Šiaulių Simono Daukanto gimnazija

Brandos darbo aprašas

IV klasės

**5 ašių roboto rankos – manipuliatoriaus valdymo algoritmo programavimas bei jai valdyti mobilaus telefono aplikacijos kūrimas.**

Dovydas Špukas

Ričardas Gečas. Informacinės technologijos - Mokytojas metodininkas

Šiauliai 2022

Turinys

Įvadas 3

Teorinis temos pagrindimas 4

Prototipo gamybos etapai 6

Prototipo projektavimas ir konstravimas 6

Programos kūrimas 7

Mobilaus telefono aplikacijos kūrimas 8

Darbo rezultatai ir refleksija 10

Darbo išvados 11

Informacijos šaltiniai 12

Priedai 13

# Įvadas

Darbų automatizavimas – vis aktualesnis XXI amžiaus procesas, kuris yra glaudžiai siejamas su geresne žmogaus gyvenimo kokybe. Šis procesas yra stebimas jau senovėje, o paprasčiausias įrodymas – vandens ratas [Ayalon et al, 2000]. Poreikis automatizuoti darbų procesus stebimas visose mūsų gyvenimo srityse, tokiose kaip: medicinos, pramonės, statybos, žemės ūkio ir kt. [Elattar 2008]. Pasak autoriaus, automatizuojant darbus didėja darbų saugumas, kyla darbo kokybės lygis bei efektyvumas, gerėja produktų kokybė. Acemoglu ir Restrepo (2018) teigia, kad automatizavimas mažina nekvalifikuotų darbų poreikį, lengvina fizinį žmonių darbą bei suteikia galimybę žmonėms sutelkti jėgas į kitokias, aktualesnes problemas. Viena iš darbe autorių darbe aptariamų problemų yra, kaip būtų galima didinti atliekamo darbo efektyvumą [Acemoglu, Restrepo 2018]. Taip pat, autoriai teigia, kad automatizacija yra šiuolaikinė realybė ir darbo ateitis. Taigi, darbų automatizavimo procesų tobulinimas bei įgyvendinimas stipriai padeda vystytis ekonomikos, mokslo, medicinos, pramonės ir kt. sritims, taip gerina gyvenimo kokybę.

Atsižvelgiant į darbų automatizavimo aktualumą bei poreikį, šiame darbe yra aprašomas vienos iš darbo automatizavimo galimybės įgyvendinimas. Buvo pasirinkta sukurti 5 ašių roboto ranką – manipuliatorių, nes tai yra vienas galimų universaliai pritaikomų įrenginių. Įrenginio kūrime buvo rašomas valdymo algoritmą bei kuriama jai valdyti mobilaus telefono programėlė. Taigi, projektas yra ir turimų, ir naujų žinių panaudojimas sukuriant produktą, kuris gali būti naudojimas darbų automatizavimo procese.

Tikslas: Sukurti įrangos prototipą skirtą darbų automatizavimui.

Uždaviniai:

1. Išanalizuoti darbų automatizavimo proceso aktualumą bei galimybę.
2. Sukurti 5 ašių roboto rankos – manipuliatoriaus prototipą, parašyti jo valdymo algoritmą bei sukurti mobilaus telefono programėlę.
3. Išbandyti sukurtą programinę įrangą valdant manipuliatorių.

# Teorinis temos pagrindimas

Darbų automatizavimas yra itin aktualus procesas nuo seniausių laikų, kuris yra smarkiai siejamas su žmonių gyvenimo lygiu, bei gali apimti įvairiais darbų rūšis bei gyvenimo sritis [Elattar 2008; Acemoglu, Restrepo 2018]. Pasak autorių, pats procesas priklauso nuo įvairių sričių, tokių kaip bendrųjų poreikių patenkinimas, ekonomikos lygio, mokslo ir medicinos pasiekimų, pramonės išsivystymo ir kt.. Pasak autorių, viena iš šio proceso įgyvendinimo būdų yra naudojant specialius robotus, atsižvelgiant į jo valdymo aplinkos identifikavimą ir pritaikymą. Tad tinkamai automatizuojant šias įvairias sritis gerinamas gyvenimo ir darbo kokybės lygis.

Analizuojant literatūrą, kuri yra susijusi su tam tikrų gyvenimo sričių automatizavimu, galima išskirti kelis ryškius pavyzdžius, tokius kaip laboratorijų ir statybų sričių automatizavimus, pasitelkiant robotus. Daug darbo reikalaujančios daugiapakopės biologinės užduotys, pavyzdžiui, DNR molekulių konstravimas ir klonavimas, yra pagrindinės laboratorinio automatizavimo kandidatės [Linshiz et al. 2013]. Pasak autoriaus, lankstus ir biologijai pritaikyto robotų įrangos valdymas yra esminis dalykas siekiant sėkmingai integruoti juos į laboratorijas, o robotui valdyti reikalingos pastangos turi būti daug mažesnės nei alternatyvus rankinis laboratorinis darbas. Analizuojant literatūrą apie statybų pramonės automatizavimą, pastebima, kad ji reikalauja daug darbo jėgos ir vyksta pavojingomis sąlygomis [Elattar 2008]. Todėl, pasak autorių, statybų robotikos svarba sparčiai auga. Robotikos ir automatikos taikymas ir veikla šioje pramonės šakoje prasidėjo dešimtojo dešimtmečio pradžioje, siekiant optimizuoti įrangos darbą, pagerinti saugą, pagerinti darbo vietos suvokimą, be to, užtikrinti kokybišką aplinką pastato gyventojams [Elattar 2008]. Tokiais tikslais yra siekiama vystyti robotų technologijas, kurios leistų sparčiai pagerinti ir minėtas, ir neminėtas sritis.

Automatizuojant darbus yra įmanoma patobulinti to darbo spartą ir kokybę bei leistų žmonėms sufokusuoti savo pastangas į sritis, kuriose reikia aukštų mąstymo ir kūrybingumo, lygių, kurių dabartiniai robotai negali pasiekti [Acemoglu, Restrepo 2018]. Pasak autorių, siekdami aukštesnio automatizavimo lygio žmonės sugebės pradėti vis didesnius, sudėtingesnius projektus [Elattar 2008]. Darbų automatizavimas robotais yra ateitis, kuri leidžia žmonėms pasiekti kitą, kaip civilizacijos, etapą [Linshiz et al. 2013]. Tačiau šie robotai turi būti universalūs ir nesudėtingai naudojami [Moran, 2007]. Pasak autoriaus, vienas iš pagrindinių universalių robotų tipas yra robotinė ranka – manipuliatorius. Pagrindiniai tokių robotų pliusai yra jų aukštas judėjimo laipsnis, trimatė darbo erdvė, lengvas konfigūraimas skirtingiems darbams. Kita autoriaus keliama svarbi savybė yra lengvas naudojimas, kurią užtikrina nesudėtinga valdymo aplinka. Norint tai pasiekti naudojama išplitusi technologija – mobilus išmanusis telefonas. Ji yra plačiai naudojama technologija tiek kasdieniniame gyvenime, tiek darbo aplinkoje. Žmonės yra įpratę ją naudoti, dėlto nėra sukuriamas mokymosi ir naudojimo barjeras. Tad tinkamai parinkus darbo automatizavimui skirtą robotą ir jo valdymo aplinką galima patobulinti darbo spartą ir kokybę.

Taigi, vystydami robotų technologijas ir optimaliai pritaikant jas darbų automatizavime yra gerinamas gyvenimo ir darbo kokybės lygis. O atsižvelgiant į analizuotą literatūrą, buvo pasirinkta naudoti roboto ranką – manipuliatorių, kuris leistų automatizuoti darbą.

# Prototipo gamybos etapai

Išanalizavus su darbų automatizavimo aktualumu bei poreikiu susijusią literatūrą, pasirenkamas įgyvendinti vienas iš daugelio šio proceso įgyvendinimo sprendimų, galimybių. Pasirinkta pagaminti veikiantį 5 ašių roboto rankos – manipuliatoriaus prototipą bei parašyti jam valdymo algoritmą bei sukurti mobilaus telefono programėlę. Visas procesas buvo suskirstas į kelis etapus:

1. Prototipo konstravimas bei elektroninės dalies sujungimas;
2. Programos kūrimas;
3. Mobilaus telefono aplikacijos kūrimas.

## Prototipo projektavimas ir konstravimas

Pirmas darbo įgyvendinimo etapas buvo 5 ašių roboto rankos – manipuliatoriaus (toliau RAT (Robotic Arm Transporter)) konstravimas bei elektroninės dalies sujungimas. Naudojant „AutoCAD 2021“ aplinką, buvo sudarytos 5 ašių RAT dalys: pagrindas (1 pav.), petys (2 pav.), žastas (3 pav.), dilbis (4 pav.), riešas (5 pav.), žnybto dalys (6-10 pav.). Manipuliatoriaus dalys buvo atspausdintos naudojant 3D spausdintuvą. Po spausdinimo proceso – panaikinta visa papildoma karkasinė medžiaga, kuri buvo naudojama tuščiavidurių dalių spausdiname. Sujungus atspausdintas dalis buvo sukonstruotas 5 ašių RAT. Toliau vyko elektroninės dalies sujungimas. Buvo naudoti MG-966R servo varikliai (11 pav.), kurių paskirtis manipuliuoti RAT pagrindą, žastą bei alkūnę. Taip pat SG90 servo varikliai (12 pav.) – manipuliuoti žnybtus per riešo sąnarį: riešo lenkimą ir tiesimą bei griebtuvo suspaudimą ir atleidimą. Prie „Arduino UNO“ mikrovaldiklio (13 pav.), kurio paskirtis – RAT valdymas, skaitmeninių jungčių (t. y nuo 5 iki 10 jungties) buvo prilituotos servo variklių signaliniai laidai. Prie išorinio maitinimo šaltinio teigiamų ir neigiamų jungčių prijungti servo varikliai bei „Arduino“ plokštė. Prijungtas „HC-05 Bluetooth“ modulis prie mikrovaldiklio, tačiau neprilituotas, norint išvengti problemos (jungiant modulį prie RX ir TX mikrovaldiklio jungčių, kurios taip pat naudojamos komunikuojant su kompiuteriu per USB jungtį, nepavyktų įkeltį kodą, nes mikrovaldiklis bando naudoti jungtis dviem skirtingam paskirtim ir įvyksta klaida). Tačiau problema lengvai išsprendžiama prijungiant „Bluetooth“ modulį prie mikrovaldiklio su laidais, kurios galima atjungti. Konstravimas ilgai neužtruko, tačiau iš karto pasimatė problema, kad pati ranka yra nestabili dėl laidų, kurie išsikiša iš po jos ir neleidžia stabiliai stovėti. Ši problema buvo pašalinta pagaminant RAT stabilumui palaikyti specialią dėžutę-padą, ant kurios viršaus buvo sumontuotas RAT. Taigi, pavyko sukurti 5 ašių roboto ranką – manipuliatorių bei sujungti elektroninę dalį.

## Valdymo algoritmo kūrimas

Toliau buvo pradėtas rašyti roboto rankos – manipuliatoriaus valdymo algoritmas. Šis procesas vyko naudojant „Arduino IDE“ aplinka. Pradėta programuoti nuo paprasčiausio duomenų siuntimo iš išmaniojo mobiliojo telefono į „Arduino“ mikrovaldiklį. Pirmoji užduotis buvo įjungti ir išjungti LED lemputę esančią mikrovaldiklyje. Problemos kilo su „Baud rate“ -informacijos perteikimo sparta, tačiau keičiant šią vertę tarp galimų variantų pavyko nustatyti reikalingą impulsų skaičių (teisinga vertė, kuri leido sėkmingą susijungimą ir informacijos perteikimą tarp telefono ir HC-05 modulio, buvo 9600 baud/s). Šis kodas bus naudojamas, kaip „Bluetooth“ ryšio testas. Pačio valdymo algoritmo rašymas buvo pradėtas nuo „SoftwareSerial.h“ bei „Servo.h“ bibliotekų įvedimo, kurios naudojamos norint įgalinti naujų nuosekliųjų ryšių sukūrimą arba manipuliuoti servo variklius. Toliau vyko šešių servo variklių, pastovių kintamųjų, kurie nustato „char“ tipo masyvo dydį, bei kintamojo „Clean“, kuris yra tarpas ir leis pravalyti „char“ tipo masyvą pavadinimu „Data“ (toliau bus kreipiamasi į šį masyvą kaip „Data“), paskelbimas. Taip pat sukuriami dvylika kintamųjų, kurie rodys servo variklių pasukimo padėtį. Šeši iš jų - pastovūs kintamieji, kurie bus naudojami rankos motorų pradinės pozicijos nustatymui (gale kintamųjų pavadinime „S“ raidė), o likusių kintamųjų vertės bus keičiamos atitinkamai pagal gauta informaciją. Toliau reikėjo deklaruoti, prie kurių jungčių prijungti servo varikliai, ir jie nustatomi į pradines pozicijas. Su šiuo veiksmu ir pasibaigė pirmoji („void setup“) programos dalis. Antroji dalis („void loop“) prasideda nuo sąlyginio sakinio, kuris tikrina ar yra atsiunčiama informacija. Jeigu yra atsiunčiama informacija, tada naudojant „for“ ciklą gauta informacija yra įrašoma į „Data“ masyvą. Ir tuomet priklausant nuo informacijos yra keičiama servo variklių pasukimo padėtis. Gauti duomenys yra dviejų tipų: arba dviejų raidžių kombinacija arba skaičius. Dviejų raižių kombinacijoje pirma raidė parodo, kuris variklis yra valdomas, o antra raidė yra ką daryti su pačia verte, t. y. jeigu „p“ variklio motoro padėtis yra didinama, „n“ - mažinama, „s“ - variklis atstatomas į pradinę poziciją, jeigu gautos raidės yra „ra“ - visa ranka gražinama į pradinę poziciją. Skaičius nustato vertę, pagal kurią bus ar didinami, ar mažinami variklio padėties kintamieji. Kadangi naudojami servo varikliai, kurių maksimalus posūkio kampas lygus 180 laipsnių, reikalingas sąlyginis sakinys, kuris keičiant variklio padėties vertę, jeigu ta vertė tampa didesnė už 180 arba mažesnė už 0, yra nustatomos atitinkamai 180 ir 0. Pavyzdys: gaunamas iš pradžių skaičius 10, o vėliau raidės „wp“, tai reiškia, kad pagrindo (nes pirma raidė atitinka pagrindą) motoro pasisukimo pozicija padidės (nes antra raidė p) per 10. „void loop“ kodo dalis užsibaigia su „Data“ masyvo pravalymu (t. y. visos „Data“ masyvo reikšmės nustatomos į tarpą). Pateiktas pavyzdys ir buvo atliktas su tikslu patikrinti ar sukurtas algoritmas veikia sklandžiai. Neiškilo problemų. Taigi, buvo parašytas valdymo algoritmas pritaikytas valdyti 5 ašių roboto ranką – manipuliatorių.

## Mobilaus telefono aplikacijos kūrimas

Kitas etapas buvo sukurti išmaniam telefonui programėlę, kuri leistų valdyti 5 ašių roboto ranką – manipuliatorių. Prieš pradedant programuoti, pirmiausia buvo nuspręsta, kokia aplinka ir kalba bus naudojama kuriant programą roboto rankos - manipuliatoriaus valdymui. Tai buvo atlikta, atsižvelgianti į programavimo kalbų ir aplinkų svarbius kriterijus, tokius kaip platus panaudojimas ir įvairūs galimi ištekliai. Buvo pasirinkta Java programavimo kalba ir „Android Studio“ programavimo aplinka. Pradėjau nuo programos dizaino. Iš pradžių sukurti mygtukai, kurie skirti prisijungti ir atsijungti prie „Bluetooth“ modulio. Taip pat sukurtas tekstas, kuris priklauso ir pasikeičia nuo tuo ar yra prijungtas įrenginys (jeigu yra prijungtas įrenginys, tekstas pasikeičia į „Prijungtas įrenginys“, o jeigu neprijungtas – „Įrenginys neprijungtas“ (14 pav.)). Toliau buvo sukurti du mygtukai „strėlės“ formos, kurie simbolizuoja roboto rankos – manipuliatoriaus servo variklių pasukimą. Buvo sukurti du išplečiamieji sąrašai: pirmasis sąrašas, kuris leistų nustatyti variklių greitį, antrasis sąrašas, kuris leistų pasirinkti valdomą variklį. Taip pat mygtukai, kurie skirti gražinti manipuliuojamą variklį arba visą ranką į pradines pozicijas. Galiausiai pridėtas vaizdas, kuris parodo manipuliuojamą variklį. Paspaudus „strėlės“ formos mygtukus arba pasirinkus variklio pasukimo dydį iš atitinkamo išplečiamojo sąrašo yra išsiunčiama tam tikra informacija. Paspaudus mygtuką yra išsiunčiamos dvi raidės, kurios kečia atitinkamo variklio pasisukimo padėtį. Pasirinkus vertę iš sąrašo yra išsiunčiama ta vertė ir ji tampa variklio pasisukimo dydžiu. Taigi, atlikusius šiuos veiksmus 5 ašių roboto rankos-manipuliatoriaus valdymo programėlė sukurta, patikrinta ir veikianti.

# 

# Darbo rezultatai ir refleksija

Atlikus 5 ašių roboto rankos – manipuliatoriaus projektavimo ir konstravimo darbus bei pabaigus rašyti jo valdymo algoritmą ir mobilaus telefono programėlę, buvo išbandytas sukurtos programinės įrangos naudojimas valdant manipuliatorių. Pirmas programėlės susiejimas su roboto ranka – manipuliatoriumi buvo nesėkmingas, nes išsiųsta informacija per susidariusį „Bluetooth“ ryšį nebuvo gaunama. Kodėl nebuvo gaunama informacija reikėtų atlikti tolimesnius tyrimus. Galima hipotezė, kad problemą sukėlė Arduino mikrovaldiklis, nes jį pakeitus problema buvo išspręsta. Visas programėles kurimo procesas užtruko didelį kiekį laiko, dėl naudojamos Java kalbos sudėtingos sintaksės, lyginant su C++, kurią mokausi gimnazijoje. Atlikus pakeitimus, sukonstruota roboto ranka-manipuliatorius, patikimai ir sklandžiai yra valdomas naudojant sukurtą mobilaus telefono programėlę.

Vykdant projektą įgyta praktinių žinių: mobilaus telefono aplikacijų kūrimo, techninių problemų sprendimo, darbo su Arduino mikrovaldikliais bei jų programavimu, įgyti XML bei Java kalbos programavimo pagrindai, projektavimo, laiko planavimo, litavimo įgūdžių. Taip pat įgyta patirtis praktiškai pritaikyti pamokų metu įgytas žinias (specifinės elektros grandinės žinios) lituojant elektroninę projekto dalį. Turėdamas aukštesnį žinių lygį bei didesnį laiko kiekį, naudojant net ir santykinai paprastas darbo aplinkas, šį projekto prototipą įmanoma ištobulinti iki produkto, kurį būtų galima integruoti ir naudoti darbų automatizavimui, išlaikant roboto rankos – manipuliatoriaus valdymo paprastumą.

# Darbo išvados

1. Išanalizavus darbų automatizavimo aktualumą bei galimybę, galima teigti, kad yra didelė teigiama darbų automatizavimo įtaka žmogaus gyvenimo ir darbo kokybei bei buvo pasirinkta naudoti roboto ranką – manipuliatorių bei jo valdymo aplinką mobiliu telefonu.
2. Buvo sukurtas 5 ašių roboto rankos – manipuliatoriaus prototipas. Taip pat suprogramuoti jo valdymo algoritmas bei sukurtas mobilaus telefono programėlę.
3. Išbandžius sukurtą programinę įrangą valdant manipuliatorių, jis patikimai ir sklandžiai yra valdomas naudojant sukurta mobilaus telefono aplikacija.

# Informacijos šaltiniai

1. Elattar, S.M.S., 2008. Automation and robotics in construction: opportunities and challenges. *Emirates journal for engineering research*, *13*(2), pp.21-26.
2. Linshiz, G., Stawski, N., Poust, S., Bi, C., Keasling, J.D. and Hillson, N.J., 2013. PaR-PaR laboratory automation platform. *ACS synthetic biology*, *2*(5), pp.216-222.
3. Arduino IDE, programavimo aplinkos gidas: <https://www.arduino.cc/reference/en/>
4. Android studio gidas: <https://developer.android.com/guide/>
5. Ayalon, E., Milo, U. and Ziona, N., 2000. Typology and Chronology of Water-Wheel (" sāqiya") Pottery Pots from Israel. *Israel Exploration Journal*, pp.216-226.
6. Acemoglu, D. and Restrepo, P., 2018. Artificial intelligence, automation, and work. In *The economics of artificial intelligence: An agenda* (pp. 197-236). University of Chicago Press.
7. Moran, M.E., 2007. Evolution of robotic arms. *Journal of robotic surgery*, *1*(2), pp.103-111.

# Priedai

Pav. 1



Text

Description automatically generated

Text

Description automatically generated

Text

Description automatically generated

(Mobilios aplikacijos kodas bus pateiktas kodų „blokais“)

Timeline

Description automatically generated

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Timeline

Description automatically generated