*. 2016. URL: <http://www.firstinspires.org/about/vision-and-mission>.
- [13] FIRST LEGO League Eesti. *FLL Jr. - Mis see on?* 2016. URL: http://www.robotika.ee/fllleesti/?page_id=1174.
- [14] FIRST LEGO League Eesti. *Mis on FLL?* 2016. URL: http://www.robotika.ee/fllleesti/?page_id=5.

- [15] MTÜ Robotika. *MTÜ Robotika pressiteade 9. jaanuar 2016*. 2016. URL: <https://www.robootika.ee/?p=471>.
- [16] FIRST. *FRC - Cost & Registration*. 2016. URL: <http://www.firstinspires.org/robotics/frc/cost-and-registration>.
- [17] FIRST. *FIRST Annual Report*. 2006. URL: http://www.firstinspires.org/sites/default/files/uploads/resource_library/2006_Annual_Report.pdf.
- [18] FIRST. *FTC Kickoff video*. 2008. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=zQsj0bNuGXE>.
- [19] A Lynch. *NI Week - FTC Robot*. Aug. 7, 2008. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Da4XRmuT1UM>.
- [20] HANDS on TECHNOLOGY e.V. *What is FTC*. 2016. URL: <http://www.first-tech-challenge.org/en/general/what-is.html>.
- [21] FIRST Tech Challenge Dutch Open 2016. *Winners of 2016*. 2016. URL: <http://firsttechchallenge.nl/winners-of-2016/>.
- [22] FIRST Tech Challenge Dutch Open 2016. *Contact*. 2016. URL: <http://firsttechchallenge.nl/contact/>.
- [23] FIRST Tech Challenge Dutch Open 2016. *FTC Kickstarter kit*. 2016. URL: <http://firsttechchallenge.nl/new-platform/ftc-kickstarter-kit/>.
- [24] HANDS on TECHNOLOGY e.V. *Vision - HANDS on TECHNOLOGY e.V*. 2016. URL: <http://www.hands-on-technology.org/en/vision.html>.
- [25] HANDS on TECHNOLOGY e.V. *FTC Germany 2015/16*. 2016. URL: <http://www.first-tech-challenge.org/en/ftc-2015-2016/tournament.html#1>.
- [26] FIRST. *2015-2016 FIRST Tech Challenge Game Manual Part I*. 2015. URL: <http://www.first-tech-challenge.org/en/ftc-2015-2016/missions-field-setup.html#2>.
- [27] FIRST. *2015-2016 FIRST Tech Challenge Game Manual Part II*. 2015. URL: <http://www.first-tech-challenge.org/en/ftc-2015-2016/missions-field-setup.html#2>.
- [28] FIRST. *FTC missions 2014/2015*. 2014. URL: <http://www.first-tech-challenge.org/en/ftc-2014/saison-2014.html#2>.
- [29] FIRST. *FIRST RES-Q Game & Season Materials*. 2016. URL: <http://www.firstinspires.org/node/4271>.
- [30] FIRST. *2015-2016 Legal and Illegal Parts List for FIRST RES-Q Robot Inspectors*. 2015. URL: http://www.firstinspires.org/sites/default/files/uploads/resource_library/ftc/2015-2016-legal-illegal-parts-list.pdf.

- [31] FIRST. *FIRST Annual Report*. 2008. URL: http://archive.firstinspires.org/sites/default/files/uploadedFiles/Who/Annual_Report-Financials/2008_AR_FINAL.pdf.
- [32] FIRST. *FTC App Inventor*. 2015. URL: <http://frc-events.firstinspires.org/FTCImages/2015>.
- [33] FIRST. *ftctechnh/ftc_app*. 2016. URL: https://github.com/ftctechnh/ftc_app.
- [34] Intelitek. *FIRST Tech Challenge Android Platform Training Resources*. 2016. URL: <http://www.intelitek.com/roborio/>.
- [35] HANDS on TECHNOLOGY e.V. *The FTC Robot*. 2015. URL: <http://www.first-tech-challenge.org/en/general/the-robot.html>.
- [36] MTÜ Robotika Rantsus Ramon. *RoboMiku lahing 2016 tulemused*. 2016. URL: <https://www.robotika.ee/?p=601>.
- [37] Võrumaa Kutsehariduskeskus. *Võru Roboti Tsõõr 2015 ja RoboMiku lahing*. 2015. URL: <http://www.vkhk.ee/uudised/2015/02/voru-roboti-tsoor-2015-ja-robomiku-lahing/>.
- [38] Andres Mihkelson. *Intervjuu Ramon Rantsusega 17.05.2016*. 2016.
- [39] VEX Robotics. *VEX EDR Competition*. 2016. URL: <http://www.vexrobotics.com/vexedr/competition>.
- [40] RobotEvents.com. *Robotics Competitions & Teams*. 2016. URL: <http://www.robotevents.com/map>.
- [41] RoboCup Junior. *RoboCup Junior*. 2016. URL: <http://rcj.robocup.org/>.

Lisad

Lisa 1. Viide FTC Eesti infolehele

Töö käigus koostas autor pilootvõistlusest osavõtjatele lühikese ülevaate uuest platvormist ning lisas selle juurde viidete kogu erinevatele õppematerjalidele ning juhenditele.

Veebileht loodi dokuwiki platvormile, et see oleks korraldusmeeskonna poolt kiiresti ja mugavalt muudetav.

Mainitud infoleht on kättesaadav aadressil *ftc.nrg.tartu.ee*.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Andres Mihkelson

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

“Robotikavõistluse formaadi *First Tech Challenge* rakendamine Eestis”

mille juhendaja on Heilo Altin

- (a) reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - (b) üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
 3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **20.05.2016**