

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Тікбұрышты призмалармен бөгеттерді аппроксимациялап мобильді роботтың
козғалуын басқару алгоритмдерін өндеу»

6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру

Орындаған


Қожан Ердаулет Үсенұлы

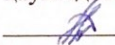
Рецензент

Ғылыми жетекші

PhD доктор, доцент

тех. ғыл. кандидаты, доцент,
қауымдастырылған профессор


Бәзіл Г.Д.
«06» 06 2023 ж.


Бейсембаев А.А.
« » 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазак ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру



Дипломдық жұмысты орындауға арналған
ТАПСЫРМА

Білім алушы Қожан Ердәулет Үсенұлы

Тақырыбы: «Тікбұрышты призмалармен бөгеттерді аппроксимациялап мобильді роботтың қозғалуын басқару алгоритмдерін өңдеу»

Университет проректоры Б.А. Жаутиковтың «23» қараша 2022ж. № «408-П/Ө» бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «___» _____ 2023 ж.

Дипломдық жұмысты әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

а) кіріспе;

б) технологиялық бөлім,

в) арнайы бөлім.

г) бағдарламалық бөлім

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып): *функционалдық сұлба, құрылымдық сұлба, кедергілерді анықтау траекториясы, диапазон өлшегіштер, Радио сигналдарды қабылдағыш, Мобильді роботтың кедергілерді айналып өту жолын құрастыру, кедергілерді анықтау, мобильді роботтың кедергілерді айналып өту жолын құрастыру, Мобильді роботтың кедергілермен қиылыспау нүктелерін іздестіру.*




Жұмыс презентациясы ___ слайдтарда көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 20 атаулардан тұрады.

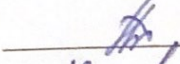
Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Технологиялық бөлім	31.03.2023	
Арнайы бөлім	10.04.2023	
Бағдарламалық бөлім	24.05.2023	

Аяқталған дипломдық жоба үшін, оған қатысты бөлімдердің жобасын көрсетумен, кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Технологиялық бөлім	Бейсембаев А.А., тех. ғыл. кандидаты, доцент, қауымдастырылған профессор	29.05.23	
Арнайы бөлім	Бейсембаев А.А., тех. ғыл. кандидаты, доцент, қауымдастырылған профессор	29.05.23	
Норма бақылаушы	Жанабаева Э.Ж., техника ғылымдарының магистрі, ассистент	25.05.23	

Ғылыми жетекшісі

 Бейсембаев А.А.

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы

 Қожан Е.Ү.

Күні

« 09 » 02 2023 ж.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Технологиялық бөлім	8
1.1 Мобильді робот конструкциясының сипаттамасы	8
1.2 Электр сызбасының сипаттамасы	9
1.3 Дизайн ерекшеліктерінің сипаттамасы	16
1.4 Wanbaozhi FA–130RA микро DC қозғалтқышы	18
2 Арнайы бөлім	20
2.1 Тікбұрышты призмалармен жуықтау кезінде ртк–ның орналасу схемасын құрудың математикалық моделі мен алгоритмі	20
2.2 Көпбұрыштардың өзара қиылыспауының логикалық шарттары мобильді роботты және кедергілермен аппроксимациялау	22
2.3 Жол нүктелерін анықтаудың жолдары	23
3 Бағдарламалық бөлім	26
3.1 MatLab ортасында мобильді роботтың алгоритмін құрастыру	27
3.2 Сценарийге кедергілер қосу	28
3.3.1 Мобильді роботқа кедергілерді Simulink – те қосу	29
3.3.2 Мобильді робот сценарийі	29
3.3.3 Controller and plant	32
3.4 Эксперимент жасау	35
3.4.1 1-ші эксперимент	35
3.4.2 2-ші эксперимент	36
3.4.3 3-ші эксперимент	37
Қорытынды	39
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	40

КІРІСПЕ

Жобаның мақсаты. Тікбұрышты призмалар түрінде ұсынылған кедергілерді айналып өтуге қабілетті мобильді роботтың қозғалысын басқару алгоритмін жасау. Роботтар тобында ұжымдық мінез–кұлық үшін жаңа алгоритмдерді әзірлеу және зерттеу үшін бағдарламалық–аппараттық кешен құру, сонымен қатар белгілі алгоритмдерді шешуге бейімдеу болып табылады.

Тақырыптың өзектілігі. Мобильді роботтар үшін қозғалысты басқару алгоритмдерін әзірлеу қазіргі заманғы робототехника үшін маңызды және өзекті міндет болып табылады. Кедергілерді айналып өту және шектеулі кеңістікте маневр жасау мүмкіндігі роботтардың автономды қозғалысы үшін қажет.

Мобильді робот мыналардан тұратын борттық жабдықтың жиынтығымен жабдықталған: 8 қашықтық өлшегіш модуль, екі жақты радиомодуль, арнайы IR тегтерін анықтауға қабілетті 2 инфрақызыл (ИК) локаатор, шектеулі диапазондағы IR қабылдағыш арнасы, одометр. сенсорлар, екі тұрақты ток қозғалтқышы, индикатор және дыбыстық ескерту жүйелері. Сенсорлардың үлкен санын пайдалану мобильді робот арқылы мәселелерді шешу кезінде сыртқы түзетуді қолданбай навигациялық жүйені пайдалану қажеттілігінен туындайды. Осының арқасында, Бағдарламалық–аппараттық кешеннің көмегімен әзірленген алгоритмдер қандай да бір себептермен роботтың навигациялық жүйесіне сыртқы түзетулер енгізу мүмкіндігі жоқ құрылымдық ұқсас тапсырмаларда қолданылуы мүмкін.

Жоба тапсырмасы мен міндеті. Жобаның негізгі тапсырмасы тіктөртбұрышты призмалалы кедергілерді айналып өту. Мобильді роботты қозғалу алгоритмін MatLab, SimMultibody кітапханасын қолданып визуалды модельдеу.

Жоба жоспары.

1. Мобильді роботтарды навигациялау және кедергілерді болдырмау үшін бар әдістерді зерттеу.

2. Роботтың кедергілер арасындағы қозғалыс траекториясын жоспарлау алгоритмін құрастыру.

3. Есептелген траектория бойынша роботтың қозғалысын басқару алгоритмін жүзеге асыру.

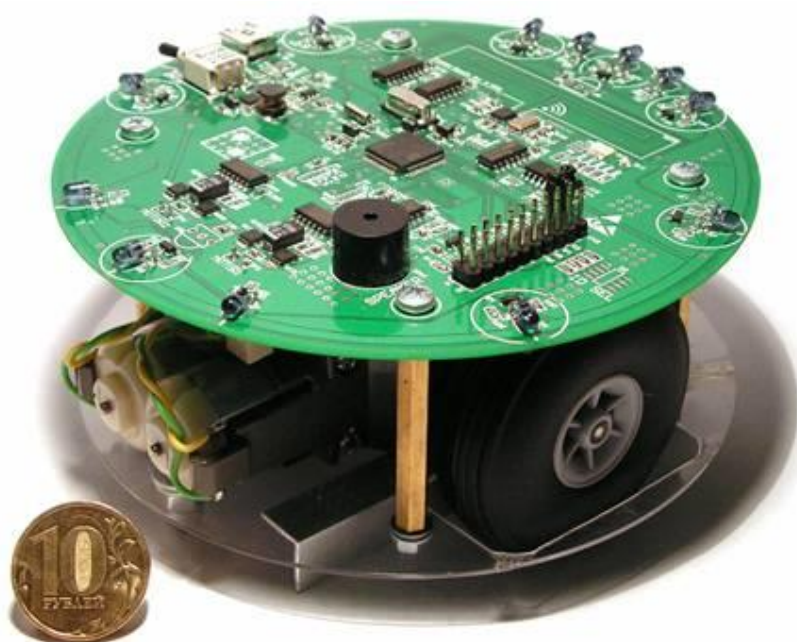
4. Жасалған алгоритмді имитациялық ортада сынау.

Ұқсас құрылымның іске асырылған бағдарламалық–аппараттық жүйелерінің мысалдары ретінде халықаралық робот–футбол жарыстарына арналған RoboCup және FIRA жобаларын, сондай–ақ үлкен топтардың флокингтік мінез–кұлқын зерттеуге арналған SWARMROBOT жобасын келтіруге болады. роботтар. Бұл жүйелерден айырмашылығы, сипатталған бағдарламалық–аппараттық кешен тапсырмалардың кең ауқымына арналған, белсенді сынақ алаңымен жабдықталған және мобильді роботтар арасындағы қайталанатын байланыс жүйесімен жабдықталған.

1 Технологиялық бөлім

1.1 Мобильді робот конструкциясының сипаттамасы

Бағдарламалық–аппараттық кешен имитациялық жүйеден және кедергілер жиынтығымен, зарядтау станцияларымен инфрақызыл (ИК) тегтері бар мақсатты нүктелермен жабдықталған сынақ алаңынан тұрады. Сынақ алаңының жалпы өлшемдері 1,5x2м. Нақты сынақ алаңында алгоритмдерді сынау үшін қолданылатын зерттеу роботтары (1 – сурет) дифференциалды жетекі, сенсорлар жиынтығы және байланыс жүйелері бар бір типті автономды мобильді платформалар болып табылады. Мобильді роботтың диаметрі 120 мм, ал биіктігі 70 мм–ден аспайды. Қуат борттық батареялардан қамтамасыз етіледі.



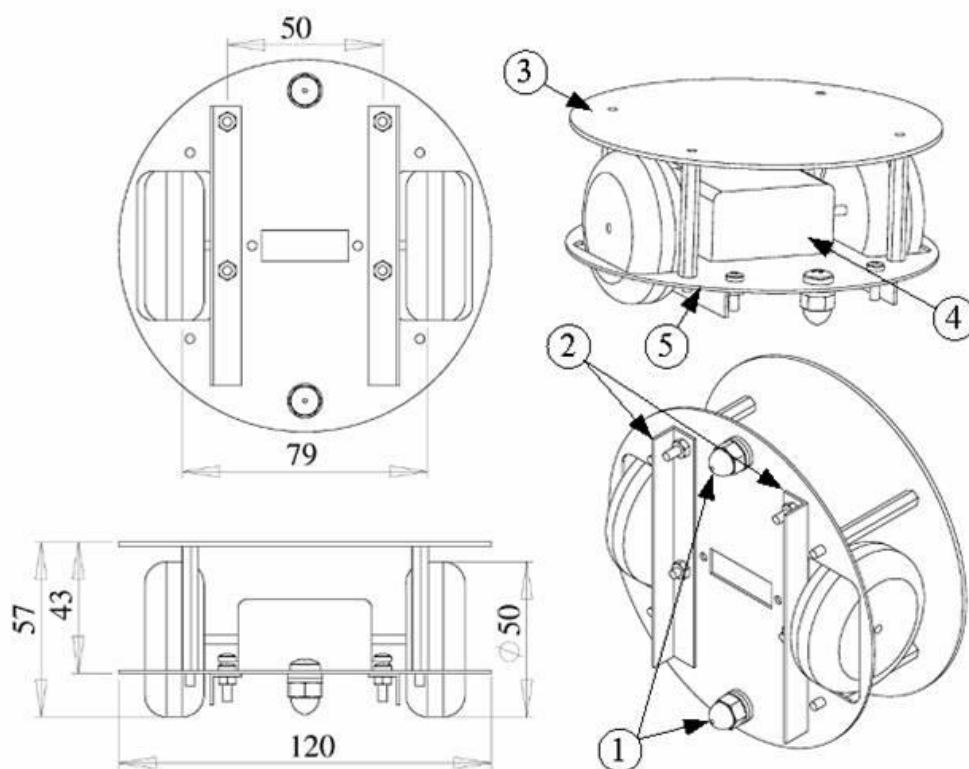
1.1 - сурет – Мобильді роботтың сыртқы түрі

Мобильді мини – роботты құрастыру кезінде бірқатар шектеулерді ескеру қажет: өлшемді, роботтың құрамдас бөліктері мен түйіндерінің орналасуы бойынша, массалық, робот салмағы бойынша және энергетикалық шектеулер. белсенді және стационарлық режимдерде жылжымалы роботтың жалпы энергия тұтыну шарттары. Бақылау тапсырмаларын зерделеуге қойылатын талаптарды, сондай–ақ көрсетілген шектеулерді ескере отырып, борттық жабдықтың келесі жиынтығын пайдалану туралы шешім қабылданды:

- 1) 8 диапазонды анықтау модулі;
- 2) екі жақты байланыс радиомодуль;
- 3) арнайы IR тегтерін анықтауға қабілетті 2 IR локаторы;
- 4) шектелген диапазондағы ИҚ–таратқыш арна;
- 5) одометриялық датчиктер;
- 6) тұрақты токтың екі қозғалтқышы;

7) сигналдық және дыбыстық ескерту жүйесі.

Мобильді робот екі палубалы құрылым (1.2 –сурет), мұнда төменгі палуба 5 тасымалдаушы, ал баспа плата 3 жоғарғы палуба рөлін атқарады. Төменгі палуба бойлық қатайтқыштармен 2 күшейтілген мобильді роботтың дифференциалы екі дөңгелекте. Төрт нүктелі шасси дөңгелектер мен шарикті мойынтіректерден тұрады 1. Тартқыш редуктор 4 және батарея жинағы төменгі палубаға бекітілген 1.2 – суретте шартты түрде көрсетілмеген.



1.2 - сурет –Мобильді роботтың дизайны

1.2 Электр сызбасының сипаттамасы

Мобильді роботтың аппараттық бөлігі келесі блоктардан тұрады:

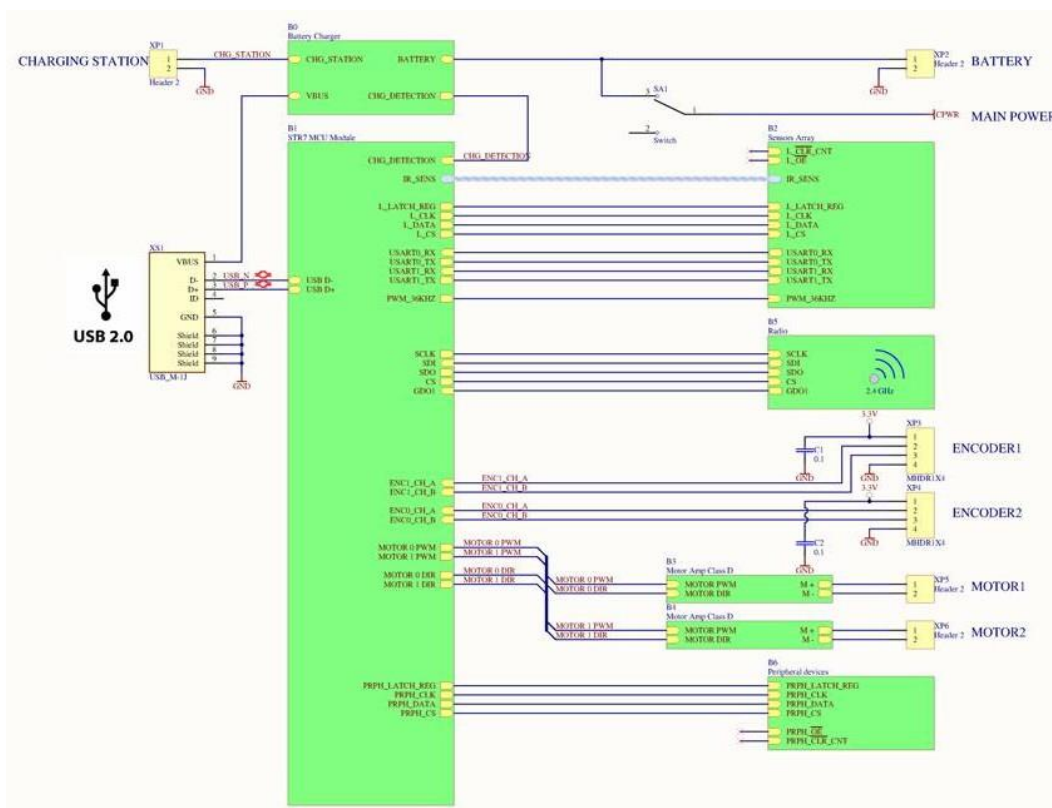
- 1) есептеу блогы және қуат көзі (STR7 MCU модулі);
- 2) борттық аккумуляторды зарядтау блогы (Battery Charger)
- 3) сенсорлардан ақпаратты жинау блогы (Sensors Array);
- 4) екі жақты радиоарна блогы (Радио);
- 5) перифериялық құрылғылармен жұмыс блогы (Peripheral devices);
- 6) коллекторлық қозғалтқыштарды басқаруға арналған D классты қуат күшейткіштері (Motor Amp Class D).

Сыртқы сигналдардың қосылу блоктары мен қосқыштарының принципіалды схемасы 1.3 – суретте . D класындағы қуат күшейткіш блогы екі

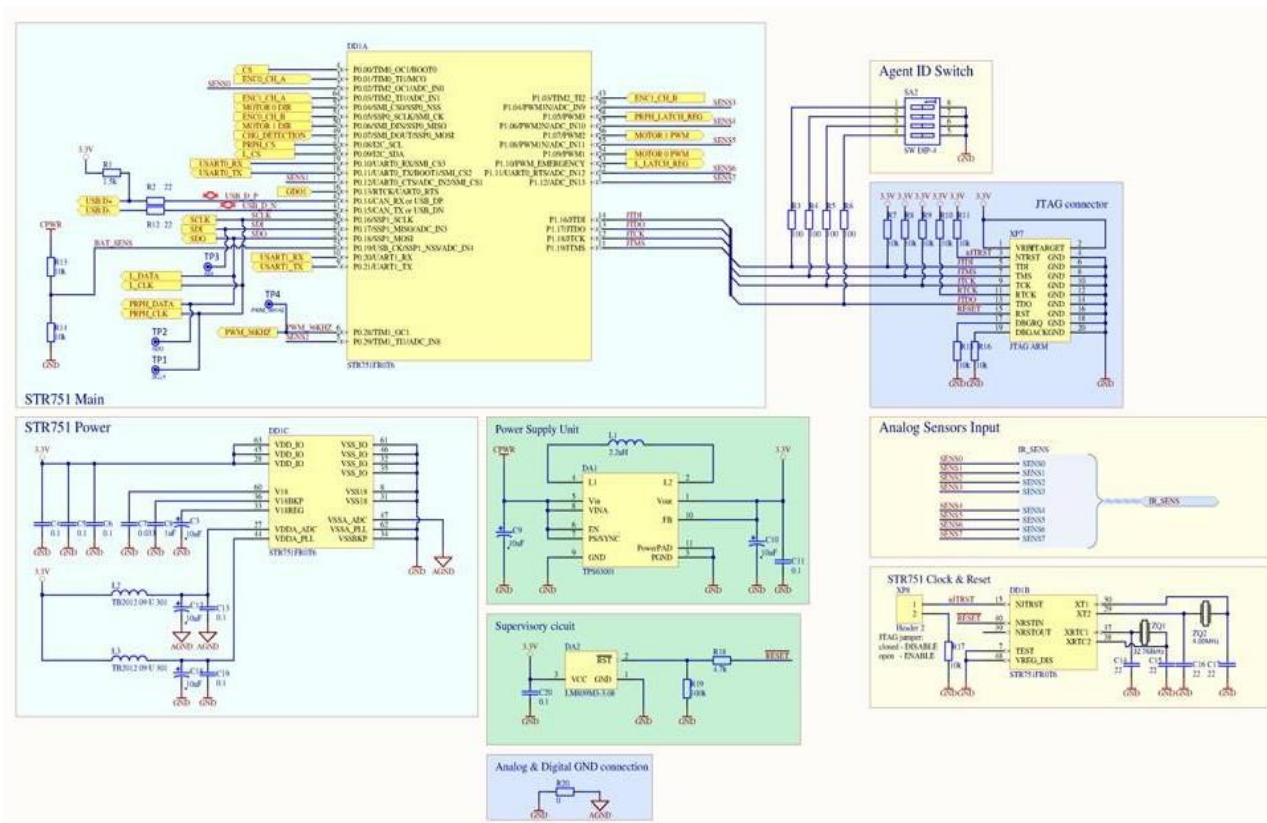
тұрақты ток щеткалы қозғалтқышты жүргізу үшін тізбекте екі рет жүзеге асырылады.

Есептеуіш блоктың 1.4 – суретте схемасы көрсетілген. Түсінікті болу үшін блоктың функционалды түйіндері түрлі-түсті жақтаулармен ерекшеленген. Есептеу блогы 60 МГц тактілік жиілікте 54 DMIPS өнімділігі бар ARM 7 TDMI – S ядросы бар DD1 STR751FR0T6 микроконтроллеріне негізделген.

XP 7 қосқышы JTAG отладкасын жөндеу режимінде қосу үшін , ал TDI / TDO / TMS / TCK желілері SA 2 қосқышын пайдаланып қалыпты жұмыс режимінде робот нөмірін орнату үшін пайдаланылады. P 1 , R 2, R 12 резисторлары конфигурациялау және микробағдарлама жаңартулары үшін мобильді роботты USB Full Speed құрылғысы ретінде компьютерге қосуға арналған . R 13 және R резисторлары 14 кернеу бөлгішті құрайды, оның ортаңғы нүктесі микроконтроллердің ADC кірісіне қосылған, ол борттық батареяның кернеуін басқаруға мүмкіндік береді. Сынақ нүктелері TP 1 – TP 4 SPI интерфейсінің MISO , MOSI , SCK сигналдарын осциллографиялық басқаруға және IR таратқыштарды басқаруға арналған 36 кГц PWM тактілік сигналына арналған (б–суретте VD 9 – VD 12). SPI шинасына 3 тәуелді құрылғы қосылған : радиомодуль және 2 ауысым регистрлері, олар қол жетімді дискретті шығыс желілерінің санын көбейту үшін қолданылады. L2– C 12– C элементтері 13 және L 3– C 18– C 19 микроконтроллердің ADC және PLL модульдері үшін 3,3 В қоректену кернеуіне арналған L–тәрізді сүзгілерді құрайды.



1.3- сурет – Сыртқы сигналдардың қосу блоктары мен қосқыштарының принципіалды сұлбасы



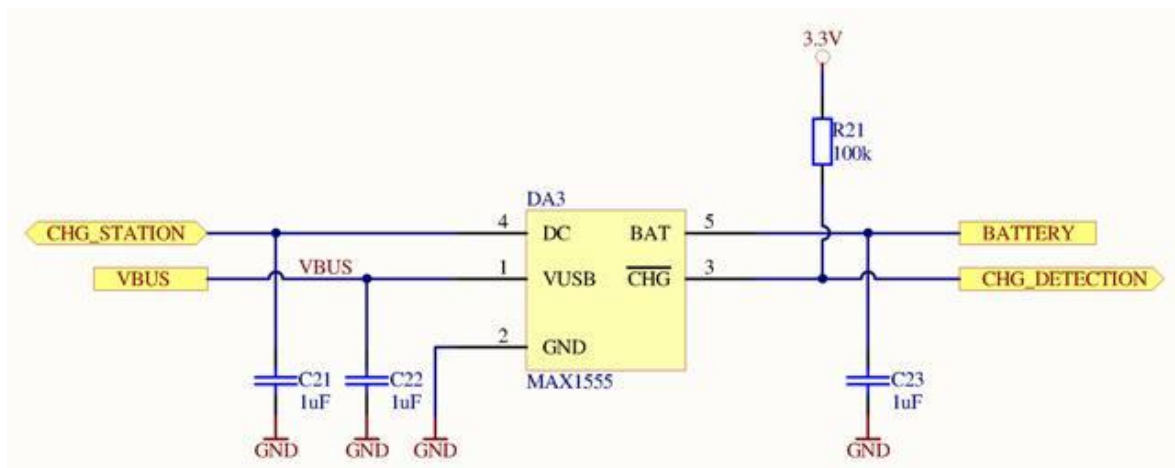
1.4 - сурет – Есептеу қондырғысының принципіалды сұлбасы

Есептеу қондырғысының принципіалды сұлбасы қосымшада 1.4 - сурет – көрсетілген. С 3 – С 8 конденсаторлары 3,3 В және 1,8 В кернеуі бар микроконтроллердің электр желілері арқылы сүзіледі. Стандартты қосудағы төмендеткіш импульстік түрлендіргіштің DA 1 TPS 63001 чипі 3,3 В тұрақтандырылған кернеуді алу үшін борттық Liop батареясының 3,4...4,2 В жұмыс кернеуінің барлық диапазонын пайдалануға мүмкіндік береді. DA 2 LM 809 M 3–3,08 бақылаушы микросхемасы қоректену кернеуі 3,08 В деңгейінен жоғары тұрақтандырылған кезде ғана сигнал жіберу үшін қолданылады . Резистор R (*RESET*) нөлдік кедергісі бар 20 аналогтық және цифрлық бөліктердің ортақ электр желілерін схемалық түрде біріктіру үшін қолданылады . Микроконтроллер кварцты резонаторлардан ZQ 1 32,768 кГц – нақты уақыттық тактілік, ZQ 2 4 МГц – негізгі тактілік.

XP 3 және XP 4 қосқыштары мобильді роботтың екі дискісінде орнатылған импульстік инкрементті кодтауыштарды қосу үшін пайдаланылады.

Борттық аккумуляторды зарядтау блогының схемасын 1.5 – суретте көрсетеді. XP 1 қосқышынан CHG_STATION қуат кірісіндегі кернеу 5V ± 10% диапазонында сыртқы зарядтау блогынан – зарядтау станциясынан беріледі . DA 3 MAX 1555 чипі зарядтау үшін қуат көзі ретінде USB интерфейсінің VBUS кернеуін пайдалануға мүмкіндік береді.

CHG_DETECTION сигналы борттық батареялардың заряд күйін анықтау үшін қолданылады. Зарядтау кезінде ол логикалық төмен күйге өтеді, басқа жағдайларда ол жоғары кедергі күйіне өтеді.



1.5 - сурет – Борттық аккумуляторды зарядтау блогының принципіалды сұлбасы

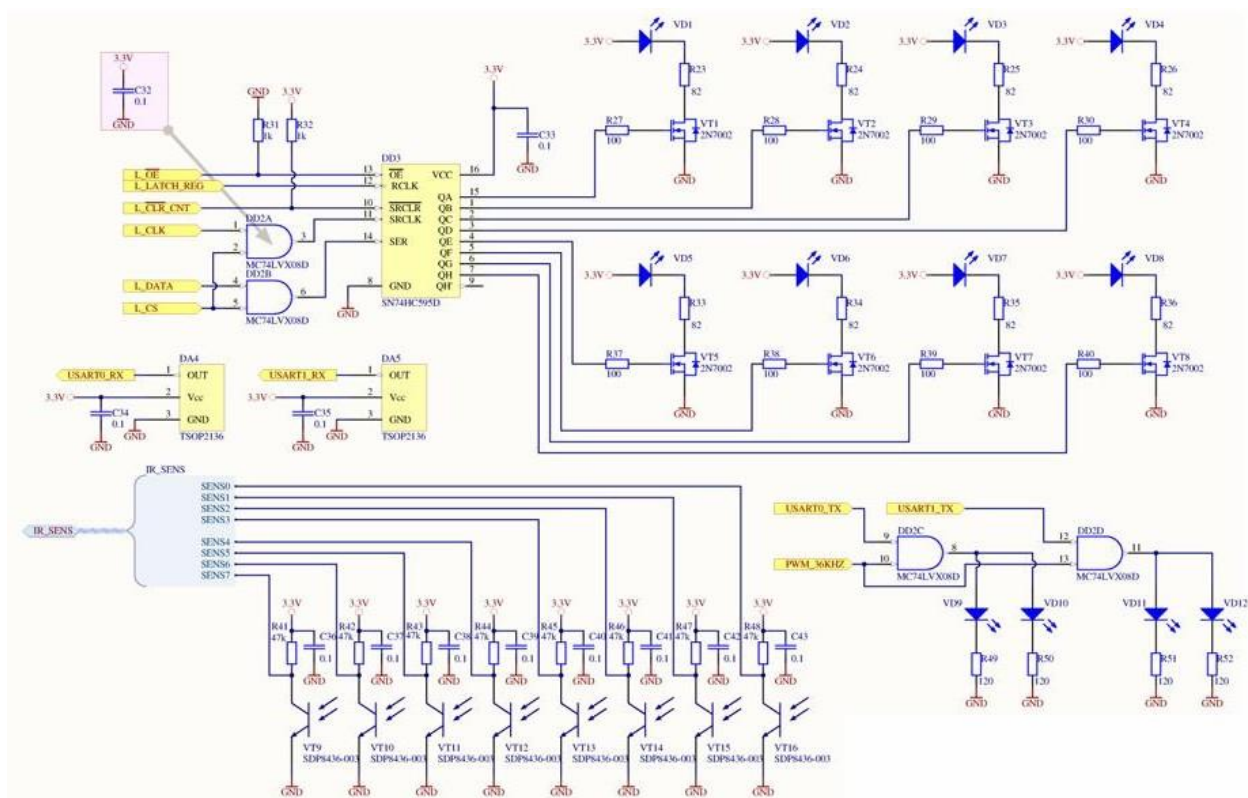
Борттық бір ұялы Liон батареясы XP 2 қосқышына қосылған (1.5 – сурет). Жылжымалы контактілердің көмегімен мобильді роботты зарядтау станциясына автоматты түрде қосу әдістерін пайдалану адам операторының қатысуынсыз зерттеу жүйесін пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл уақыт борттық батареялардан мобильді роботтың батареясының қызмет ету мерзімінен асатын көптеген итеративті оқыту әдістері үшін қажет.

Датчиктерден ақпаратты жинауға арналған блоктың схемалық диаграммасы 1.6 – суретте көрсетілген. Кірістірілген ысырмасы бар DD 3 ауысу регистрі және көмекші логика DD 2 (A , B) SPI тәуелді құрылғысының интерфейс бөлігі болып табылады. Бұл шешім диапазон өлшегіштерінің (DD 2, DD 3) және перифериялық құрылғылардың (DD 5, DD 6) жарық диодтарын басқару үшін микроконтроллердің шығыс кеңістігін 16 қосымша жолға кеңейтуге мүмкіндік берді. C 32 конденсаторы сүзгі ретінде пайдаланылады және DD 2 чипінің қуат түйреуіштеріне жақын орналасқан. Жинау қондырғысының принципіалды сұлбасы сенсорлардан алынған ақпарат.

Әрбір ИҚ сәулелі диод және фототранзистор (VD8 – VT16) ашық оптикалық арнасы бар оптопарларды құрайды. Мобильді роботтың периметрі бойынша орналасқан бұл оптикалық қосқыштар сынақ алаңында орналасқан кедергілерге дейінгі қашықтықты анықтау үшін қашықтық өлшеуіш ретінде пайдаланылады. Қашықтықты өлшеу фототранзистор қабылдаған ИҚ–сәулелену деңгейінің екі өлшемінің көмегімен орындалады: біріншісі артқы жарықсыз, екіншісі артқы жарықпен.

Оптокоуплер фотодетекторының өлшемдері ИҚ сәуле шығарушы диодтың сәулеленуін көрсететін объектінің сипаттамаларына өте тәуелді. Дегенмен, сынақ алаңында барлық кедергілер диод шығаратын 800 ... 1000 нм толқын ұзындығы диапазонында олардың шағылысу коэффициенттері қателіктің 10% шегінде болатындай етіп жобаланған. Сонымен қатар, мобильді роботтың жұмыс істеу динамикасын ескере отырып, оптикалық қосқыштарды

динамикалық оптикалық диапазонды өлшегіш ретінде пайдалануға болады M_2, M_1



1.6 - сурет – Жинау қондырғысының принципіалды сұлбасы сенсорлардан алынған ақпарат

Объектіге дейінгі қашықтық мына формуламен анықталады:

$$r = \sqrt{f \frac{1}{M_2 - M_1}} \quad (1.1)$$

мұнда: r – кедергіге дейінгі қашықтық ,

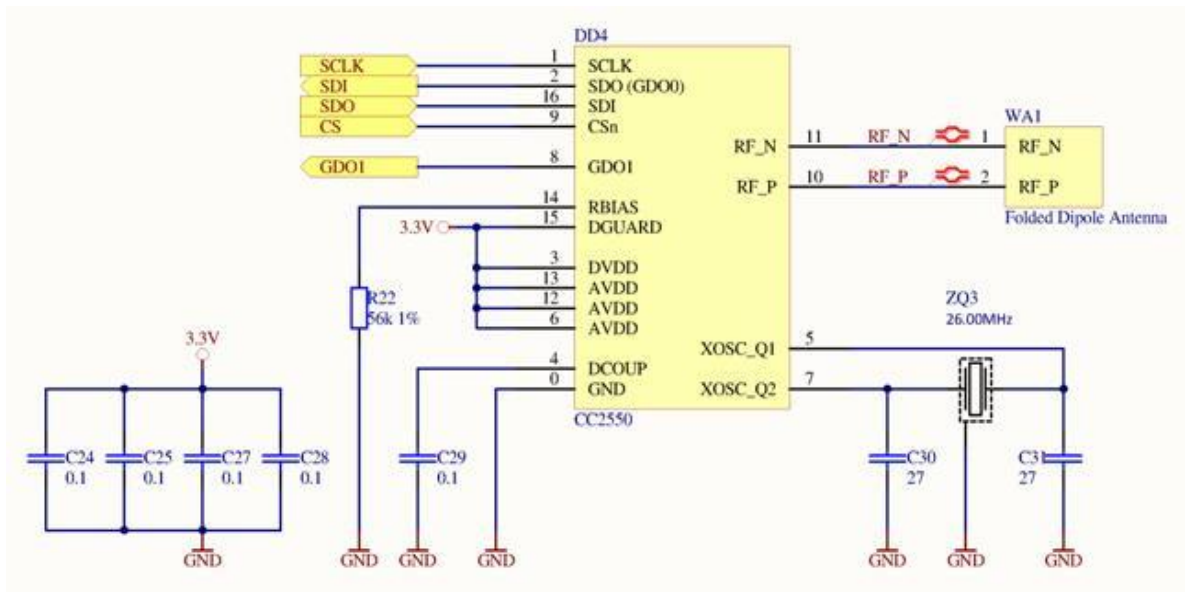
M_1, M_2 – сәйкесінше жарықсыз және жарықтандырусыз алынған сәулелену қуатын өлшеу;

f – диапазон өлшегішті калибрлеу арқылы анықталатын функция.

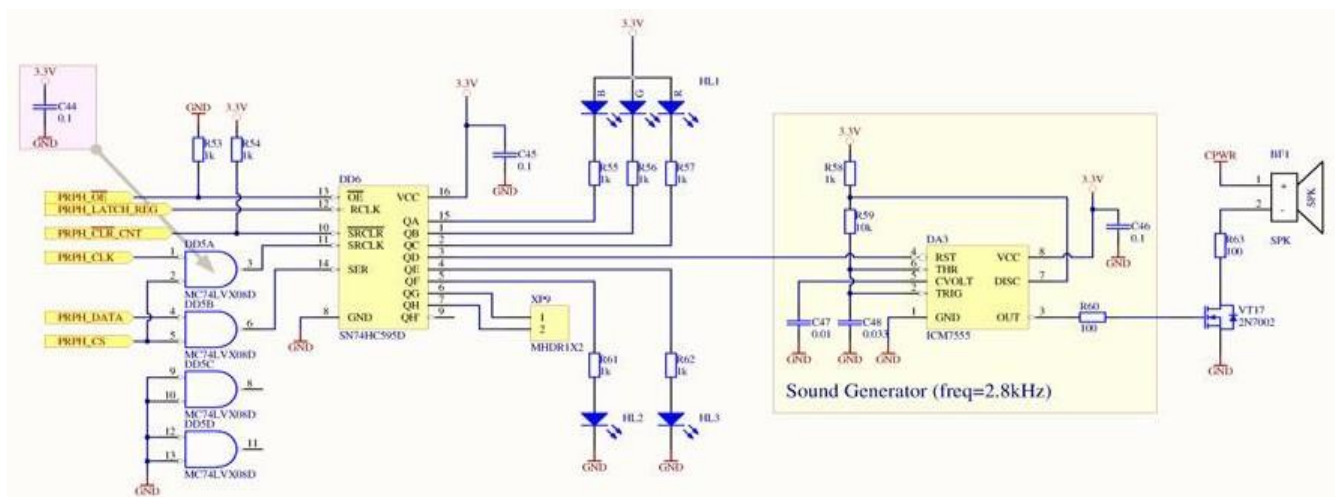
VD1 – VD8 ИҚ диодтары кілттік режимде жұмыс істейтін VT1 – VT8 өрістік транзисторлар арқылы басқарылады . Әрбір қабылдау сатысына C36–C43 сүзгі конденсаторы қосылады. VD9 – VD 12 ИҚ сәулелену диодтары 36 кГц тасымалдаушысы бар ИҚ жарық диапазонында тар фокусталған байланыс үшін қолданылады. Бұл жағдайда VD 9, VD 10 диодтары роботтың артқы жағында, ал VD 11, VD 12 – алдыңғы жағында орналасқан. Модуляциялаушы сигнал ретінде UART пайдаланылады . Екі тәуелсіз UART модулінің болуы арқасында микроконтроллерде мобильді роботқа қатысты ақпаратты алға және кері бағытта тәуелсіз беру мүмкін. Микроконтроллердің екі UART модулінің қабылдау

желілері шығысында логикалық деңгейлері бар конвертті құрайтын тасымалдаушы жиілігі 36 кГц болатын ИҚ сигналдарын қабылдайтын DA4, DA5 TSOP 2136. IR қабылдағыштарының шығыстарына қосылған. .

Екі жақты радиоарна блогының схемасы 1.7 – суретте көрсетілген. Радиоарна кірістірілген 2,4 ГГц РЖ жолы бар DD 4 CC 2550 аналогты–цифрлық интегралды схемаға негізделген. DD 4 микросхемасының стандартты қосындысы пайдаланылады, WA 1 дипольді антенна баспа платасында өткізгіштер түрінде жасалған.



1.7 - сурет – Екі жақты радиоарна блогының принципалды сұлбасы

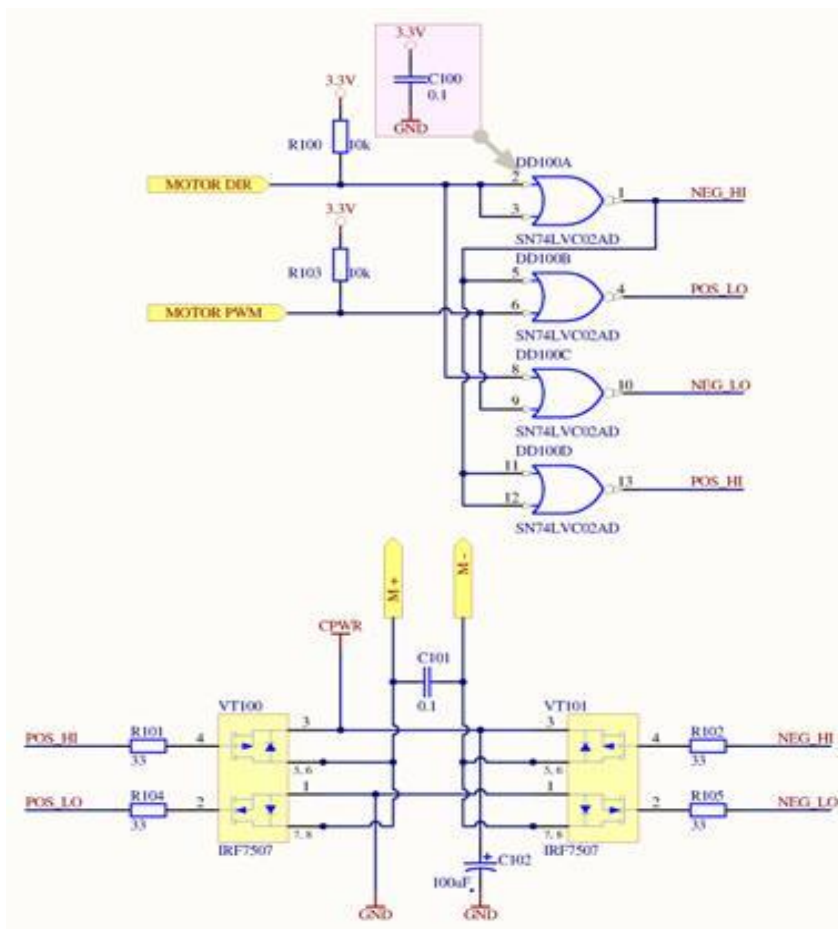


1.8 - сурет – Перифериялық құрылғылармен жұмыс істеу қондырғының сұлбасы

Перифериялық құрылғылармен жұмыс істеуге арналған қондырғының схемасы 1.8 – суретте DD 5 және DD 6 чиптері, жоғарыда айтылғандай, интерфейс бөлігі болып табылады SPI.

Ауысым регистрінің шығысы үш түсті жарық диодты HL1, екі бір түсті жарық диодты HL 2 және HL 3, сондай-ақ дыбыс жиілік генераторын (АФ) басқару үшін қолданылады.

АФ генераторы DA 3 ICM 7555 біріктірілген жиналды . АФ генераторының жүктемесі VT 17 транзисторындағы күшейту сатысы арқылы қосылған BF 1 дыбыс шығарғышы болып табылады .



1.9 –сурет – Коллекторлық қозғалтқышты басқаруға арналған D класты қуат күшейткіш блогының принципиалды сұлбасы

Щеткалы қозғалтқышты басқаруға арналған D класты қуат күшейткіш блогының схемасын 1.9 - сурет көрсетілген. Мобильді робот екі жетекті доңғалақты басқару үшін мүлдем бірдей екі блокты пайдаланады. DD 100 NOR логикалық чипі басқару сигналдарын (PWM және айналу бағыты логикасы) MOSFET транзисторлары VT 100 және VT 101 негізіндегі қуат көпірін басқару сигналдарына түрлендіру үшін пайдаланылады. Сонымен қатар, басқару логикасы арқылы өтетін токтар ағынын болдырмайды. күштік көпір.

1.3 Дизайн ерекшеліктерінің сипаттамасы

Құрылымдық жағынан электронды бөлік диаметрі 120 мм шеңбер түрінде екі жақты баспа схемасы түрінде жасалған. Элементтерді орналастыру және трассаны белгілеу кезінде біз 0,2 / 0,2 мм технологиясы үшін өндіріс стандарттарын пайдалануға мүмкіндік беретін орналасуды таңдадық (ең аз ПХД жолының ені / ең аз ПХД жолының аралығы).

Баспа платасында құрамдас бөліктер екі жағында орналасқан. Мұндай орналасуды пайдалану, суретте қызыл түспен шеңберленген қашықтық өлшеуіштерден жарық сәулелерін бөлу қажеттілігінен туындайды. 10. Әйтпесе, орналасу ерекшеліктері өлшеу диапазондары мен бағытталған ИК байланыс арнасын беру және қабылдау үшін қажетті бағыттармен байланысты.



1.10 - сурет – Мобильді роботының алдыңғы бөлігі.

Мобильді роботтың баспа схемасының жоғарғы көрінісі 1.11 – суретте көрсетілген. Диапазон өлшегіш оптокоуплер қызыл түспен белгіленген мұнда белгілер енгізіледі:

USB – miniUSB қосқышы ,

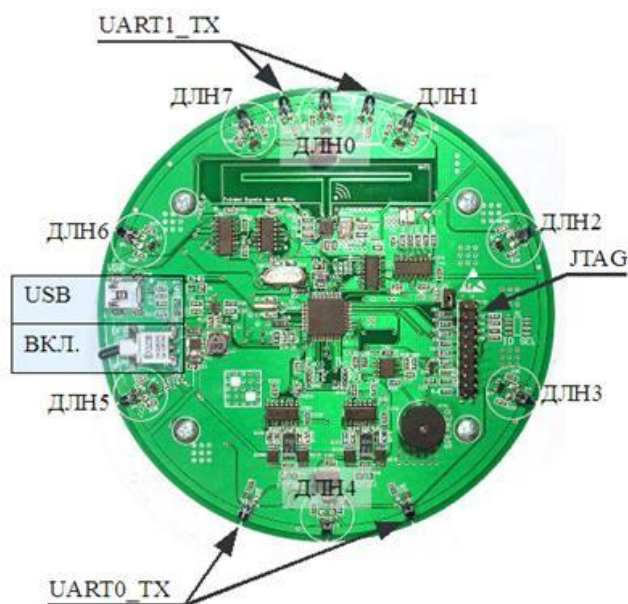
ON – қосу қосқышы,

DLN0..7 – диапазон өлшегіштердің оптикалық қосқыштары,

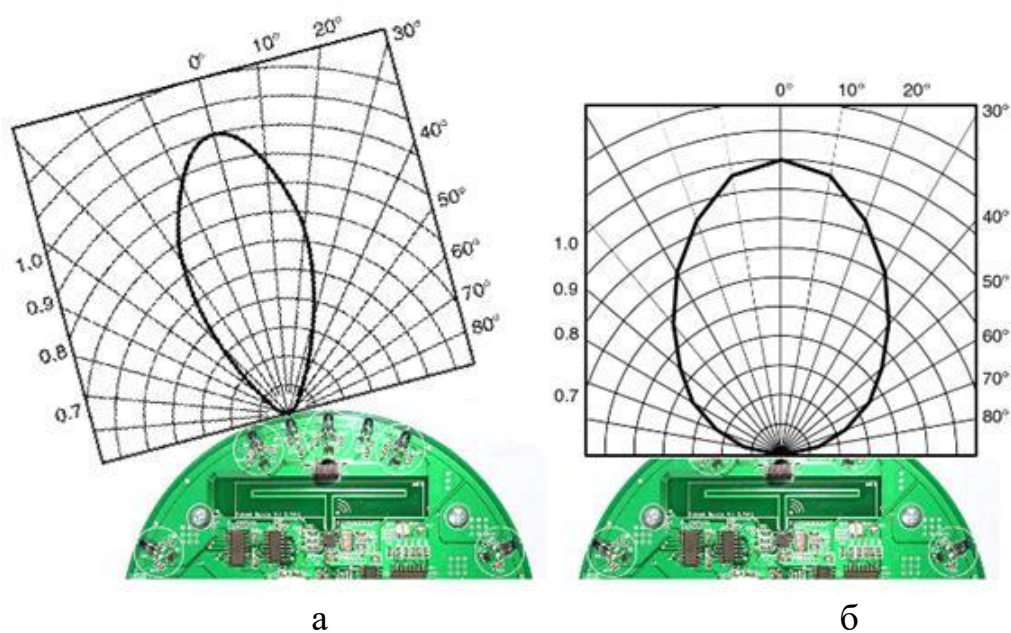
JTAG – JTAG отладқасын қосуға арналған қосқыш ,

UART 0..1_ TX — сәйкесінше UART 0 және UART 1 интерфейстерінің TX арналарына қосылған ИҚ сәуле шығару диодтары .

Шектеулі диапазондағы бағытталған IR-қабылдағыш байланыс арнасы роботтар арасында ақпарат алмасуға арналған. 1.12 - сурет – а – таратқыш, б – қабылдағыш сәулелену үлгілерін көрсетеді.



1.11 - сурет – Мобильді роботтың жоғарғы көрінісі



1.12 - сурет – Бағыт үлгілері: а – таратқыш, б – қабылдағыш

Радиоарнадан айырмашылығы, VD 9– VD 12 эмитенттері және DA 4– DA 5 біріктірілген фотодетекторлары арқылы жүзеге асырылатын ИК қабылдау–тарату байланыс арнасы көру аймағында ақпарат алмасуға ғана емес, сонымен қатар бағыттылығының арқасында ақпарат алмасуға қатысатын роботтардың салыстырмалы бұрыштық орнын белгілі бір дәлдікпен есептеп, олардың арасындағы қашықтықты бағалаңыз. Радиоарна мен бағытталған IR байланыс арнасының үйлесімі мобильді роботтардың өзара әрекеттесу процесін

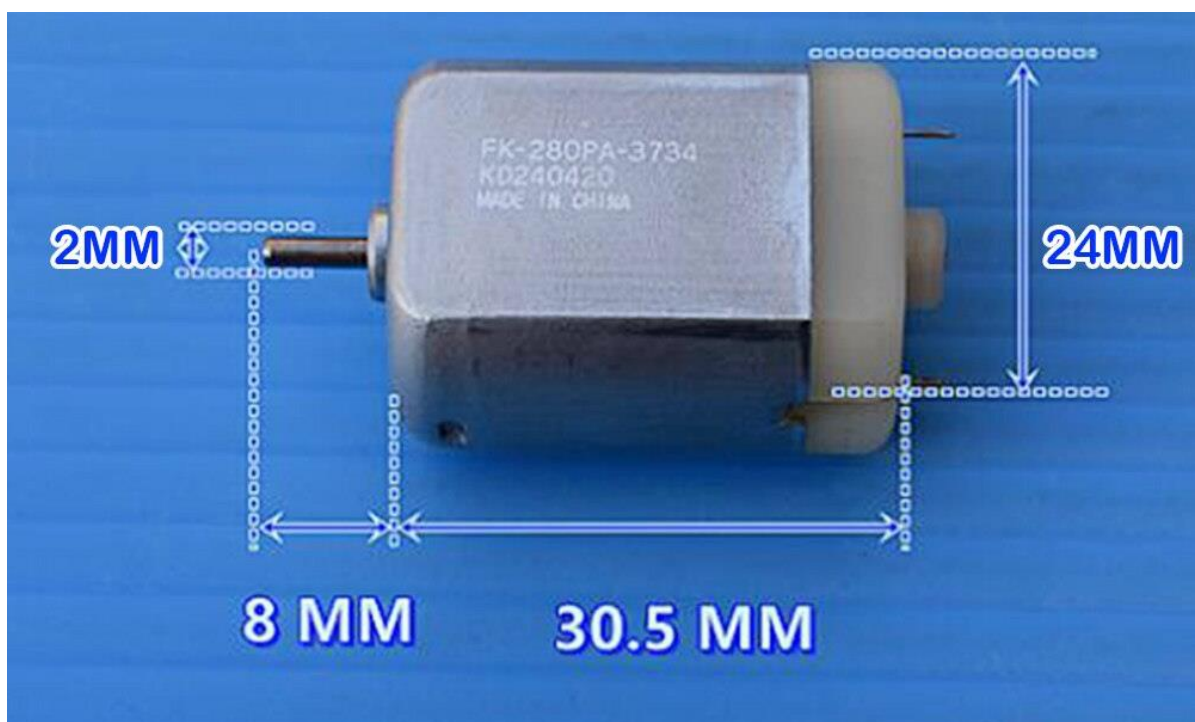
жылдамдатуға мүмкіндік береді, бұл тапсырмаларды бірге орындау қажеттілігімен байланысты.

1.4 Wanbaozhi FA–130RA микро DC қозғалтқышы

Робот жетектері Mabuchi FA –130 RA тұрақты магнитті тұрақты ток қозғалтқыштарын пайдаланады –14150, Tamiya 70097 беріліс қорабы 1:207 беріліс қатынасы.

Жапон бренді Mabuchi моторы жақсы сапа, ал қаптамасы өте әдемі! Қозғалтқыш қымбат металдан жасалған щеткалардан жасалған. Өнімді білетін адам осы зауыт жасаған қозғалтқыштың өте жақсы екенін біледі!

Компания Еуропалық Одаққа [модель / ойыншық] арнайы қозғалтқышты, жылдам жылдамдықты, үлкен моментті, керемет шеберлікті, EU ROHS машинасын экспорттайды



1.13 - сурет – Mabuchi FA –130 RA

Tamiya қос моторлы беріліс қорабы шағын пластикалық қос редукторды (ұзындығы 3 дюйм) құрастыруға арналған жинақ болып табылады. Оның құрамында тәуелсіз 3 мм алтыбұрышты біліктерді басқаратын екі шағын тұрақты ток қозғалтқышы бар. Жинақ әртүрлі беріліс коэффициенттері бар қос редукторларды жинауға мүмкіндік береді: 58:1 қатынасы бар жоғары жылдамдықты және 203:1 беріліс қатынасы бар баяу. Қалай болғанда да, қозғалтқыштар кез келген шағын роботты қозғауға жеткілікті қуат береді. Жинақ қуаттырақ Pololu қозғалтқыштарымен оңай ауыстыруға болатын төмен кернеулі

Mabuchi FA-130 қозғалтқыштарын пайдаланады. Жинақ корпусының екі түсті нұсқасында жасалған: сұр және мөлдір.

Техникалық сипаттамасы:

1. Номиналды кернеу: 3 В
2. Беріліс қатынасы: 58:1 немесе 203:1
3. Жүктеме жылдамдығы: 212 немесе 60 айн/мин
4. Жүктеме тогы: 150мА
5. Блоктау тогы: 2100мА
6. Айналу моменті: 2,0 немесе 0,073 кг/м³
7. Білік диаметрі: 3мм
8. Өлшемі (LxWxH): 7,7 x 5,6 x 2,3 см
9. Салмағы: 0,07 кг
10. Беріліс материалы: пластик



1.13 - сурет – Tamiya 70097 беріліс қорабы

2 Арнайы бөлім

Мобильді роботтардың қозғалысын басқару алгоритмдерін жасау робототехниканың өзекті міндеті болып табылады. Мұндай алгоритмдерді құру тәсілдерінің бірі тікбұрышты призмалар сияқты қарапайым геометриялық фигуралар арқылы кедергілерді жақындату болып табылады. Бұл роботты белгісіз кеңістікте шарлау тапсырмасын жеңілдетуге мүмкіндік береді.

Тікбұрышты призмалар арқылы кедергілерді жақындатуға негізделген дифференциалды доңғалақты робот үшін қозғалысты басқару алгоритмі қарастырылады. Қашықтық өлшегіш датчиктердің деректері негізінде қоршаған кеңістіктің цифрлық картасын құру тәсілі ұсынылады. Алгоритмнің әрбір қадамында кеңістік сканерленеді, кедергілер анықталады, олар жуықтап, картаға қосылады. Роботтың қозғалысы максималды қауіпсіз қашықтықта табылған кедергілерді айналып өтетіндей етіп жоспарланған.

Тікбұрышты призмалар арқылы кедергілерді жақындату және қауіпсіз қозғалысты жоспарлау арқылы цифрлық картаны құру негізінде кедергілері бар белгісіз кеңістікте мобильді роботты навигациялау алгоритмі ұсынылған. Ұсынылған тәсіл роботқа кедергілерді анықтауға, қоршаған кеңістіктің картасын құруға және белгісіздік жағдайында қауіпсіз қозғалыс траекторияларын таңдауға мүмкіндік береді.

2.1 Тік бұрышты призмалар арқылы оның элементтерін жуықтау кезінде мобильді роботтың орналасу схемасының формалды сипаттамасы

Тікбұрышты призмалармен жуықтау кезінде МР–тың орналасу схемасының формальды сипаттамасы

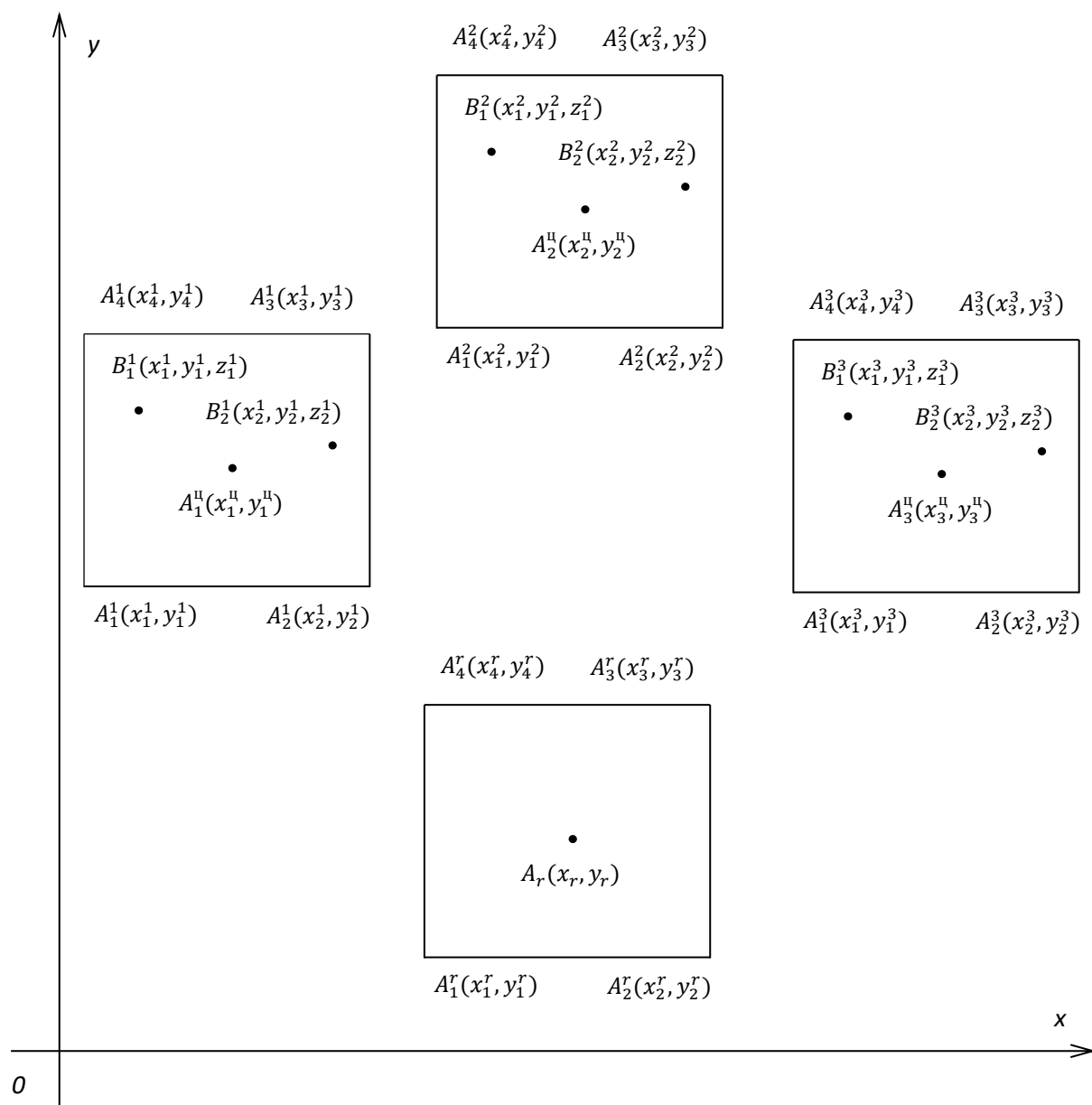
Тапсырманы жеңілдету үшін ОХҮ жазықтығында дөңес көпбұрыштар түрінде проекциялары бар тікбұрышты призмалармен жуықтаймыз. 4.1–суретте көрсетілгендей ОХҮ координаттар жүйесінің бірінші квадрантында көпбұрыштармен жуықталған МР барлық элементтерін орналастырайық.

Әр көпбұрышты шындардың нүктелерімен белгілейік $A_j^i(x_j^i, y_j^i)$, мұндағы $i = \overline{1, m}$, бір ТВС жуықтайтын көпбұрыштың сериялық нөмірі, m – ТВС бірліктерінің саны $j = \overline{1, n_i}$ i –ші көпбұрыштың төбесінің реттік нөмірі, n_i – i –ші көпбұрыштың төбелерінің саны. Қажетті орналасу нүктелері әрбір i –ші көпбұрышқа бекітілген $B_k^i(x_k^i, y_k^i, z_k^i)$, мұндағы $k = \overline{1, p_i}$ позициялау нүктесінің индекс нөмірі p_i – позициялау нүктелерінің саны i –ші көпбұрышқа бекітілген. ТВС салыстырмалы орны берілген технологиялық тізбекпен анықталады. ТВС–ның берілген салыстырмалы жағдайын өзгертуге, әдетте, жол берілмейді.

Орта нүктелерді анықтайық $A_i(x_i^n, y_i^n)$, $i = \overline{1, m}$ мұндағы m – пайдаланылған жабдық бірліктерінің саны, ТВС–ге келесідей жуықтайтын көпбұрыштар:

$$x_i^u = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} x_j^i}{n_i}, y_i^u = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} y_j^i}{n_i} \quad (2.1)$$

Есепті шешу алгоритмі, ТВС–ға жақындайтын көпбұрыштардың ортаңғы нүктелерін анықтау, блок–схемасы 2.1 – суретте көрсетілген ОСТО процедурасы ретінде ұсынылуы мүмкін. Бұл мәселені шешуге арналған бастапқы деректер TVO–ға жақындайтын көпбұрыштардың шырдары болып табылады $A_j^i(x_j^i, y_j^i)$, $i = \overline{1, m}$ $j = \overline{1, n_i}$. Ішкі циклде $\sum_{j=1}^{n_i} x_j^i$ және $\sum_{j=1}^{n_i} y_j^i$ координаталарының қосындыларының мәндері есептеледі. Циклдан шығу кезінде сәйкес көпбұрыштың орта нүктесінің $A_i(x_i^u, y_i^u)$ координатасы анықталады.



2.1-сурет – Технологиялық, көмекші жабдықтар мен өндірістік роботтың өзара орналасуы

Сыртқы айырмашылық келесі көпжақтыққа өтуді қамтамасыз етеді. Объектілердің орта нүктелерін анықтау процедурасының нәтижесінде, ТВС (топографиялық векторлы сипаттама) бойынша жақындастыру көпжақтықтарының барлық орта нүктелерінің координаттары болады.

Іздеу бағытын бірнеше жолмен анықтауға болады. Технологиялық көмекші құрал–жабдықтың жуықтаушы жылжымалы роботтың көпбұрышының ортаңғы нүктесін және жуықтаушы i -түйменің көпбұрышының ортасын қосатын түзудің φ_i еніс бұрыштарын алдымен анықтайық. Бұл бұрышты анықтау үшін жылжымалы роботты және технологиялық көмекші жабдықты жақындататын көпбұрыштардың мүмкін болатын салыстырмалы орындарын талдау қажет (2.1–сурет)

2.1–суреттен көрініп тұрғандай, еніс бұрыштары φ_i ортаңғы нүктелер координаттарының $\mathbf{A}_r(\mathbf{x}_r, \mathbf{y}_r)$ және $\mathbf{A}_1^i(\mathbf{x}_1^i, \mathbf{y}_1^i)$ координаттарының қатынасына тәуелді. 2.1–суреттен көрініп тұрғандай, жылжымалы роботты жақындататын көпбұрыштың орта нүктесінің және технологиялық көмекші құрал–жабдықты жақындататын полигондардың ортаңғы нүктелерінің 8 түрлі өзара орналасуы бар.

2.2 Көпбұрыштардың өзара қиылыспауының логикалық шарттары мобильді роботты және кедергілермен аппроксимациялау

Технологиялық көмекші құрал–жабдықтың i – жақындататын әрбір көпбұрыш логикалық өрнек ретінде сипатталатын болады, R – функциялары. Бұл логикалық өрнекті алу үшін біз көршілес екі шыңды $\mathbf{A}_j^i(\mathbf{x}_j^i, \mathbf{y}_j^i)$ және $\mathbf{A}_{j+1}^i(\mathbf{x}_{j+1}^i, \mathbf{y}_{j+1}^i)$, сондықтан i кесіндісін қосамыз. шыңы кесінді арқылы жалғанады бірінші шыңға дейін, содан кейін бірінші төбені соңғы төбенің көршісі ретінде екінші рет көрсету керек $\mathbf{A}_{nj+1}^i(\mathbf{x}_{nj+1}^i, \mathbf{y}_{nj+1}^i) = \mathbf{A}_1^i(\mathbf{x}_1^i, \mathbf{y}_1^i)$ ($j = \overline{1, n_i}$). Бұл кесінділер теңдеумен сипатталған түзулерде жатыр

$$\frac{x-x_j^i}{x_{j+1}^i-x_j^i} = \frac{y-y_j^i}{y_{j+1}^i-y_j^i}, \quad (2.2)$$

$$\mathbf{a}_{j,1}^i \mathbf{x} + \mathbf{a}_{j,2}^i \mathbf{y} + \mathbf{a}_{j,3}^i = 0, \quad (2.3)$$

$$\begin{cases} \mathbf{a}_{j,1}^i = y_{j+1}^i - y_j^i, \\ \mathbf{a}_{j,2}^i = -(x_{j+1}^i - x_j^i), \\ \mathbf{a}_{j,3}^i = -[x_j^i(y_{j+1}^i - y_j^i) + y_j^i(x_{j+1}^i - x_j^i)] \end{cases} \quad (2.4)$$

Әрбір i – ші көпбұрыш көршілес екі төбе арқылы өтетін түзулерден құралған жарты жазықтықтардың қиылысы ретінде берілген.

$$a_{j,1}^i x + a_{j,2}^i y + a_{j,3}^i \geq 0 \quad (2.5)$$

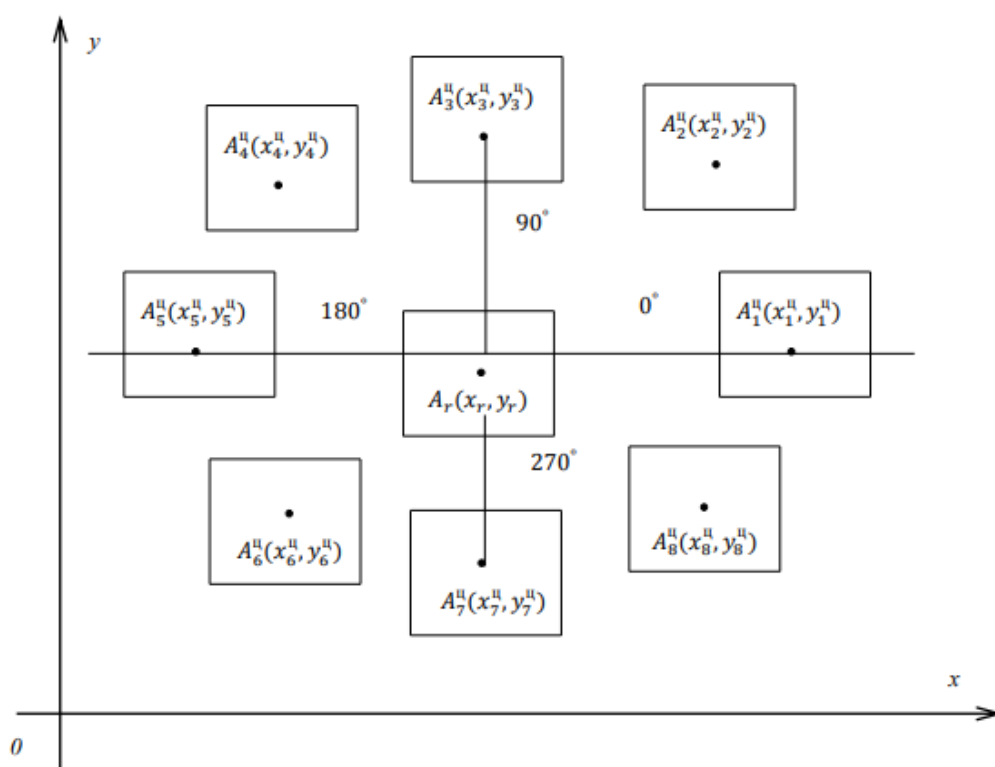
Нүктесінің координаталары (2.1) көмегімен келесі логикалық өрнектің ақиқаттығын тексереміз:

$$\left(\exists A_i^n(x_i^n, y_i^n) \right), a_{j,1}^i x_i^n + a_{j,2}^i y_i^n + a_{j,3}^i \geq 0 \quad (2.6)$$

Егер бұл өрнек ақиқат болса, онда (2.5) коэффициенттер (2.6) өрнек арқылы анықталады, әйтпесе (2.5) өрнектегі коэффициенттердің белгілері кері болады. Есепті шешу алгоритмі (2.6) ОРТО процедурасы ретінде ұсынылуы мүмкін, жарты жазықтықтарды (2.5) сипаттайтын коэффициенттерді анықтау, i – сол жабдықты жақындататын көпбұрыштың бүйірлік сызықтарын анықтау. Бұл процедураның құрылымдық схемасы 2.2 – суретте көрсетілген.

2.3 Жол нүктелерін анықтаудың жолдары

Іздеу бағытын анықтаудың бірнеше жолы бар. Олардың бірі - кедергіге жуықтайтын көпбұрыштың орта нүктесін және i -ші жуықтайтын көпбұрыштың орта нүктесін қосатын түзудің φ_i еңіс бұрыштарын анықтау.



2.2 - сурет – Мобильді робот пен технологиялық көмекші жабдықты жақындататын көпбұрыштардың мүмкін болатын өзара орналасуы

Бұл бұрышты анықтау үшін кедергі мен технологиялық объектіні жақындататын көпбұрыштардың мүмкін болатын өзара орналасуын талдау қажет. 2.2-суреттен көрініп тұрғандай, φ_i еңіс бұрыштары $A_r(x_r, y_r)$ және $A_i^u(x_i^u, y_i^u)$ ортаңғы нүктелерінің координаталарының қатынасына тәуелді. 2.2-суретте көрініп тұрғандай, мобильді роботты жақындататын көпбұрыштың ортаңғы нүктесінің және кедергілерді жақындататын көпбұрыштардың ортаңғы нүктелерінің 8 түрлі өзара орналасуы бар.

Егер координатаның мәндері $x_r = x_i^u$ болса, координатаның мәні $y_r < y_i^u$ болса, бұл жағдайда ортаңғы нүктенің орны нүктесіне сәйкес $A_3^u(x_3^u, y_3^u)$ жағдайда бұрыштың мәні

$$\varphi_i = 90^\circ \quad (2.7)$$

Координатаның мәні $x_r = x_i^u$ және координатаның мәні $y_r > y_i^u$ болған жағдайда ортаңғы нүктенің орны нүктесіне сәйкес келеді $A_7^u(x_7^u, y_7^u)$ содан кейін бұрыштың мәні:

$$\varphi_i = 270^\circ \quad (2.8)$$

Егер координатаның мәні $y_r = y_i^u$, координатаның мәнімен $x_r < x_i^u$ болса, онда ортаңғы нүктенің орны $A_1^u(x_1^u, y_1^u)$ нүктесіне сәйкес келеді (x_i^u, y_i^u) бұрышының мәні.

$$\varphi_i = 0^\circ \quad (2.9)$$

Координатаның мәні $y_r = y_i^u$ жағдайында, координатаның мәні $x_r > x_i^u$ болған жағдайда, осы ортаңғы нүктенің орны $A_5^u(x_5^u, y_5^u)$ нүктесіне сәйкес келеді 1-сурет. бұрышының

$$\varphi_i = 180^\circ \quad (2.10)$$

Егер координатаның мәндері $x_r < x_i^u$ болса, координатаның мәні $y_r < y_i^u$ болса, онда ортаңғы нүктенің орны $A_2^u(x_2^u, y_2^u)$ нүктесіне сәйкес келеді. бұрыш мәні формула бойынша есептеледі.

$$\varphi_i = \arctg \frac{y_2^u - y_r}{x_2^u - x_r} \quad (2.11)$$

Егер координаталық мәндер $x_r < x_i^u$, ал координаталық мәні $y_r > y_i^u$ болса, онда орта нүктенің орны $A_8^u(x_8^u, y_8^u)$ нүктесіне сәйкес келеді келесідей есептеледі

$$\varphi_i = 270^\circ + \arctg \frac{y_r - y_8^u}{x_8^u - x_r} \quad (2.12)$$

Егер координаталық мәндер $x_r > x_i^H$, координаталық мәні $y_r < y_i^H$ болса, онда ортаңғы нүктенің орны $A_4^H(x_4^H, y_4^H)$ нүктесіне сәйкес келеді осы жағдайда келесідей есептеледі

$$\varphi_i = 90^\circ + \operatorname{arctg} \frac{y_4^H - y_r}{x_r - x_4^H} \quad (2.13)$$

Егер координатаның мәндері $x_r > x_i^H$ болса, координатаның мәні $y_r > y_i^H$ болса, онда ортаңғы нүктенің орны $A_6^H(x_6^H, y_6^H)$ нүктесіне сәйкес келеді келесідей есептеледі

$$\varphi_i = 180^\circ + \operatorname{arctg} \frac{y_r - y_6^H}{x_r - x_6^H} \quad (2.14)$$

3 Бағдарламалық бөлім

3.1 MatLab ортасында мобильді роботтың алгоритмін құрастыру

Бұл модель имитациялық сценарийде мобильді роботқа кедергілерді болдырмаумен бірге жол нүктесін орындауды жүзеге асырады. Модель жол нүктелерінің жиынтығын алады және кедергісіз жолды қамтамасыз ету үшін 3D VFH+ алгоритмін пайдаланады.

Пайдаланушы Lidar сенсоры мен кедергілері бар MR сценарийін жасаңыз
Сценарий жасау
MR сценарийін жасаңыз және оның жергілікті бастауын орнатыңыз.

```
Scenario = MRScenario("UpdateRate", 100, "ReferenceLocation", [0 0 0]);
```

MR бастапқы позасын көрсету үшін маркер қосыңыз

```
addMesh(Scenario, "cylinder", {[0 0 1] [0 .01]}, [0 1 0]);
```

MR платформасын анықтаңыз

Солтүстік–шығыс–төмен (NED) жақтауындағы MR бастапқы орнын және бағдарын көрсетеміз.

```
InitialPosition = [0 0 -7];
```

```
InitialOrientation = [0 0 0];
```

```
platMR = MRPlatform("MR", Scenario, ...  
    "ReferenceFrame", "NED", ...  
    "InitialPosition", InitialPosition, ...  
    "InitialOrientation", eul2quat(InitialOrientation));
```

Көру үшін квадротор торын қосасмыз

```
updateMesh(platMR, "quadrotor", {1.2}, [0 0 1], eul2tfom([0 0 pi]));
```

Сенсор үлгісін жасау және орнату
Лидар ажыратымдылығын көрсетеміз.

```
AzimuthResolution = 0.5;
```

```
ElevationResolution = 2;
```

Лидар ауқымын көрсетіңіз.

```
Max_range = 7;
```

```
AzimuthLimits = [-179 179];
```



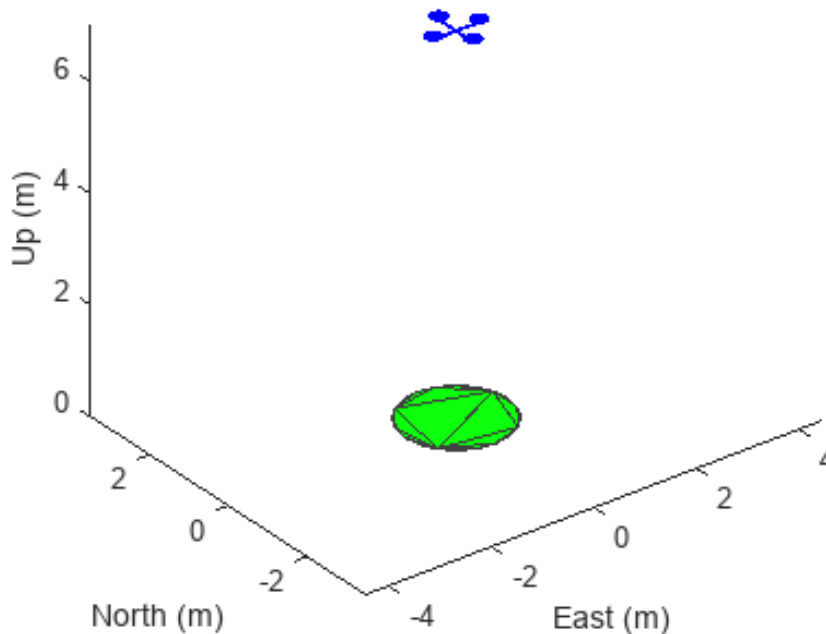
```
ElevationLimits = [-15 15];
```

Лидар сенсоры үшін нүктелік бұлттарды жасау үшін статистикалық сенсор үлгісін жасаймыз.

```
LidarModel = MRLidarPointCloudGenerator("UpdateRate", 10, ...  
    "Max_range", Max_range, ...  
    "RangeAccuracy", 3, ...  
    "AzimuthResolution", AzimuthResolution, ...  
    "ElevationResolution", ElevationResolution, ...  
    "AzimuthLimits", AzimuthLimits, ...  
    "ElevationLimits", ElevationLimits, ...  
    "HasOrganizedOutput", true);  
lidarSensor = MRSensor("Lidar", platMR, LidarModel, ...  
    "MountingLocation", [0 0 -0.4], ...  
    "MountingAngles", [0 0 180]);
```

Функцияны пайдаланып сценарийді алдын ала көрсету, ол үшін show3D кодын қолданамыз.

```
show3D(Scenario);
```



3.1 - сурет – МР–тың бастапқы нүктесі

3.2 Сценарийге кедергілер қосу

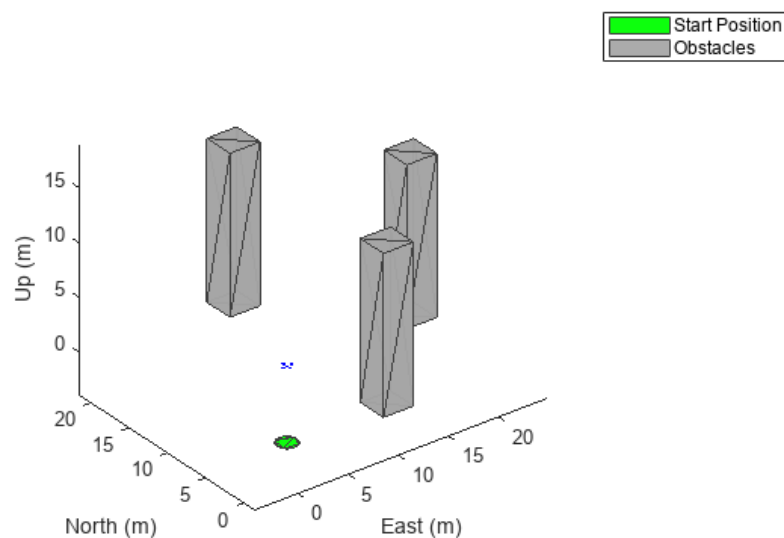
Сценарийге МР–қа арналған кедергілерді тұрғызамыз. Кедергілерді жасау үшін алдымен кедергілердің орналасу нүктелерін көрсетеміз содан соң кедергілердің өлшемдерін енгіземіз.

```

ObstaclePositions = [10 0; 20 10; 10 20]; % Кедергілердің орналасу
нүктелері
ObstacleHeight = 15; % Кедергілердің биіктігі
ObstacleWidth = 3; % Кедергілердің кеңігі

for i = 1:size(ObstaclePositions, 1)
    addMesh(Scenario, "polygon", ...
        {[ObstaclePositions(i,1)-ObstacleWidth/2, ObstaclePositions(i,2)-
ObstacleWidth/2;
ObstaclePositions(i,1)+ObstacleWidth/2, ObstaclePositions(i,2)-
ObstacleWidth/2;
ObstaclePositions(i,1)+ObstacleWidth/2, ObstaclePositions(i,2)+ObstacleWidth/2;
ObstaclePositions(i,1)-ObstacleWidth/2, ObstaclePositions(i,2)+ObstacleWidth/2],
        [0, ObstacleHeight]}, 0.651*ones(1, 3));
show3D(Scenario);
legend("Start Position", "Obstacles");

```



3.2 - сурет – Кедергілерді қосу

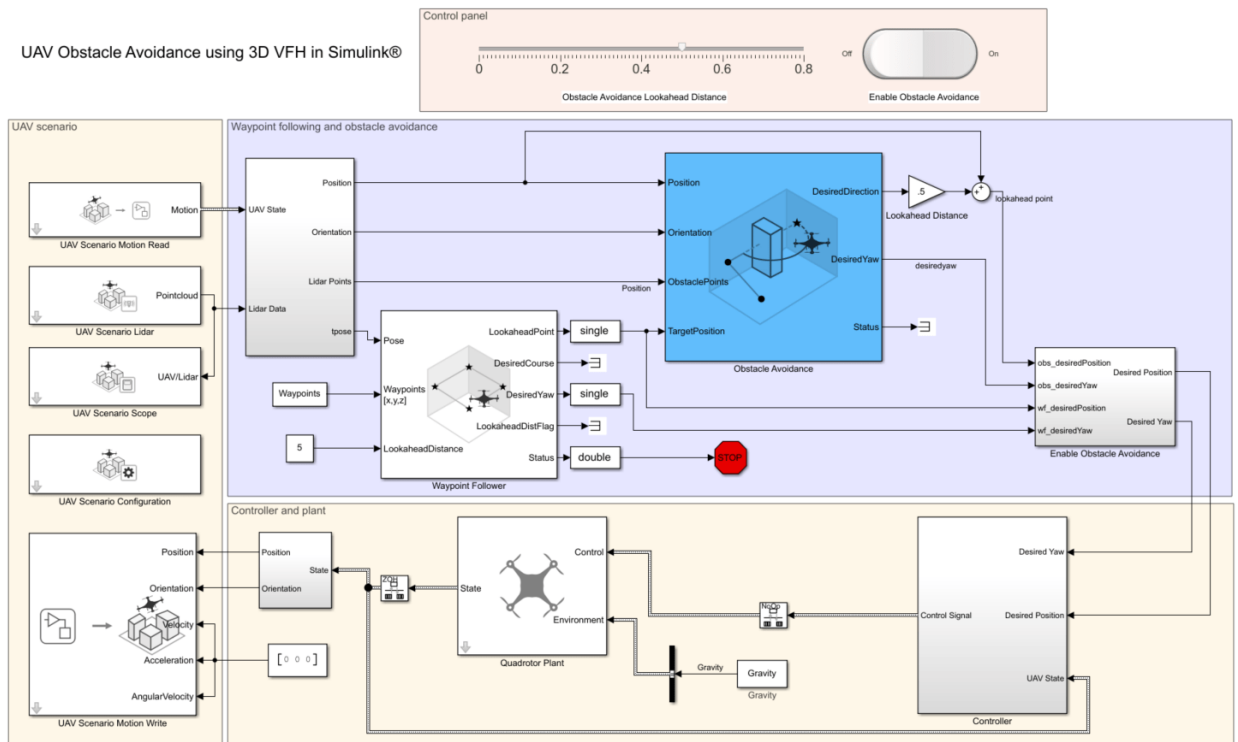
3.3.1 Мобильді роботқа кедергілерді Simulink – те қосу

Model құрылымы

Модель келесі негізгі компоненттерден тұрады:

1. MP scenario— Сценарийді конфигурациялайды және траекторияны бейнелейді.
2. Waypoint following and obstacle avoidance— Кедергілерді болдырмау арқылы жол нүктесін орындауды жүзеге асырады.
3. Controller and plant— MP үшін позиция контроллері.
4. Control Panel— Бұл панельді кедергілерді болдырмауды қосу немесе өшіру, сондай-ақ кедергілерді болдырмау үшін алдын ала қарау қашықтығын өзгерту үшін пайдаланыңыз.

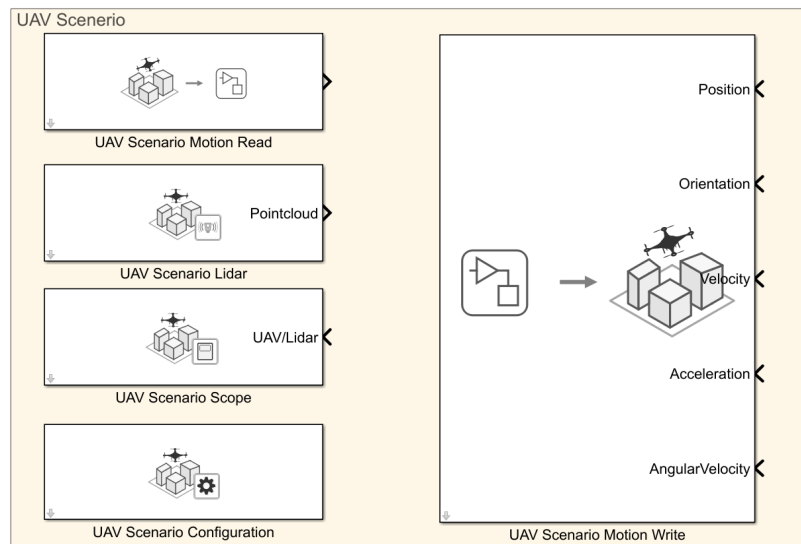
```
open_system("ObstacleAvoidanceDemo.slx");
```



3.3 - сурет – MP–тың толық Simulink–тегі сұлбасы

3.3.2 Мобильді робот сценарийі

Сценарий блоктары сценарийді конфигурациялайды және кедергілерді, траекторияны және lidar нүктесі бұлт деректерін визуализациялайды.



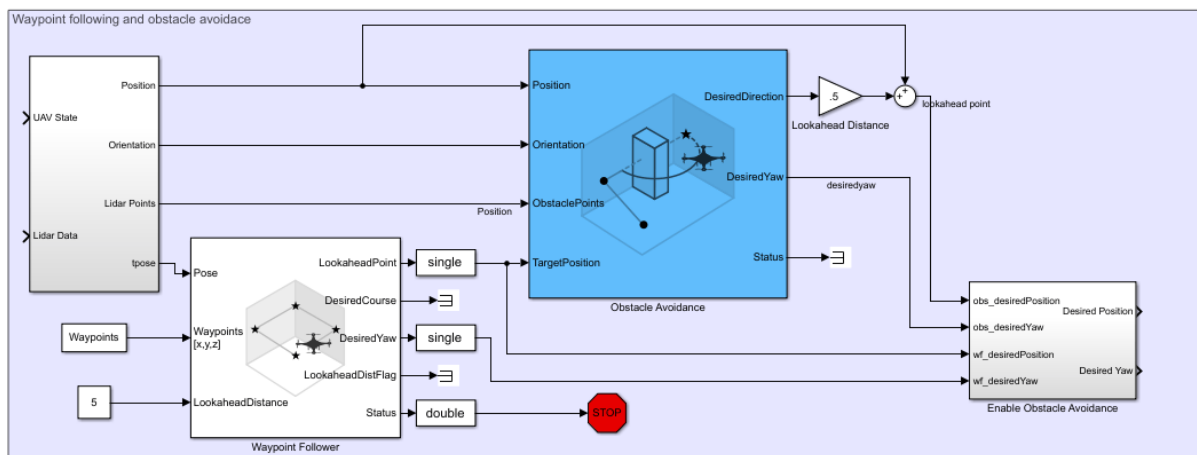
3.4 - сурет – МР сценарийі

Бұл subsystem жүйеде мына блоктар бар:

1. МР сценарийін конфигурациялау — модельдеу үшін жасалған сценарийді пайдалану үшін сценарий блоктарын конфигурациялайды.
2. МР сценарийінің қозғалысын оқу — сценарийден ағымдағы МР күйін оқиды.
3. МР Scenario Lidar — Сценарийден нүктелік бұлт деректерін оқиды.
4. МР Scenario Motion Write — жаңа МР күйін жанартады.
5. МР сценарийінің ауқымы — МР траекториясын және лидар нүктесінің бұлт деректерін бейнелейді.

Жол нүктесін қадағалау және кедергілерді болдырмау

Шағын Waypoint following and obstacle avoidance жүйе ағымдағы МР күйіне және нүктелік бұлт деректеріне сәйкес кедергісіз қалаған орынды және қажетті иілуді табады.



3.5 - сурет – Бұл subsystem ішкі жүйеге мына блоктар мен ішкі жүйелер кіреді:

1. Waypoint Follower — келесі жол нүктесі бағытында ұшқышсыз қозғалу аппаратының қарау нүктесін есептейді.

2. Obstacle Avoidance — соқтығысусыз қозғалу үшін кедергісіз бағыт пен иілуді есептеу үшін 3D VFH+ алгоритмін пайдаланады және Waypoint Follower блогымен есептелген қарау нүктесін жаңартады.

3. Conversion — Бұл ішкі жүйе қозғалу кезінде кедергілерден аулақ болу жиілігін және басқа деректер түрі мен түрлендірулерді басқарады.

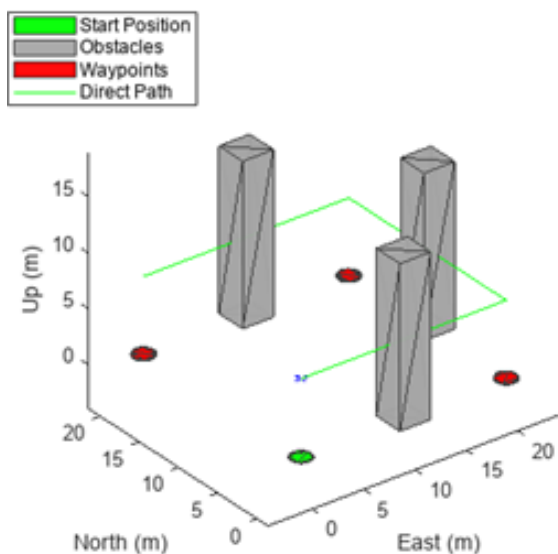
4. Lookahead Distance — Тұрақты блок, оның мәні қажетті бағытта бірлік векторына көбейтіледі, содан кейін қажетті позицияны есептеу үшін ағымдағы МР позициясына қосылады.

5. Enable Obstacle Avoidance — бұл ішкі жүйе кедергілерді болдырмауды қосады немесе өшіреді.

6. Waypoints — МР қозғалуы күтілетін жол нүктелерінің жиынтығы. МР үшін жол нүктелерін көрсетіңіз.

```
Waypoints = [InitialPosition; 0 20 -7; 20 20 -7; 20 0 -7];
```

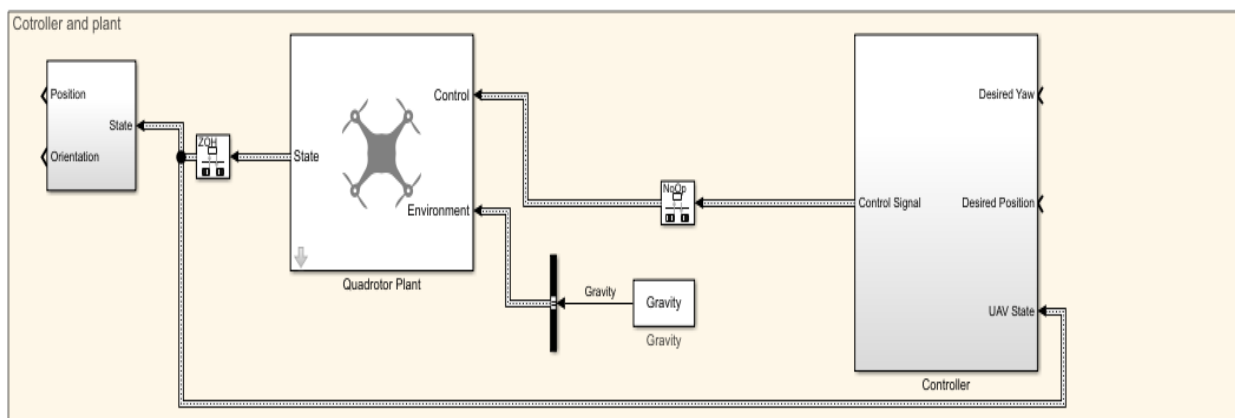
```
for i = 2:size(Waypoints,1)
    addMesh(Scenario,"cylinder",{[Waypoints(i,2) Waypoints(i,1) 1] [0 0.1]],[1 0 0]);
end
show3D(Scenario);
hold on
plot3([InitialPosition(1,2); Waypoints(:,2)],[InitialPosition(1,2); Waypoints(:,1)],[-InitialPosition(1,3); -Waypoints(:,3)],"-g")
legend(["Бастау орны","Кедергілер","","","Жол нүктелері","","","Тікелей жол"])
```



3.6 - сурет – Жол нүктелері

3.3.3 Controller and plant

Ішкі Controller and plant жүйе басқару пәрмендерін жасайды және қарау нүктесіне негізделген МР күйін жаңартады.



3.7 - сурет –Controller and plant

Бұл ішкі жүйе мына блоктарды қамтиды:

1. Controller— Бұл ішкі жүйе МР-ны қажетті орынға жылжыту үшін басқару пәрмендерін (домалу, кадам, иілу және итеру) есептейді. Ол позицияны басқаруды жүзеге асыру үшін бірнеше PID циклдерін пайдаланады.

2. Quadrotor Plant— Бұл нұсқаулық үлгісі блогы басқару пәрмендері арқылы МР күйін жаңартады.

3. Conversion — Бұл ішкі жүйе позиция мен бағдарды МР күйінен шығарып, визуализация үшін деректер мен координат түрлендірулерін орындайды.

Контроллер параметрлерін көрсетіңіз. Бұл параметрлер дәл және сынақ әдісіне негізделген және оларды тегіс қозғалу үшін реттеуге болады.

% Proportional Gains

$$Px = 6;$$

$$Py = 6;$$

$$Pz = 6.5;$$

% Derivative Gains

$$Dx = 1.5;$$

$$Dy = 1.5;$$

$$Dz = 2.5;$$

% Integral Gains

$$Ix = 0;$$

$$Iy = 0;$$

$$Iz = 0;$$

% Filter Coefficients

$$Nx = 10;$$

$N_y = 10;$
 $N_z = 14.4947065605712;$

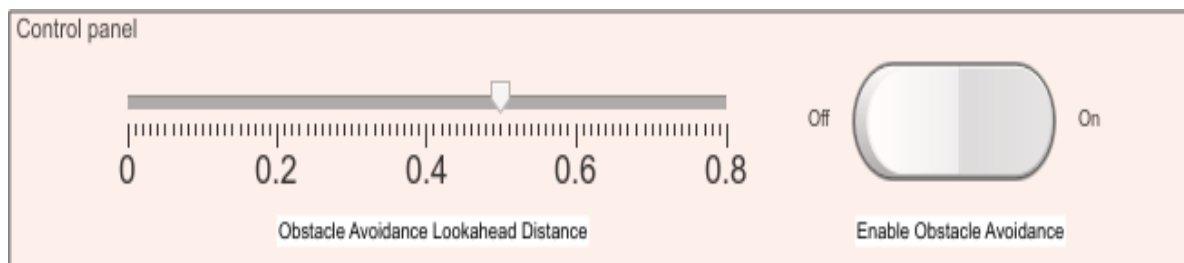
Контроллер блоктары мен қондырғылары үшін гравитацияны, МР массасын және есептеу уақытын орнатыңыз.

$MPSampleTime = 0.001;$
 $Gravity = 9.81;$
 $MR = 0.1;$

Басқару панелі

Коммутатор кедергілерден аулақ болу блогынан қарау нүктесіне жаңартуларды қосады немесе өшіреді.

Жүгірткі алға қарай қарау нүктесін есептеу үшін пайдаланылатын қашықтықты жаңартады..



3.8 - сурет –Кедергілерден аулақ болу блогы

1. Алға қарай үлкенірек қашықтықта, МР қозғалуы жылдамырақ, бірақ кедергімен соқтығысу қаупі жоғары.

2. Төмен мәндерде қозғалу баяуырақ, бірақ кедергімен соқтығысу қаупі төмен.

Модельді имитациялау

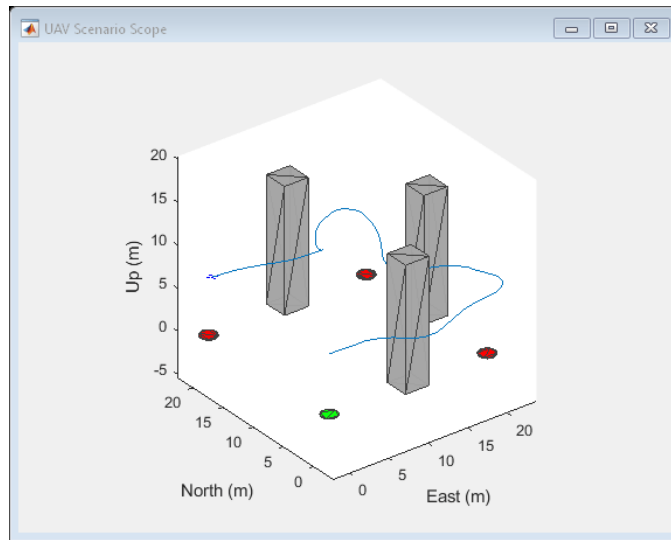
Модельді конфигурациялаңыз және іске қосыңыз, сондай-ақ МР қозғалысын бақылаңыз.

1. МР аппараты кедергілерді айналып өтіп, жол нүктелері арқылы ұшып өтеді, содан кейін модельдеу тоқтайды.

2. МР жылдамдығын өзгерту үшін алға қарау қашықтығын өзгертіңіз.

3. Кедергілерді болдырмау блогының параметрлерін өзгертіңіз және қозғалу жолындағы өзгерісті ескеріңіз.

`out = sim("ObstacleAvoidanceDemo.slx");`

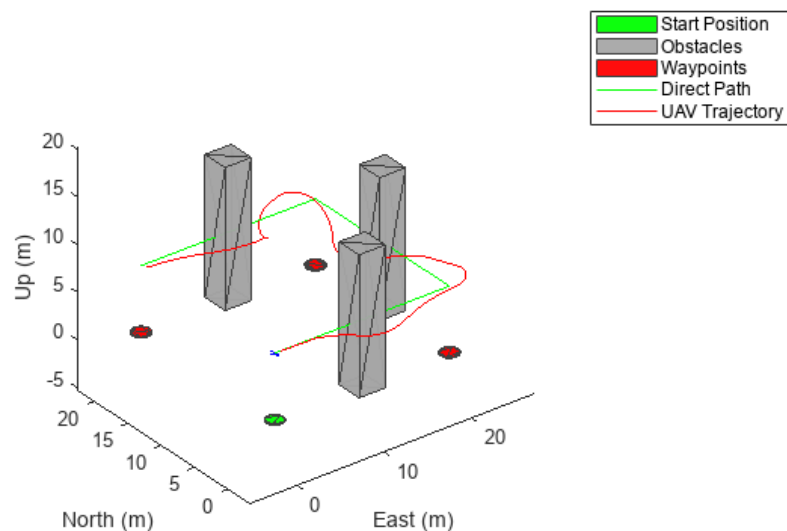


3.9 - сурет – МР–тың қозғалу траекториясы

Кедергісіз МР траекториясын елестетіңіз
 Кедергілерді болдырмаудың МР қозғалуына әсерін көрсету үшін нақты МР траекториясын және жол нүктелерін сызыңыз.

```

hold on
points = squeeze(out.trajectoryPoints(1,:,:))';
plot3(points(:,2),points(:,1),-points(:,3),"-r");
legend(["Start Position", "Obstacles", "", "", "Waypoints", "", "", "Direct Path", "MP Trajectory"])
    
```



3.10 - сурет – Жол нүктелерін сәйкестендіру

Берілген кедергілер бойынша жол нүктелерін көрсеттік. Жол нүктелері жасыл түспен көрсетілген. Сәйкесінше МР–тың қозғалу траекториясы қызыл түспен көрсеттік. 2.9 – суретте МР–тың қаншалықты берілген жол нүктелері бойынша қозғалғандығын көруге болады.

3.4 Эксперимент жасау

Кедергілерді пайдалана отырып МР–қа эксперимент жасаймыз. Ол үшін МР–тың жүру бағытын өзгертеміз, кедергілер санын арттырамыз. Уақыт бойынша айырмашылықтарын көреміз. Кедергілерді арттырған кезде МР–тың қалай жұмыс атқаратынын байқаймыз. МР–тың жүру бағытын арттыру арқылы кедергілердің санын арттыра аламыз. Мысалы, кедергілердің санын арттыру үшін МР–тың жүру бағытын қосу, жылдамдату немесе өзгерту көмекшілігін пайдалану мүмкін.

Кедергілерді арттыру үшін өзгерістер жасау арқылы МР–тың жұмыс атқару тәсілін басқара аласыз. Мысалы, кедергілердің санын арттыру үшін МР–тың алгоритмінде, моделдерінде немесе жадтарында өзгерістер жасау мүмкін.

Кедергілерді арттыру процесінде МР–тың жұмыс атқару тәсілі мен жүйесі арқылы уақыт бойынша айырмашылықтарды бақылау мүмкін.

Кесте 3.1 – Эксперименттің қортындылары

№	Waypoints	Уақыт
1	>> Waypoints = [InitialPosition; 0 10 -5; 10 10 -5; 10 0 -5];	T = 24 секунд
2	>> Waypoints = [InitialPosition; 0 15 -5; 15 15 -5; 20 20 -5; 10 25 -5]; ObstaclePositions = [10 0; 20 10; 10 20; 30 5];	T = 31,5 секунд
3	>> Waypoints = [InitialPosition; 0 15 -5; 15 15 -5; 20 20 -5; 10 25 -5; 20 0 -7]; ObstaclePositions = [10 0; 20 10; 10 20; 30 5; 30 20; 5 5];	T = 51 секунд

3.4.1 1-ші эксперимент

Waypoints – мобильді роботтың бағытын анықтайтын жол нүктелерінің тізімі. Әрбір нүкте үш өлшемді кеңістіктегі координаталар арқылы беріледі (x, y, z).

Бұл жағдайда жол нүктелері төрт нүктеден тұрады:

InitialPosition: Бұл роботтың бастапқы орны. Ол маршрут бойынша қозғалуды бастамас бұрын өзінің бастапқы орнын анықтайды.

[0 10 -5]: Бұл бірінші жол нүктесі. Робот осы нүктеден өтуі керек, мұнда x, y және z координаталары сәйкесінше 0, 10 және -5 болады. Бұл мәндерді белгілі бір координаттар жүйесінің контекстінде түсіндіруге болады.

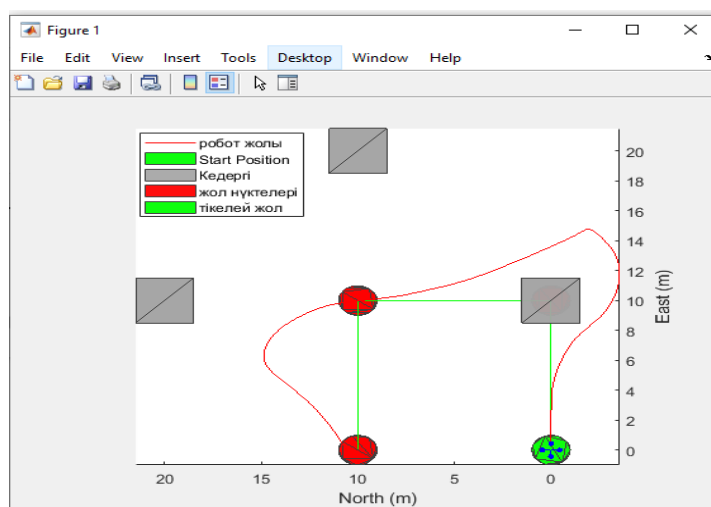
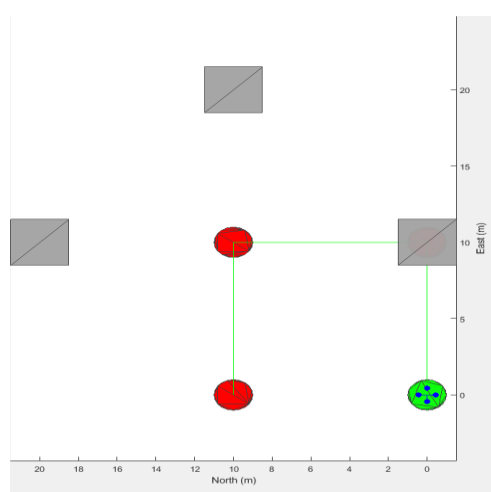
[10 10 -5]: Бұл екінші жол нүктесі. Робот бірінші нүктеден өткеннен кейін осы нүктеге жетуі керек. x , y және z координаталары сәйкесінше 10, 10 және -5.

[10 0 -5]: Бұл үшінші жол нүктесі. Робот екінші нүктеден өткеннен кейін осы нүктеге жетуі керек. x , y және z координаталары сәйкесінше 10, 0 және -5.

Жол нүктелерін өзгерту мобильді робот үшін жаңа жол нүктелерін бағдарламалық түрде орнатуға мүмкіндік береді, осылайша оның траекториясы мен қозғалыс бағытын өзгертеді. Бұл, мысалы, күрделі орталарда роботтың жолын жоспарлау немесе белгілі бір орындарда нақты тапсырмаларды орындау үшін пайдалы.

MP-тың жол нүктелерін өзгертеміз, яғни роботтың қандай нүктелерді қамту керек екендігін жазамыз. Ол үшін Waypoints өзгертеміз.

$$\text{Waypoints} = [\text{InitialPosition}; 0\ 10\ -5; 10\ 10\ -5; 10\ 0\ -5];$$



3.11 - сурет – 1-ші эксперимент қортындысы

3.4.2 2-ші эксперимент

MP-тың тапсырмасын қиындатамыз сондықтан кеңістікке тағы бір кедергі қосамыз. Кедергіні қосу үшін ObstaclePositions кодын қолданамыз. Жаңа кедергіні $x_y = (5,30)$ деп қосамыз. Толық алгоритм мынадай болады.

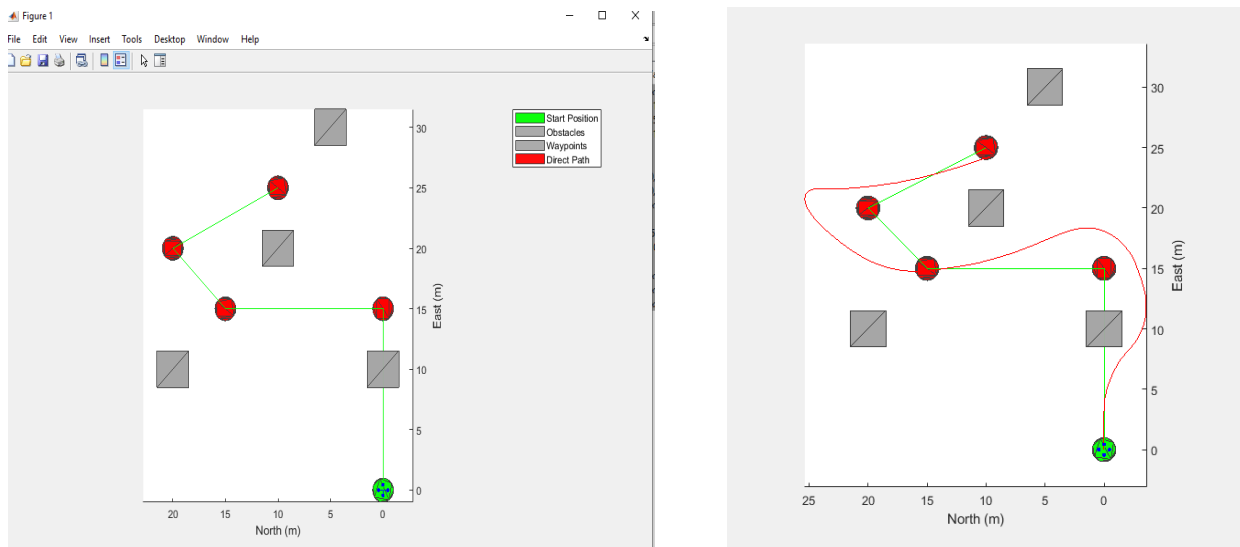
MP – тың жол нүктелерін көрсетеміз.

$$\text{Waypoints} = [\text{InitialPosition}; 0\ 15\ -5; 15\ 15\ -5; 20\ 20\ -5; 10\ 25\ -5];$$

$$\text{ObstaclePositions} = [10\ 0; 20\ 10; 10\ 20; 30\ 5];$$

Бұл жағдайда Obstacle Positions екі өлшемді кеңістіктегі кедергі координаттарының тізімі болып табылады. Көрсетілген координаттар әр кедергінің орнын анықтайды.

Бұл өзгерістер мобильді роботтың қоршаған ортадағы кедергілерді ескере отырып, оның жолын ұйымдастыруды қиындатады. `ObstaclePositions`-те анықталған кедергілер роботтың соқтығысуын болдырмау және белгіленген жол нүктелеріне қауіпсіз өтуін қамтамасыз ету үшін олардың жолын жоспарлау кезінде ескеріледі.



3.12 - сурет – 2-ші эксперимент қортындысы

3.4.3 3-ші эксперимент

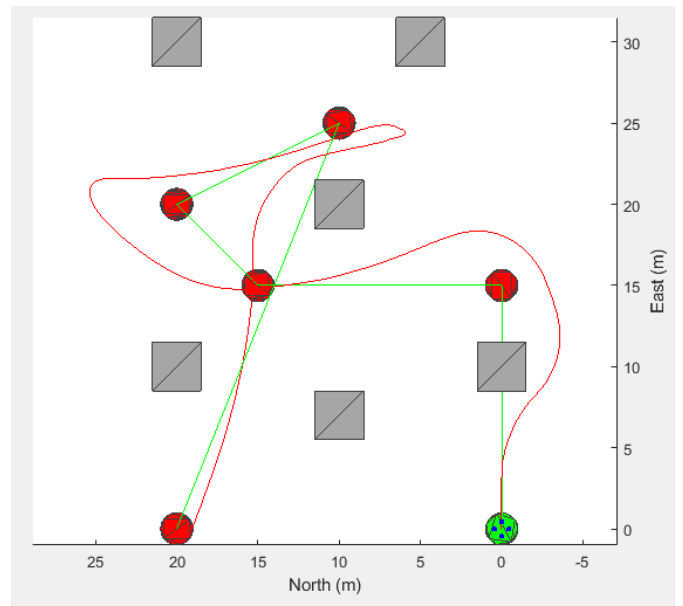
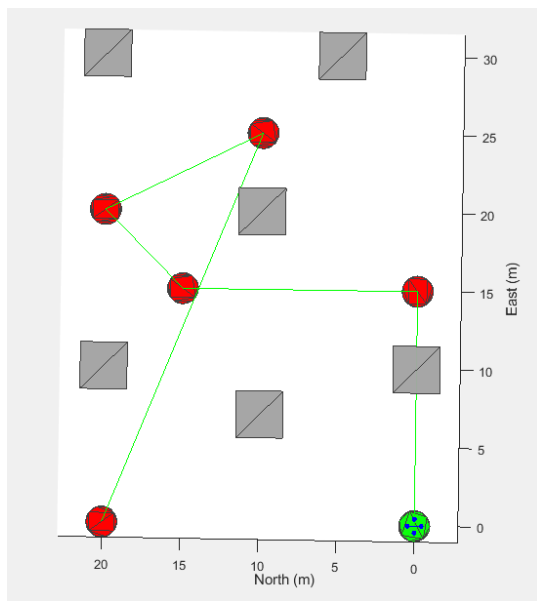
Бұл сынақта МР–қа біз 2 кедергі және 5 жол нүктелерін көрсетеміз. Берілген жол нүктелерімен қозғала отырып кедергілерге соқтығыспай соңғы нүктеге келіп тоқтау керек. Алгоритмі мынадай болады.

Кедергілердің орналасуын көрсететін нүкте координаттарының жаттығуын қамтиды. Кедергілердің саны N болса, бұл деректер үшін $N \times 2$ көрсетім арқылы жол беріледі. Көрсетілген мәндерде, кедергілер жолды жалғастыру үшін пайдаланулы керек.

Жол нүктелерін көрсететін нүкте координаттарының жаттығуын қамтиды. Жол нүктелерінің саны M болса, бұл деректер үшін $M \times 3$ көрсетім арқылы жол беріледі. Көрсетілген мәндерде, алгоритмде жолдың құрылысын, орналасуын және жол нүктелерімен қозғалу керек.

$ObstaclePositions = [10\ 0; 20\ 10; 10\ 20; 30\ 5; 30\ 20; 5\ 5];$

$Waypoints = [InitialPosition; 0\ 15\ -5; 15\ 15\ -5; 20\ 20\ -5; 10\ 25\ -5; 20\ 0\ -7];$



3.13 - сурет – 3-ші эксперимент қортындысы

ҚОРЫТЫНДЫ

Өндірістік аймақтың жазықтығында көпбұрыштар түріндегі проекциялары бар тікбұрышты призмалармен МР және кеңістік жуықтауымен МР–тың формалды сипаттамасы әзірленді.

Осы көпбұрыштардың өзара қиылыспау шарттарын орындайтын және осы көпбұрыштардың өзара қиылыспау шарттарын орындайтын және жабатын МР және көпбұрыштарының ортаңғы нүктелері арасындағы қашықтықтарды азайту функционалдығы бар оңтайландыру есебі түрінде РТҚ құру тапсырмасы. МР ұстағышының барлық қажетті орналастыру нүктелерінің МР орнатылған.

Қарастырылып отырған бағдарламалық класының құру алгоритмі жасалды, бұл ретте тікбұрышты призмалар арқылы жуықталады.

Оптикалық қосқыштар негізінде диапазонды анықтау модульдерін және ИҚ–қабылдау–беруші байланыс арнасының қабылдау бөлігі үшін сигналды алдын ала өңдеумен біріктірілген фотодетекторды пайдалану мамандандырылған роботтарды қолданумен салыстырғанда мобильді зерттеу роботының сенсоры мен байланыс ішкі жүйесінің архитектурасын жеңілдетеді. Өлшеу модульдері, мысалы, ішінде DD микроконтроллерін бағдарламалауды қолдайтын USB интерфейсі 1 және борттық батареяларды қайта зарядтау роботты басқаруға арналған ендірілген бағдарламалық құралды әзірлеу процесін жылдамдатады. Датчиктердің кең спектрімен жабдықтау маңызды қолданбалы тапсырмаларды орындайтын мобильді роботтарды басқару жүйелеріне құрылымдық жағынан ұқсас, сырттан реттелмейтін басқару жүйелерін құруға мүмкіндік береді, мысалы: төтенше жағдайларда адамдарды автоматтандырылған іздеу және миналарды тазарту. геологиялық мақсаттар үшін топырақ үлгілерін немесе қоқыстарды жинайтын өзара әрекеттесетін мобильді роботтар тобымен – экологиялық, сондай–ақ көлік құралдарында. Екі байланыс жүйесінің үйлесімі мобильді зерттеу роботын бөлінген сенсорлық жүйенің желілік түйіні ретінде ғана пайдалануға мүмкіндік береді сонымен қатар бағыттау қасиетін ескере отырып, ақпарат алмасуға қатысатын роботтардың салыстырмалы бұрыштық орнын белгілі бір дәлдікпен есептеп, олардың арасындағы қашықтықты бағалаңыз.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 "Робототехника: моделирование, планирование и управление" - Бруно Сичилиано, Лоренцо Скьявекко, Луиджи Виллани, Джузеппе Ориоло.
- 2 "Алгоритмы планирования" - Стивен М. ЛаВалл.
- 3 "Мобильные роботы: навигация, управление и дистанционное зондирование" - Джеральд Кук.
- 4 "Введение в автономные мобильные роботы" - Роланд Зигварт, Илла Р. Нурбахш, Давиде Скарамуцца.
- 5 "Вероятностная робототехника" - Себастьян Трун, Вольфрам Бургард, Дитер Фокс.
- 6 "Планирование и управление движением роботов" - Жан-Поль Ломон.
- 7 "Принципы движения роботов: теория, алгоритмы и реализации" - Хауи Чозет, Кевин М. Линч, Сет Хатчинсон, Джордж Кантор, Вольфрам Бург
- 8 Байбатшаев М.Ш., Бейсембаев А.А., Балгабаев М.А., Ибрагимов Р.И. Выбор промышленных роботов по рабочим зонам
- 9 "Мобильді роботтарды дизайндау және жасау" - Эдвард Янг, Анна Мижатуллаева.
- 10 "Робототехника және автоматика" - Махмутов Ерсайын.
- 11 <https://www.researchgate.net/> - Научно-исследовательская платформа ResearchGate
- 12 <https://www.therobotreport.com/> - Веб-сайт The Robot Report, который предлагает новости, аналитику и ресурсы о робототехнике и искусственном интеллекте.