

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтытехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Ахмет Әуес Ерханұлы

«Екі дөңгелекті мобильді роботтың қозғалысын басқару жүйесін жасау»  
дипломдық жобасына

**ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ**

5B071600 - Аспап жасау мамандығы

Алматы 2019

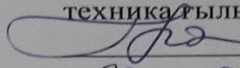
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**  
РТжАТҚ кафедра меңгерушісі  
техника ғылым кандидаты

 Қ.А. Ожикенов  
« 20 » 05 2019 ж.

дипломдық жобаның

### ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

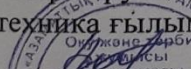
Тақырыбы: «Екі дөңгелекті мобильді роботтың қозғалысын басқару жүйесін жасау»

5B071600 - Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындаған

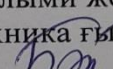
Ахмет Ә.Е.

Пікір беруші  
техника ғылым кандидаты, доцент

 А.К. Сейдилдаева  
« 20 » 05 2019 ж.

«Продлено»  
учебной и  
воспитательной  
работе

Ғылыми жетекшісі  
техника ғылым магистрі, лектор

 Бигалиева Ж.С.  
« 20 » 05 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

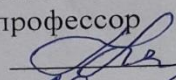
Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 - Аспап жасау

**БЕКІТЕМІН**

РТЖАТҚ кафедра меңгерушісі  
техника ғылым кандидаты,  
профессор

 Қ.А. Ожигенов  
«20» 05 2019 ж.

Дипломдық жобаны орындауға  
**ТАПСЫРМА**

Білім алушыға Ахмет Әуес Ерханұлы

Жобаның тақырыбы: Екі дөңгелекті мобильді роботтың қозғалысын басқару жүйесін жасау

Университет Ректорының 2018 жылғы «06» қараша №1252 - б бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2019 жылғы «24» мамыр.

Дипломдық жобаның бастапқы мәліметтері: Бұл дипломдық жұмыс екі дөңгелекті мобильді роботты құрастырып зерттеуге бағытталған. Жасалған мобильді робот жерде өз бетінше жүруі, яғни автономды басқарылуы. Мұндай мобильді роботтар қазіргі кезде көп және жылдам дамуда.

Есеп-түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша дипломдық жобаның мазмұны:

а) Мобильді роботтың қозғалуын басқаратын алгоритмді блок-сұлба түрінде көрсету

б) Мобильді роботтың кинематикалық моделін тұрғызып есептеу

в) Құрастырылған екі дөңгелекті мобильді роботты бағдарламалық қамтамасыз ету

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген) 14 слайд

Ұсынылған негізгі әдебиеттер 20 әдебиеттер тізімі



Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер қарастырылатын сұрақтардың тізімі	атауы,	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескертулер
Негізгі бөлім		15.01 – 05.03.2019 ж.	орындама
Құрастыру бөлімі		06.03 – 10.04.2019ж.	орындама
Бағдарламалау бөлімі		15.04 – 10.05.2019 ж.	орындама

Аяқталған дипломдық жұмыс (жобаға) және оған қатысты бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының  
ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтанба қойылған мерзімі	Қолы
Қалып бақылаушы	Ж.С.Бигалиева, техника ғылымдары магистрі, лектор	14.05.2019ж	Бж

Ғылыми жетекшісі

(қолы)

Ж.С.Бигалиева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

(қолы)

Ә.Е.Ахмет

Күні « 20 » 05 2019 ж.

## АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс екі дөңгелекті мобильді роботты құрастырып зерттеуге бағытталған. Диплом жұмысы тақырыбының өзектілігі қазіргі кезде көптеген өндіріс орындарының барлық деңгейлерінде автоматты робот техникасының жеделдете енгізілуімен байланысты. Мобильді робот – өндіріс өнімділігін арттыратын, қателіктерді болдырмайтын, уақытты үнемдейтін және бақылауды күшейтетін толықтай автономды интеллектуалды машиналар болып табылады. Қазіргі таңда мобильді роботтың қозғалу ортасына және қозғалуына байланысты қолдану аясы артып барады.

Бірінші бөлімде қазіргі кезде қолданыста бар мобильді роботтарға анализ жасалынды. Сонымен қатар екі дөңгелекті мобильді робот құрастырылып, оның артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Мобильді роботтың кинематикалық моделі тұрғызылып сипатталды.

Екінші бөлімде мобильді роботтың қозғалуын басқаратын алгоритмді блок-сұлба түрінде көрсету сипаттамасы қарастырылған.

Үшінші бөлімде жасалған екі дөңгелекті мобильді роботты бағдарламалық қамтамасыз етуді жүзеге асыру жолдары көрсетілді.

## АННОТАЦИЯ

Эта дипломная работа направлена на создание и исследование двухколесного мобильного робота. Актуальность темы дипломной работы в настоящее время связана с ускоренным внедрением автоматической робототехники на всех уровнях многих производств. Мобильный робот-это полностью автономные интеллектуальные машины, которые повышают производительность производства, предотвращают ошибки, экономят время и усиливают контроль. В настоящее время область применения мобильного робота увеличивается в зависимости от среды движения.

В первой части проведен анализ существующих в настоящее время мобильных роботов. Кроме того, был разработан двухколесный мобильный робот с описанием его преимуществ и недостатков. Кинематическая модель мобильного робота была построена и описана.

Во второй части предусмотрено описание отображения алгоритма управления движением мобильного робота в виде блок-схемы.

В третьей части были показаны пути реализации разработанного двухколесного мобильного робототехнического программного обеспечения.

## ABSTRACT

This thesis is aimed at the creation and study of a two-wheeled mobile robot. The relevance of the thesis topic is currently associated with the accelerated introduction of automatic robotics at all levels of many industries. The mobile robot is a fully Autonomous intelligent machine that increases production productivity, prevents errors, saves time and enhances control. Currently, the field of application of the mobile robot increases depending on the environment of movement.

In the first part, the analysis of currently existing mobile robots is carried out. In addition, a two-wheeled mobile robot was developed with a description of its advantages and disadvantages. The kinematic model of the mobile robot was constructed and described.

The second part provides a description of the display of the motion control algorithm of the mobile robot in the form of a flowchart.

In the third part the ways of realization of the developed two-wheeled mobile robotic software were shown.

## МАЗМҰНЫ

МАЗМҰНЫ.....	8
КІРІСПЕ .....	9
1 НЕГІЗГІ БӨЛІМ .....	10
1.1 Мобильді робот ұғымы .....	10
1.2 Мобильді роботтарда қолданылатын датчиктер .....	14
1.3 Мобильді робототехникадағы оқшаулау әдістері .....	18
1.4 Мобильді робототехникадағы карталау .....	21
1.5 Мобильді роботтың қозғалысын басқару .....	22
2 ҚҰРАСТЫРУ БӨЛІМІ .....	26
2.1 Ардуино микроконтроллері және оның түрлері.....	26
2.2 Motor Shield платасы.....	30
2.3 Ультрадыбыстық датчик HC-SR04 .....	32
2.4 Tower Pro SG90сервожетегі .....	34
3 БАҒДАРЛАМАЛЫҚ БӨЛІМ.....	39
3.1 Ардуино бағдарламалау тілі .....	39
3.2 Бағдарламадағы негізгі функциялар мен командалар.....	39
3.3 Мобильді роботтың блок-сұлбасы .....	40
ҚОРЫТЫНДЫ.....	44
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ .....	45
ҚОСЫМША А	



## КІРІСПЕ

Бұл дипломдық жұмыс екі дөңгелекті мобильді роботты құрастырып зерттеуге бағытталған. Ең алдымен, жалпы робот түсінігі туралы айтатын болсақ, робот дегеніміз – белгілі бір операцияны өз бетінше орындайтын автоматты құрылғы. Бүгінде роботтар барлық дерлік салада қолданылады. Олар адамның қолынан келетін жұмысты орындай алады. Робот қоршаған әлеммен әрекеттескен кезде адамның (жануарлардың) қызметтері мен іс-әрекеттерін ішінара немесе толық атқара алады. Алғашқы роботтар адамның қозғалысы мен сырт пішінін қайталады. Роботтар ойын-сауық мақсаттарында пайдаланылды. Қазіргі кезде тұрмыстағы көптеген жұмыстарды атқаратын, қадағалайтын, мүгедектер мен сәбилерге көмекші, көңілін аулайтын, т.б. роботтар жасалынды, интеллектуалдық роботтар да пайда бола бастады. Робот техниканың дамуы барысында адамдарды бір сарынды ауыр жұмыстардан, жоғары радиациялы, жоғары немесе төмен температура жағдайларындағы және адам қатынауы қиын жерлердегі (су астында, ғарышта) жұмыстарды орындайтын автоматтық құрылғылар мен механизмдер түрінде жасалып, олар үнемі жетілдіріле түсуде.

Роботтарды жасаудағы мақсат – адамға ауыр, қажытатын, денсаулығына зиян қызмет түрлерін солардың міндетіне беру болып есептелінеді. Қазіргі кезде арнайы белгіленулерге арналған роботтар көп қолданылады. Негізінен бұл роботтар экстремалдық робототехниканың құрылғылары болып табылады, яғни, адамның қатысуын болдырмайтын шарттарда қолданысқа ие. Мұндай шарттарға: жоғары температураны, жоғары қысым, үлкен қуатты электромагниттік сәулеленулер және адамның өмірі мен денсаулығына қауіпті басқа да жағдайлар жатады.

Бүгінгі күнде мобильді роботтардың сенімді қызмет етуі тек салыстырмалы белгілі және жақсы құрылымданған жұмыс орталарында ғана қамтамасыздандырылуы мүмкін. Жақсы тұжырымдалған моделдер мен алгоритмдер негізінде роботтарды басқару әдістері жетілдірілген. Белгісіз немесе әрдайым өзгертін ортада мобильді робот қоршаған ортаның өзгеруіне бейімделу, алдын ала ойластырылмаған жағдайларға жауап беріп, алдыңғы тәжірибеге сүйене отырып әрекет жасау қабілеттері болуы тиіс.

Дөңгелекті роботтар бөлмелерді қадағалау немесе құрылымданбаған, яғни адам өміріне қауіпті кеңістікте әртүрлі заттарды бір орыннан екінші орынға тасу үшін арналған.

«Екі дөңгелекті мобильді роботтың қозғалысын басқару жүйесін жасау» диплом жұмысы тақырыбының өзектілігі қазіргі кезде көптеген өндіріс орындарының барлық деңгейлерінде автоматты робот техникасының жеделдете енгізілуімен байланысты. Мобильді робот – өндіріс өнімділігін арттыратын, қателіктерді болдырмайтын, уақытты үнемдейтін және бақылауды күшейтетін толықтай автономды интеллектуалды машиналар болып табылады. Қазіргі таңда мобильді роботтың қозғалу ортасына және қозғалуына байланысты қолдану аясы артып барады.

# 1 НЕГІЗГІ БӨЛІМ

## 1.1 Мобильді робот ұғымы

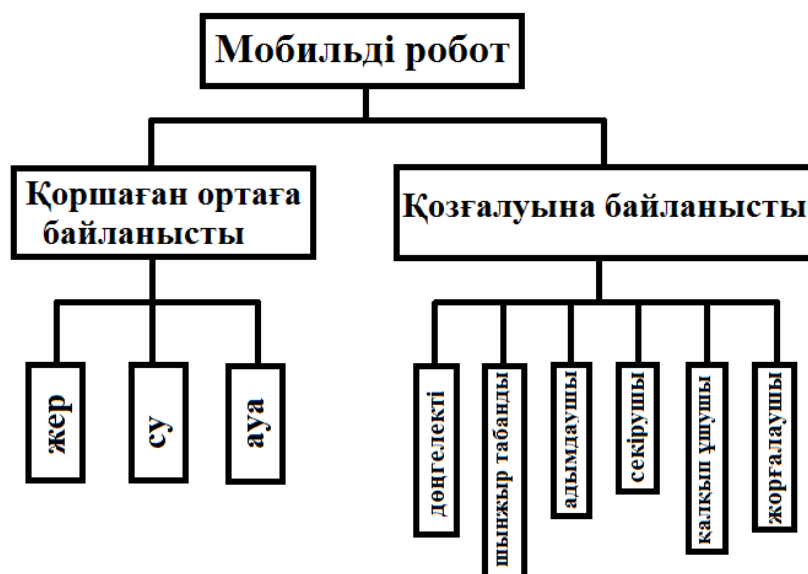
Мобильді робот — жетектермен автоматты түрде басқарылатын бір орыннан екінші орынға өз бетімен қозғалатын машина болып табылады. Мұндай роботтар дөңгелекті, адымдаушы, шынжыр табанды, жорғалаушы, жүзуші және ұшатын мобильді робототехникалық жүйелер бола алады. Мобильді робот сыртқы датчиктерден ақпарат алу арқылы белгілі бір тапсырмаларды шешу үшін бастапқы қалпынан жылжып отырады және де бұл робот өзінің қозғалысын басқару үшін үнемі ақпаратты өңдеп тұруы тиіс. Барлық бұл процестер үздіксіз және бір-бірімен тығыз байланыста орын алады. Мобильді роботтарды екі бағытта жіктеуге болады. Мобильді робот сөзі кең мағынасында ең бірінші кеңістікте белгілі бір дәрежеде өзіндік қозғалысқа ие қандай да бір механикалық аппарат ретінде қолданылады.

Мобильді робот машина сияқты екі басты жүйе: орындаушылық жүйе және сенсорлы ақпаратты-басқарушылық жүйеден тұрады. Орындаушылық жүйе өз кезегінде алдын-ала қозғалу жүйесі тән мобильді (қозғалмалы) роботқа қатысты болып келеді. Бұл жүйе әдетте механикалық манипуляцияға байланысты. Бұрыннан бері «робот» сөзі адамдар ассоциациясында механикалық аяқтарымен жерде әрең қозғалатын адам тәрізді тіршілік иесі ретінде қалыптасқан. Әдетте, адамның көмегінсіз-ақ қозғалуы керек немесе кез келген роботта ұтқырлық болуы тиіс деп есептеледі. Дегенмен, көп нәрсеге қабілеттілік деген ол мақсатты түрде әртүрлі бағытқа қозғалу өте қиындау. Ол үшін, яғни түрлі жағдайда тез шешім тауып, қалыпты жағдайда жұмыс істеу үшін жоғары интеллект керек. Сонымен қатар, тіпті қазіргі дамыған заманауи техника жағдайында жасалынып жатқан жасанды интеллектінің өзі адамның немесе жануардың аяғымен салыстыру қиынға түседі. Яғни, бұл механикалық мүмкіндіктердің өзі шартты деуге болады. Танк, трактор, автомобиль сияқты барлық механикалық құрылғылар адамның басқаруынсыз-ақ кеңістікте қозғалып, өзіндік қызметін өзі атқаратын қасиетке ие. Аталған құрылғылардың айтарлықтай айырмашылығы жоқ. Әртүрлі радио басқарушы аппараттарды адам қашықтықтан басқарып отыратыны белгілі. Бір қарағанда автономды мобильді құрылғыны автоматикалық жүйемен басқарылатын жаңа электровозға жатқызуға болады. Дегенмен, бұл жағдайда автономдық өзі төтенше жағдайларда шектеумен жүргізілетінін ұмытпау керек. Мысал келтіретін болсақ, мәселен пойыз тек қана рельс бойымен ғана қозғалады, өйткені автономдық басқару машинистпен салыстырғанда жаяу жүргінші немесе жол бағытында жануар пайда болғанда қандай да бір белгі бере алмауымен ерекшеленеді. Өнеркәсіп саласында роботтардың мобильділіктеріне деген сұраныс күн санап өсе беретіні анық. Себебі, бұл роботтарды қолданысқа енгізу өндірістің дамуына да өзіндік әсерін тигізетіні анық. Қазірдің өзінде роботтандыру процесі өте жоғары қарқынмен дамып жатыр.

Соңғы кездері роботтандыру деген сұраныс өте жоғары болып отыр. Роботтандыруға көңіл аударма бастаған машина жасау саласына қатысы жоқ кейбір өнеркәсіптердің роботталған қондырғылары қазіргі кезде шығып жатқан жаңа технологиялық бағыттардан басқа. Өйткені, олар бұрынғы жүйемен жасалған. Осыған байланысты роботтарды енгізу мақсатында және роботтандыруға бұл салаларды біршама қиындықтар туып тұр. Сонымен қатар, бұл ойдағыдай мақсатқа жеткізе бермейді.

Қазіргі кезде арнайы белгіленулерге арналған роботтар көп қолданылады. Негізінен бұл роботтар экстремалдық робототехниканың құрылғылары болып табылады, яғни, адамның қатысуын болдырмайтын шарттарда қолданылады. Мұндай шарттарға: жоғары температураны, жоғары қысым, үлкен қуатты электромагниттік сәулеленулер және адамның өмірі мен денсаулығына қауіпті басқа да жағдайлар жатады. Бірақ-та арнайы функцияларды орындайтын арнайы белгіленулерге арналған роботтар да бар. Мұндай роботтарға үй және медициналық роботтарды жатқызуға болады.

Соңғы кездері роботтандыру деген сұраныс өте жоғары болып отыр. Роботтандыруға көңіл аударма бастаған машина жасау саласына қатысы жоқ кейбір өнеркәсіптердің роботталған қондырғылары қазіргі кезде шығып жатқан жаңа технологиялық бағыттардан басқа. Өйткені, олар бұрынғы жүйемен жасалған. Осыған байланысты роботтарды енгізу мақсатында және роботтандыруға бұл салаларды біршама қиындықтар туып тұр. Сонымен қатар, бұл ойдағыдай мақсатқа жеткізе бермейді [1].



1.1 Сурет – Мобильді роботтың жіктелуі

Мобильді роботтар функциялары көбейіп, күннен-күнге дамып келеді. Бұл роботтардың басым көпшілігі материалдарды, ауыр жүктерді тасымалдауға арналған. Оларға әртүрлі датчиктер, сенсорлар навигация құрылғылары орнатылып, озық алгоритмдік бағдарламамен қамтамасыз ету

арқылы роботтарды жоғары жылдамдық және икемділікпен қамтамасыз етеді. Мысалы үшін автономды мобильді робот навигация жүйесімен қамтамасыз етілсе, онда ол бірнеше жүктері бар арбаларды өзімен бірге тартып және жүкті бір орында ұстап тұра алады. Сондай-ақ қазіргі кездегі роботтар қауіпсіздік функциясымен жабдықталған, яғни бұл роботтар өндіріс аумағында автономно және қауіпсіз түрде қозғала алу мүмкіндігіне ие.

Мобильді роботтардың қозғалу жүйесі оның орындаушылық қозғалыс жүйесіне тікелей байланысты. Қазіргі заманғы мобильді роботтарда барлық белгілі транспорттық әдістерді қолдануды тапты. Сонымен қатар, робототехниканың құралы болып әртүрлі бионикалық қозғалу әдістері болып табылады, яғни тірі табиғаттан көшірме ретінде оған көбінесе «қадам» жатады. Барлық қозғалу жүйелерінің айрықша негізі болып қозғалтқыштардың күшін түрлендіретін аппараттар танылады.

Жерде: сәйкесінше, дөңгелекті, шынжыр табанды, адам сияқты екі аяқты, төрт аяқты, алты аяқты роботтар қозғала алады. Жерде жұмыс істейтін роботтар арнайы белгіленулерге арналған роботтардың үлкен тобын құрайды. Олар халық шаруашылығының көптеген салаларында қолданылады, әртүрлі функционалдық белгіленулерге ие. Мұндай роботтар кен өндіру өнеркәсібінде, ауыл шаруашылығында, медицинада, химия өнеркәсібінде, сонымен қатар, қауіпсіздік және құтқарушы қызметтерде қолданылады. Ауада: дрон, квадрокоп, мультикоп сияқты ұшқышсыз ұшу аппараттарының түрлері. Су астында: балыққа ұқсас етіп жасалған роботтар, робот-скорпион немесе су астында жүзетін қайыққа ұқсас робот түрлерін жатқызуға болады. Әрине, қазіргі кезде мобильді роботтың тағы да басқа түрлері бар. Мысалы, робот скалолаз немесе альпинист роботтар, секіруші роботтар, сондай-ақ жыланға ұқсас робот. Бұл роботтар жіктеудің қай түріне жатады? Негізінен, бұл роботтарды бір уақытта жіктеудің екі түріне де жатқызуға болады. Мысалы: жылан-робот суда да, жерде де қозғала алуы мүмкін. Секіруші және альпинист-роботтар жерде жұмысын бастап жерде жұмысын аяқтайды, бірақ олардың негізгі мақсаты – ауада қозғалу. Мобильді роботтарды принципиалды түрде 4-ке бөліп қарастыруға болады:

- жер бетіндегі;
- ауада қалқып ұшатын;
- суда жүзетін;
- жер асты және ғарыштық;

Жер бетіндегі мобильді роботтар 3 үлкен түрге бөлінеді:

- дөңгелегі бар мобильді роботтар;
- адымдаушы мобильді роботтар;
- гибридті роботтар;

Осы үш түрден басқа тағы да көптеген арнайы жасалған мобильді роботтар болады. Ол роботтардың мүмкіндіктері шектеулі. Оларға: рельсті роботтар, экстремальды роботтар(вакуумды сорғышы бар), жылжымалы роботтар. Мобильді роботтар тек жүк тасымалдау мақсатына арналған. Олар робокарлар, яғни, ағылшынша «car» - машина. Роботкар манипуляторлы бір немесе екі сатылы көтермелі-түсірмелі құрылғы. Аталған соңғы екі операция

стационарлы манипулятормен орыныдалады. Қазіргі уақытта көптеген мобильді роботтардың арасында дөңгелегі бар жердегі роботтарға қызығушылық көп. Дөңгелекті жер бетіндегі роботтардың жіктелуі өте көп төмен түсу деген сияқты принциптер қарастырылған[2].

1.1-кесте – Мобильді роботтардың жіктелуі

Мобильді аппараттардың түрлері	Басқару әдісі
Дөңгелекті	Автокөліктер екі бағытқа да бұрыла беретін аппараттар
Адымдаушы	Көптеген 8, 6, 5, 3, 2 немесе 1 аяқты аппараттар
Гибридті	Дөңгелексіз де, аяқсыз да жүруге қабілетті аппараттар
Арнайыланған	Вакуумдық аппараттар: ұшатын, жорғалаушы, жылан тәріздес, рельсті, қозғалған кезде тебетін аппараттар

Ескерте кететін жайт, мобильді роботты әзірлегенде 2, 4, 6 және 8 аяқты қозғалатын мүмкіндіктер қарастырылмаған болатын. Өйткені, бұл қағида табиғаттың өзінде бар нәрсе, табиғатта адам және көптеген барлық тіршілік иесі осы тәртіптің негізінде қалыптасатыны баршамызға мәлім.

Мұндай роботтар үш бірдей секциядан тұрады. Әрбір секция өз алдына жеңіл арба мен салыстырмалы түрде үлкен диаметрлі дөңгелекті құрайды.

Арбалар бір-бірімен жұптасып серіппе типті тіркемемен жалғасқан. Қандай да бір кедергі кездескен жағдайда, дөңгелектің диаметрі үлкейіп, үш сілтемелі механизмді арба жай ғана бірінен кейін бірі жоғары биіктікке ұмыт алатын мүмкіндікке ие.

Қандай да бір қиындықты жеңудің мынандай болып келеді. Арбаның белгілі бір қашықтыққа келгенде алдыңғы дөңгелегі айнала бастайды. Үйкеліс күшінің салдарынан нәтижесіндегі жоғары қысымның әсерінен бірінші арбаның дөңгелегі тік қабырға көтеріледі. Одан кейін, артқы арбалар алдыңғы арбада қысым өте көп болғандықтан бірінші арбаның сырғанап кетіп қаупі төмен. Осының нәтижесінде, бірінші арба жоғары көтерілген сайын, белгілі бір қашықтықтың шыңына жетеді.

Соңында, белгілі бір қашықтыққа жеткен соң екінші және ортаңғы арба ны өзіне қарай сүйрей бастайды. Осылайша, ортаңғы арба үйкеліс күшінің әсерінен ғана емес, сонымен қатар соңғы арбадағы қысым шамасына қарай қабырғаға қарай көтеріледі. Екі арба жоғары көтерілген соң соңғы үшінші арба да белгілі бір қашықтыққа жету үшін өзіне қарай тартады.

Біз белгілі бір жоғары қашықтықты бағындырудағы әдісті екі негізгі принцип басқа көлік тетіктерін құрастыруда кеңінен пайдаланады. Солардың бірі - алдыңғы арбаның дөңгелегінің үйкеліс күші жоғарылауы әсерінен туындайтын қысымнан, оның жан-жағындағы жалғанбалы арбалар теп-тегіс



аумақта орналасады. Соның арқасында, ол арба белгілі бір қашықтыққа көтерілуіне мүмкіндік ашылады. Тағы бір әдісіне келер болсақ, құрама арбаларды қолдану, олардың әрбір арба арасындағы қозғалыста салыстырмалы түрде белгілі бір еркіндік (арақашықтық) болуына жағдай туғызады[3].

## 1.2 Мобильді роботтарда қолданылатын датчиктер

Датчиктер – қоршаған орта туралы білім алуға мүмкіндік беретін құрылғылар. Роботталған сенсор роботтың есептеу жүйесімен өңделетін электр сигналына кейбір физикалық шаманы түрлендіреді. Оларды роботтың ішкі жағдайын өлшейтін проприоцептивті датчиктерге және қоршаған орта туралы ақпарат беретін экстероцептивті датчиктерге бөлуге болады. Дегенмен, бұл бөлу анық емес, себебі кейбір датчиктер екі бағытта пайдалануға болады. Мысалы, типтік проприоцептивті сенсор болып саналатын акселерометр, сондай-ақ жерді жіктеу үшін пайдаланылуы мүмкін.



## 1.2 Сурет – Мобильді роботтарда қолданылатын датчиктер

1) Проприоцептивті датчиктер. Бұрын айтылғандай, проприоцептивті датчиктер роботқа оның денесінен түсетін ақпаратты ұсынады. Кіріктірілген аккумулятордан, температура мен токтан басқа, проприоцептивті датчиктер роботқа жылдамдық пен бағдар туралы ақпарат бере алады. Ең кең қолданылатын интероцепторлар-акселерометрлер, гироскоптар және дөңгелек біліктердің энкодерлері.

2) Инерциалды өлшем бірліктері. Акселерометр бір немесе бірнеше бағыттарда үдеуді өлшеуге арналған құрал болып табылады. Оны роботтың жылдамдығын бағалау үшін немесе инклинометр ретінде пайдалану үшін пайдалануға болады. Бір осьтік акселерометр қазіргі уақытта сирек кездесетін болып табылады, ең көп таралғаны үш осьті акселерометрлер болып

табылады, олар үш ортогоналды бағыттарда үдеуді өлшейді. Бастапқыда гироскоп бұрыштық моментті сақтауға негізделген бағдарды қолдауға арналған құрылғы болды. Қазіргі гироскоптардың көпшілігі көлік құралының бұрыштық жылдамдығын бағалау үшін Кориолис күшінің діріл элементтері мен принципін пайдаланады. Акселерометрлердің жағдайы сияқты, бүгінгі гироскоптар үш осьті нұсқаға кіреді, гироскоптардың осьтері ортогональды тегістелген. Әдетте, үш осьтік гироскоптар мен акселерометрлерден ақпарат көлік құралын жылдамдату мен бағдарлауды бағалау үшін қорытылады. Мұндай синтезді орындайтын зияткерлік құрылғы инерциялық өлшеу блогы деп аталады. Бұл бірліктер әдетте нарықта қол жетімді және олардың бағасы олардың дәлдігіне байланысты оннан мың еуроға дейін ауытқиды.

3) Кодтаушы доңғалақтар. Доңғалақ білігінің кодерері автомобиль қозғалтқыштарының немесе дөңгелектерінің айналуын өлшейді. Дөңгелектің абсолюттік бұрышын өлшейтін датчиктер бар болса да, ең көп таралған түрі – дөңгелектің айналуында электр импульстерінің сериясын генерациялайтын инкременттік ротациялық кодер (бұдан әрі-IRC). IRC жұмыс істеу принципі әдетте оптикалық немесе магниттік әсерге негізделген (Холлдың әсері). Бұл датчиктер арзан, оңай біріктіріледі және олардың көпшілігі салынған.

4) Компас. Компас – бұл бағыт туралы тұрақты ақпаратты, әдетте, Жердің магниттік өрісін өлшеу арқылы қамтамасыз ететін құрал. Электрондық компастар анизотропты Магнето қарама-қайшылық немесе Холлдың әсері қағидаттарына негізделген және жиі инерциалды өлшем бірліктерінің интегралды компоненттері ретінде қосылады. Магниттік компастың кемшілігі-Жердің магниттік өрісінің салыстырмалы әлсіздігі, ол магниттік өрістің жергілікті көздерімен оңай көлеңкеленеді. Сонымен қатар, басқа аспан денелерінің магнит өрісі жиі әлсіз және магниттік өлшемдер басқа принциптермен алмастырылуы тиіс, мысалы, күнді бақылау. Дегенмен, магниттік компас-жердегі мобильді роботтардың абсолюттік курсы өлшеудің ең көп таралған құрылғысы.

5) Тактильді сенсор. Тактильді датчиктер әлі де танымал болмағанымен, ұялы роботтарда оларды пайдалану шектелген. Теориялық тұрғыдан, қоршаған орта бойынша қозғалу үшін жеткілікті. Олар іс жүзінде соңғы инстанцияның датчиктері ретінде пайдаланылуы мүмкін. Олар соқтығысқан жағдайда шығынды азайту үшін қозғалтқышты роботтарды өшіреді. Олардың жетіспеушілігі қымбат жасанды тері ерітінділерінен басқа, датчиктер роботтың бүкіл корпусын жаба алмайды.

6) Ультрадыбыстық қашықтық өлшеуіш. Ультрадыбыстық алыс өлшегіштер (немесе гидролокаторлар) тоқсаныншы жылдардағы ең танымал мобильді робототехника датчиктерінің бірі болды. Ультрадыбыстық қашықтық өлшеуіш алыс объектілермен көрсетілген толқындарды қабылдайтын қабылдағыш және дыбыстық толқындар жарылысын шығаратын таратқыштан тұрады. Сигнал беру мен қабылдау арасындағы уақытты өлшей отырып, әлеуетті кедергілерден қашықтықты өлшеуге болады. Алайда, дыбыс жылдамдығы ол өтетін ортаның температурасына, қысымына және ылғалдылығына байланысты. Көптеген материалдар, мысалы, маталар, дыбыс

толқындарын сініреді. Демек, оларды гидролокатор арқылы табу қиын. Керісінше, беті тегіс объектілер қабылдағыштан дыбыстық толқындарды көрсете алады. Сондай-ақ ультрадыбыстық сигнал қабылдағышқа жеткенше бірнеше рет әсер ететін жағдайлар да таралған. Дыбыстық сигналдың тар бағыты жоқ болғандықтан, кедергінің нақты жағдайы белгісіз. Бұл оқшаулау және карталау үшін гидролокаторды пайдалануды шектейді, бірақ соқтығысуды болдырмау үшін басым.

7) Инфрақызыл қашықтық өлшеуіштер. Гидролокаторларға қарағанда, көптеген инфрақызыл (бұдан әрі-ИК) қашықтық өлшеуіштер берілетін инфрақызыл толқынның ұшып өту уақытын өлшемейді, керісінше триангуляция принципін қолданады немесе шағылысқан сигналдың қарқындылығын өлшейді. Инфрақызыл қабылдағыш таратқыштың маңызды артықшылығы-бұл бірнеше роботтар мен роботталған роевтерді қолдану үшін пайдалы шағын радиустағы роботтар арасындағы байланыс үшін пайдаланылуы мүмкін. Ең танымал инфрақызыл қашықтықты өлшеуіштердің бірі-тар инфрақызыл сәулелерді тарататын және желілік камера арқылы оны анықтайтын SHARP GP2DX сериясы. Нақты түріне байланысты, ол шамамен 5% дәлдікпен 6 метрге дейін жетеді. Оның кемшілігі оның (аналогтық) шығу сипаттамалары сызықсыз болып табылады және триангуляция принципі датчиктердің жанында өлі аймақты тудырады. Сонымен қатар, оның үлкен қашықтықтағы сезімталдығы шағылыстыратын материалға әсер етеді және датчиктің жоғары температуралы ортада жұмыс істеуін қиындатады. Дегенмен, төмен баға дальномерлерінің шағын роботтарда қолданылуы оларды танымал әрі қолжетімді етеді.

8) Лазерлік алыс өлшеуіштер. Лазерлік алыс өлшегіш, кейде LIDAR деп аталады, және ол гидролокациялық құрылғыларға ұқсас принцип бойынша жұмыс істейді. Ол жарықтың жарқылын береді және олардың ұшу уақытын өлшей отырып, басқа объектілерге дейінгі қашықтық орнатады. Қазіргі заманғы қашықтық өлшеуіштер айналмалы немесе кең лазерлік сәулелерді пайдаланады және секундына қашықтықты өлшеу сериясын (әдетте жүздеген) қамтамасыз етеді. Бұл өлшемдердің барлығы бір жазықтықта жататыны, сканерлеу жазықтығы еденге параллель болғанда, оларды әсіресе ішкі қолдану үшін пайдалы етеді. Олардың диапазоны, дәлдігі және сенімділігі робот техникасы бойынша көптеген мобильді роботтарды зерттеу топтары үшін танымал болды[4].

Қашықтық датчиктері робот алдында қоршаған ортаға шолу алу үшін ашық ауада қолданылады. Бұл жағдайда үш өлшемді ақпарат алу қажет. Бұл үшін 2D қашықтағы өлшеуіш белгіленген қалыпта ғана көре аласыз. Альтернативті әдіс сервомотор немесе жылжымалы айналардың көмегімен оның сәулелерін шағылыстыру арқылы алысты өлшегіш қадамын басқару болып табылады. Зияткерлік көлік құралдары немесе азаматтық құрылыс үшін коммерциялық 3D лазерлік сканерді де пайдалануға болады. Ең танымал 2D лазерлік қашықтық өлшеуіштердің бірі – SICK LMS, ол 80 м дейін қашықтықты, 1 мм дейін дәлдікті ұсынады және 180° көру өрісімен 361 өлшеуді қамтамасыз етеді. Бұл лазерлік алыс өлшеуіштердің кемшілігі оның

өлшемдері, салмағы және бағасы болып отыр. URG 04 LX сияқты лазерлік алыс өлшеуіштердің шағын нұсқалары 240° көру өрісі мен 4 м максималды диапазоны бар 728 өлшеуді қамтамасыз етеді. Шағын роботтар бар және олар кеңінен пайдаланылады, олардың бағасы да жоғары. Лазерлік алыс өлшеуіштердің жетіспеушілігі, адам көзі сияқты ұқсас спектрлерде жұмыс істейтіндігіне байланысты. Бұл тұман, жаңбыр және қар сияқты тамаша ауа райы жағдайларында, лазерлік алыстан өлшегіштер маңызды деректерді бере алмайды дегенді білдіреді. Сондықтан, егер LIDAR кейбір маңызды жүйенің құрамына кірсе, мысалы, бұл автономды автокөлік, онда адам сияқты жағдайларда сәтсіздікке ұшырайды[5].

Фотокамералар немесе сандық камералар, адамдар әлемді қалай қабылдауға жақын сол деректерді ұсынуға мүмкіндік береді. Электроника саласындағы жетістіктер камераның өзін миниатюрациялауға ғана емес, сонымен қатар камера ұсынатын деректерді өңдеуге қажетті есептеу жабдығын да алуға мүмкіндік берді. Суреттерді түсіну саласы-информатиканың ең жылдам өсетін салаларының бірі және онда суреттерді зияткерлік өңдеудің көптеген әдістері бар. Осылайша, егер біреу роботты машина көруіне негіздеуді шешсе, оның иелігінде қажетті аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету болады. Кейбір камералар тіпті микроконтроллерлер, сандық сигналдық процессорлар және бағдарламаланатын вентиль матрицалары бар платаларды кірістіреді, олар олардың ішінде суреттерді өңдеудің қосымша алгоритмдерін іске қосуға және тек қалаған нәтижелер туралы хабарлауға мүмкіндік береді. Камераның жетіспеушілігі оның пассивті табиғаттыңда жатыр-ол жарық жеткіліксіз немесе тым көп жарық болған жағдайда жұмыс істемейді. Сонымен қатар, стандартты камералардың қасиеттері адам көзіне қарағанда әлдеқайда нашар. Бұл оптикалық сипаттамалар туралы ғана емес, мысалы, жарық сезгіштігі, сондай-ақ көздің тор қабатының суретінің белгілерін жоғары параллельді табуды орындау қабілеті екенін түсіну керек. Сонымен қатар, камера қажет болған жағдайда деректерді кешенді өңдеу арқылы қалпына келтірілуі тиіс схеманың тереңдігін қамтамасыз етпейді. Бірақ нарықта әртүрлі қасиеттері бар көптеген камералар бар, бірақ олар қоршаған орта туралы көбірек деректерді ұсынса да, олардың бағасы сонарлар мен инфрақызыл алыс өлшеуіштердің бағасымен салыстыруға келмейді.

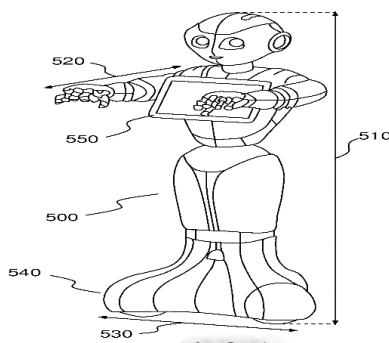
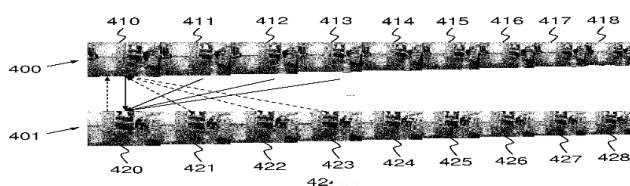
Үш өлшемді камера – стандартты камераның негізгі шектеуін алып тастайтын және схеманың тереңдігін қамтамасыз ететін құрылғы. Көптеген коммерциялық қол жетімді 3D камералары қабылданатын көріністің тереңдігін есептейтін процессорлары бар. Негізінде, біз 3D камералардың үш түрін бөліп аламыз: ұшу уақыты жүйесі, құрылымдалған жарық және стереокамералар. Ұшу уақыты камерасы лазерлік қашықтық өлшеуішіне ұқсас: ол сахнаға (әдетте инфрақызыл) жарықты береді және камера қабылдағышына қайтару үшін қажет уақытты өлшейді. Ұшу уақыты камерасы мен LIDAR арасындағы негізгі айырмашылық ұшу уақыты оны нүктелер бойынша сканерлеу емес, барлық сценаны бірден басып алады. Соңғы уақытта робототехника өнеркәсіптің дамыған саласына көшті: роботтардың басым

бөлігі әртүрлі кәсіпорындарда жұмыс істейді, ғарышты бағындыру интеллектісі әртүрлі деңгейдегі роботтарды кеңінен пайдалануға сүйенеді. Роботтар-манипуляторлардың көмегімен әртүрлі салаларда ауыр, шаршау және монотонды жұмыстарды автоматтандыруға ерекше көңіл бөлінеді[6].

### 1.3 Мобильді робототехникадағы оқшаулау әдістері

Мобильді робототехниканың іргелі мәселелерінің бірі –автономды жылжыту. Бұл міндетті орындау үшін робот өз мақсатына қатысты ережелерді сақтауы тиіс. Сонымен қатар, робот қоршаған ортаның қауіптілігін назарға алу және тағайындау орнына жету мүмкіндігін барынша арттыру үшін әрекеттер жасауы керек. Мобильді робототехника контекстінде локализациялау роботтың қоршаған ортадағы жағдайын анықтайды. Мобильді робототехникалық датчиктердің көмегімен қоршаған орта туралы кеңістіктік ақпаратты алу және ұсыну картография деп аталады. Қажетті орынға жету үшін роботтардың әсері үшін кіріс деректерін жасау процесі қозғалысты жоспарлау деп аталады. Бұл мәселелерді жеке-жеке қарауға болса да, олар өзара тығыз байланысты, әсіресе оқшаулау және бейнелеу жиі бірге зерттеледі.

Оқшаулау (локализациялау) – бұл координаталардың абсолюттік немесе салыстырмалы жүйесінде көлік құралының орналасқан жерін анықтау мәселесі. Орналасқан жерді анықтау мәселесі 3000 жылдан астам уақыт бойы өзекты болып келеді. Финикиялықтарға теңіз кемелерінің орналасқан жерін триангуляциямен, корреляциямен және қашықтықты өлшеумен анықтаудың базалық әдістері белгілі. Көлік құралының бастапқы позициясы және роботтың орналасқан жері туралы априорлы білімі жоқ жаһандық оқшаулауды және белгілі үздіксіз оқшаулау деп ажыратуға болады. Локализацияланған робот кенеттен басқа орынға жылжиды, болған жеке жағдай "ұрланған Робот мәселесі" деп аталады».





### 1.3 Сурет –Роботты жазықтықта оқшаулау әдісі

Оқшаулау және салыстыру есептері қазіргі таңда сирек қарастырылады. Көп жағдайда робот біртіндеп картаға жаңа ақпаратты қосады және оны алу үшін карта негізінде оқшаулау пайдаланады. Бұл бір мезгілде оқшаулау және бейнелеу (бұдан әрі – SLAM) немесе параллель оқшаулау және бейнелеу (бұдан әрі – CML) деп аталады. Оқшаулау қатесі картаның сапасына және робот картасының белгісіздігіне керісінше әсер ететін негізгі проблема. Роботтың жағдайы мен қоршаған ортасы туралы білімін жаңарту үшін ықтималдық әдістерді қолданады. Ықтималдылықты модельдеуге екі негізгі тәсіл қолданылды: Кальман сүзгілеудің кеңейтілген әдісі және бөлшектерді сүзу. Екі тәсіл де дәйекті жұмыс істейді, ықтималдықтың таралуы роботтың қозғалысына және датчикке сәйкес келетін болжау және өлшеу кезеңдерінде жаңартылады. Робот қозғалысына сәйкес келетін болжау қадамы кезінде робот жағдайындағы белгісіздік артады. Өлшеу кезеңі әдетте белгісіздіктің азаюына әкеледі[7].

Калман сүзгілеудің кеңейтілген әдістері (бұдан әрі-EKF) роботтың орналасуын, сондай-ақ көп өлшемді гаусстық бөлу арқылы бағдарлауды жобалайды. SLAM базалық нұсқасында әлемдік ақпарат робот пен бағдар позициясы бар векторда және осы күй векторының ковариациялық матрицасында сақталады. Робот орын ауыстырған немесе өлшеуді жүргізген сайын, күй векторы және робот жағдайының белгісіздігін сипаттайтын ковариациялық матрица өзгереді. Алдыңғы әдістердегідей, есептеу қарқындылығы карта өлшемінің ұлғаюымен өседі. Бұл, әсіресе, SLAM-ның нақты реализациясы үшін ауыр, онда картаны жаңарту кезінде Калман күшейтуді есептеу ковариациялық матрицаны инвертирлеуді талап етеді.

SLAM әдістерінің үлкен саны жүзеге асырылды, және олардың кейбіреулері жылдамдыққа бағытталған, кейбірі дәлдік немесе басқа аспектілерге негізделеді. Карталардың визуалды көрінісі кейде алгоритмнің функционалдылығының жеткілікті дәлелі ретінде қарастырылды. 3D-ге дейін картографиялық алгоритмдерді кеңейту одан да жақсы нәтиже берді. Ал жасалатын карталардың мақсаты мен пайдалылығы жиі артқы жоспарға кеттіп қалып жатыр. Деректер жиынтығы, шамасы, бір мезгілде оқшаулау және картографиялау әдістерін сапалы салыстыру мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Циклді жабуға рұқсат бермейтін SLAM әдістері дрейфке ұшырайды және жаһандық жағдайды бағалау тұрғысынан одометриямен сапалы салыстырылады.

Калман сүзгісінің мықты математикалық фоны, зерттеу қоғамдастығына EKF негізінде SLAM үшін жеткілікті теориялық база құруға мүмкіндік берді. EKF және роботтың орналасуының белгісіздігіне төменгі шекаралардың ұқсастығы дәлелдері тұжырымдалған. Өкінішке орай, Қалман сүзгісінің оңтайлылығы тек сызықты жүйелер үшін дәлелденген, сондықтан EKF әдістерінің әлсіздігі линеаризация қателіктеріне жатады. Линеаризация кезінде жіберілген қателерге байланысты EKF әдістері соңғы емес нәтижелер бере алады. Линеаризация процесі роботтың жағдайын бағалаудың

келісімділігіне елеулі қауіп төндіреді. Алайда, Қалман сүзгілеудің негізгі кемшілігі-бұл мүмкіндіктердің тек унимодальды таралуын модельдей алады. Бұл елеулі шектеу, өйткені робот өзінің жағдайы мен картасына қатысты көп гипотезаны сақтай алмайды. 1.2 суретте көрсетілген қарапайым жағдайды қарастырайық, мұнда робот болжаудың үш қадамын орындайды, содан кейін нақты бағдарды анықтайды. Картада екі бірдей бағдар бар болғандықтан, ЕКҒ екі жолмен жаңартылуы мүмкін: барлық жерде жүретіндігін (қызыл нүкте) ескереді, немесе өлшеу кезеңінде тек ұқсас кезеңді қарайды.

Бұл шектеу бөлшектерді сүзу арқылы еңсерілуі мүмкін. Ұсыныс бөлшектерді сүзу компьютерлік көру аймағынан пайда болды, онда ол көзбен бақылау үшін қолданылған. Ұсыныс қолдаудан тұрады және олардың әрқайсысы роботтың жағдайы мен картасы туралы бірегей гипотезасы бар бірнеше "бөлшектер" болып табылады. Бұл бөлшектердің тығыздығы роботтың орналасу ықтималдығының таралуына сәйкес келеді. Робот қозғалған сайын, бөлшектер де қозғалады және роботтың қозғалыс моделіне сәйкес кездейсоқ бұрмаланады (бұл болжау қадамына сәйкес келеді). Өлшеу кезеңінде сенсорлық кіріс әр бөлшектер үшін имитацияланады және нақты өлшемдермен салыстырылады. Осы салыстыруды негізге ала отырып, бөлшектерді лақтыруға, қайталауға немесе тыныштықта қалдыруға болады. Бөліктерді сүзудің негізгі кемшілігі есептеу күрделілігі болып табылады, өйткені белгісіздікті дұрыс модельдеу үшін бөлшектердің үлкен мөлшерін сақтау қажет[8].

Теориялық шешімдер тек SLAM бұрандалары үшін үлкен мәнге ие болды, өйткені қазіргі компьютерлердің есептеу қуаты нақты уақытта суреттерді өңдеуге мүмкіндік береді. Визуалды ақпарат табиғаты салыстырмалы түрде оңай тіркелетін, және жақсы ажыратылатын жер бетіндегі белгілерден сирек карталар құруға мүмкіндік береді. Алайда, диапазон туралы ақпарат стандартты камералармен тікелей берілмейді. Кейбір көрнекі әдістер жақын қашықтықта ақпарат алу үшін стереокамераларды пайдаланады. Басқа әдістер стереобейнені қозғалыспен алмастырады және жалғыз (монокулярлық) камераны пайдаланады. Алайда, монокулярлық тәсілдердің көпшілігі есептеу тұрғысынан күрделі болып табылады және үлкен масштабты орталарды көрсету кезінде төмен жұмыс жылдамдығымен жұмыс істейді. Бұл мәселе үлкен жаһандық картаны өзара орналасуы туралы ақпаратпен ұсақ карталарға бөлу арқылы шешілуі мүмкін.

Карталар негізінде оқшаулау

Өлі санау кезінде кумулятивті қателер проблемасын жою үшін, робот өз экстерорецепторларынан сигналдарды түсіндіруі және оларды белгілі картамен салыстыруы тиіс. Көлік құралдарының навигациясы үшін ең ескі танымал экстерорецептор-географиялық байланыстыруға арналған тақырыпты қамтамасыз ететін магниттік компас. Жердің магниттік өрісі біркелкі емес болғандықтан, теңізде жүзушілер жаһандық позициялау жүйесінің компастарын (бұдан әрі – GPS) пайдалану үшін егжей-тегжейлі магниттік карталарды жасады және қолдады. Қазіргі уақытта GPS қабылдағыштары ең танымал локализациялау жүйесі болып табылады, себебі коммерциялық қол

жетімді және бағасы бойынша арзан. Ол жер айналасында айналатын  $\sim 1.5$  ГГц сигналдарын беретін бірнеше белсенді маяктардан тұрады. Қабылдағыш белгілі жағдайлары бар жеке спутниктерден қашықтықтарға негізделген өзінің жағдайын есептейді. Аспанға анық көрінетін және жақсы ауа райы жағдайларында орналасу дәлдігі 2 метрге жуық. Дегенмен, GPS сигналы сумен оңай сіңеді және оңай көрінеді. Нәтижесінде GPS дәлдігі каньондарда, ормандарда, ауыр жапырақтарда немесе ғимараттар арасында пайдаланғанда нашарлайды. Уақытша оқшаулау дәлдігін төмендетуді GPS-ті есептей отырып еңсеруге болады. Егер GPS қабылдағышында қоршаған орта туралы деректер болса, ол бұл ақпаратты көрсетілген сигналдарды қабылдамау және оқшаулау дәлдігін жақсарту үшін пайдалана алады[9].

#### 1.4 Мобильді робототехникадағы карталау

Карталау қоршаған ортаның кеңістіктік үлгілерін алу мәселесін шешеді. Карталардың негізгі мақсаты-әлем туралы білімдерді бөлісу. Осы білімдермен алмасу адамдарға алдын ала белгіленген жерлерде кездесіп, маршруттарды жоспарлауға мүмкіндік берді. Роботталған картографиялау-бұл робот өз сенсорлары арқылы өз ортасы туралы білім алатын процесс. Дегенмен, картаны негізгі пайдалану бірнеше роботтар арасында емес, қозғалысты жоспарлау және бір роботты оқшаулау алгоритмдері арасында болады. Қозғалысты оқшаулаудың және жоспарлаудың бірнеше әдістері бар болғандықтан, мобильді робототехникада карталардың түрлі түрлері қолданылады. Метрикалық және топологиялық карталарды ажыратуға болады. Сипаттама үшін метрикалық карталар координаттардың бекітілген жүйесін пайдаланады, ал топологиялық карталар кеңістіктік қатынастарды пайдаланады. Метрикалық карталардың мысалдары жұмыспен қамту торлары, геометриялық және бағдарлы карталар болып табылады.



1.4 Сурет – Мобильді робототехникадағы карталау

Датчик картасы сенсорлық өлшеулерді жазу және сақтау арқылы әрі қарай өңдеусіз жасалады. Сенсорлық картаның мысалы-қашықтықты өлшеу жаһандық тірек кадрында сақталатын нүктелердің бұлты. Мұндай картаның өзі өте пайдалы емес екеніне қарамастан, датчиктер карталары барлық өлшенген деректерді сақтайды және әдетте болашақта жиналған деректерді өңдеу туралы оймен жасалады.

Геометриялық карталар жадының тиімсіздігін жеңуге тырысады және қоршаған ортаның маңызды салаларын ғана білдіреді. Сонымен қатар, олар қоршаған ортаны дискретизацияламайды және жұмыспен қамту желілерімен салыстырғанда дәлірек. Геометриялық карталар екі өлшемді және үш өлшемді жағдайдағы жазықтықтағы геометриялық примитивтер, әдетте сызықтар немесе көпбұрыштар жиынтығының көмегімен ортаны модельдейді. Геометриялық карталар локализация үшін, сондай-ақ қозғалысты жоспарлау үшін қолайлы. Жад тиімді болғанымен, бұл карталар датчиктің шуынан және локализацияның белгісіздігінен салғанға қарағанда қиынырақ. Сонымен қатар, әдетте, бірнеше геометриялық примитивтермен ұсынылған болуы үшін ашық ландшафт тым күрделі. Геометриялық карталардың маңызды артықшылығының бірі: автоматтандырылған жобалау жүйесінің модельдері түрінде көптеген ғимараттар үшін қолжетімділігі болып табылады.

Бағдар картасы белгілі позициялары бар жақсы ажыратылатын объектілер жиынтығы болып табылады. Маяктан айырмашылығы, бағдар оқшаулау мақсатында ортаға орналастырылмайды. Бағдар картасының бастапқы мақсаты – локализациялау, бірақ оны қозғалысты жоспарлау үшін де пайдалануға болады. Маңызды мәселелердің бірі-сандық деректерден маңызды бағдарларды алу, бірақ олар қымбат болуы мүмкін. Картаны жасау кезінде, сондай-ақ оқшаулау кезінде қабылданатын бағдарлар картада сақталатын бағдарлармен байланысты болуы тиіс. Егер алдын ала таңдау жасалмаса, қауымдастық процесінің есептеу шығыны карта мөлшерінің ұлғаюымен артады.

Әдетте, бағдарлар камералардың бейнелерімен сәйкестендіріледі, бірақ лазерлік, эхолот немесе радар деректерінің көмегімен бағдарларды алу мүмкіндігі де бар. Ортаның ішкі объектілерінің мысалы ретінде есіктер, плакаттар және қабырға бұрыштары қарастырылады. Сыртқы ортада жағдай одан да күрделі болып отыр, себебі бағдарларды анықтау және табиғи ортаның өзгеруіне ұшырату қиын. Кейінірек талқыланатын нүктелі нысандарды немесе ағаш діндері сияқты ірі нысандарды пайдалануға болады[10].

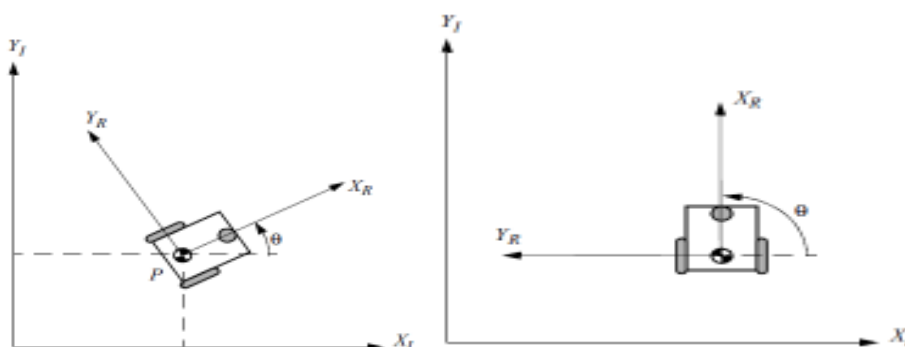
## 1.5 Мобильді роботтың қозғалысын басқару

Қозғалысты басқару алгоритмдері қозғалысты жоспарлауда берілген көптеген нүктелер бойынша роботты жылжыту үшін роботтың (мысалы, дөңгелектің жылдамдығы, импульстік модуляцияның ендік қуаты, атқарушы

механизмдерге кіру тогы) басқару тетігінің кіруін генерациялайды. Бұл кіріс түйік немесе болжаушы контроллерлердің көмегімен жасалады. Бұл контроллерлердің құрылымы мен параметрлері роботтың физикалық параметрлеріне қатты байланысты. Бұл параметрлерді оңтайлы таңдау қолмен немесе контроллермен орындалуы мүмкін.

Жоғарыда аталған декомпозицияның негізгі мәселесі-бұл, маршрутты жоспарлау роботтың кинематикасы бойынша шектеулерді ескермейді, демек, генерацияламауы мүмкін.

Бұл кемшілік кездейсоқ ағаштарды жылдам іздеу арқылы шешіледі. Бұл алгоритмдер көптеген еркіндік дәрежелері бар роботтар үшін олардың кинодинамикалық шектеулерін сақтай отырып, жоспарлар жасай алады. Алайда, бұл алгоритмдер класы, егер қолайлы эвристиканы қолданбаса, баяу жұмыс істейді. Сондай-ақ, ұзақ кешенді жоспарларды жасамайтын BUG Алгоритмдер класы бар, бірақ қоршаған орта туралы қарапайым түсініктерді пайдаланады, арзан датчиктер және белгілі карталардың априоринь талап етпейді. Минимализмге қарамастан, бұл алгоритмдер толық дәлелденеді-олар бар болса, жолды табады.



1.5 Сурет – Мобильді роботтың қозғалысын жоспарлау

Қозғалысты жоспарлау.

Жоспарлау-қалаған мақсатқа жету үшін қарапайым әрекеттер сериясын құру процесі. Мобильді робототехника контексінде қозғалысты жоспарлау белгілі бір мақсатқа жету үшін роботталған жетектер үшін басқару сигналдарын жасауды білдіреді. Робот қоршаған орта арқылы жол берілетін, соқтығысудан бос кеңістіктің бойымен қозғалуы тиіс. Қозғалысты жоспарлау мәселесі әдетте екі тапсырмадан тұрады, маршрутты жоспарлау және қозғалысты басқару.

Маршрутты жоспарлау.

Маршрутты жоспарлау қажетті орынға дейін тасылатын жолды іздеу мәселесін шешеді. Әдетте, алынған жоспар-робот мақсатқа жету үшін өтуге тиіс нүктелердің тізбегі. Алгоритмдерді жоспарлау үшін роботтың жұмыс кеңістігінің картасы қажет. Маршруттарды жоспарлау алгоритмдерінің көпшілігі жұмыспен қамту желілерімен және геометриялық карталармен жұмыс істейді. Топологиялық карталар үшін маршрутты жоспарлау классикалық бағанға негізделген.

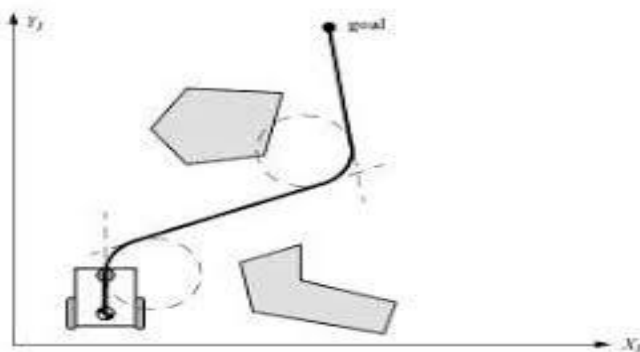


Геометриялық карталарда-алынған жоспардың түйіршіктілігі, яғни роботтың траекториясын құрайтын нүктелердің тығыздығы. Тығыздық рандомизацияланған роботтың жұмыс кеңістігін таңдаумен анықталады.

Өлі есептеу (кейде есептеу деп аталады) – бұл навигацияға негізделген "өлі" суға қатысты жылдамдықты есептейтін әдіс. Қазіргі уақытта ол көлік құралының ағымдағы позициясын, бұрын белгілі позициядан (тіркелген деп аталатын), өткен уақыттан және көлік құралының жылдамдығы мен бағытын бағалайтын техника үшін жалпы атау ретінде пайдаланылады. Жылдамдық пен курс экстерорецепторлармен бағалануы мүмкін болса да, проприоцептивті датчиктерді пайдалану қазіргі таңда өте танымал болып отыр.

Өлі есептеулердің негізгі кемшілігі-жағдайдың қателігі уақыт өте келе өседі. Қателердің жиналуы дәл датчиктерді қолдану және датчиктерді Мұқият калибрлеу есебінен айтарлықтай баяулауы мүмкін болса да, өлшеу қателіктері ұзақ уақыт оқшаулауға жарамсыз өлі есептерді жасай отырып, уақыт ағымымен біріктіріледі. Датчиктің шуы толығымен жойылса да, бұрыштың бастапқы орналасуын анықтаудағы ең аз қате жағдайдың дәлдігін жоғалтуға себеп болады. Дегенмен, өлі есептеу көптеген күрделі оқшаулау жүйелерінде роботтың орналасуын жылдам бағалаудың танымал әдісі болып табылады. Сонымен қатар, бұл робот ұзақ уақыт бойы жұмыс істеуге тиіс емес жағдайларда пайдалы. Мобильді робототехникалық жүйелер саласындағы "өлі есептеудің" ең танымал әдісі-одометрия. Бұл әдіс роботтың жылдамдығын және оның атқарушы механизмдерінің сигналдарынан қозғалыс бағытын есептейді, онда доңғалақтар немесе тіректер бар. Көбінесе дөңгелекті роботтар инкременттік дөңгелектердің осіне бекітілген бұрылыс датчиктерімен жабдықталады. Бұл датчиктер дөңгелектердің айналуын өлшейді және бұл ақпарат робот алға және рульдік басқару жылдамдығына түрленеді.

Жоғарыда айтылған қателерді жинақтау мәселелерінен басқа, әдіс дөңгелектердің сырғуына сезімтал және тек кейбір беттерде ғана жұмыс істейді. Кейде одометрия термині роботтың жылдамдығын экстерорецепторлармен өлшейтін және осы өлшеулерді уақыт ағымымен интеграциялайтын әдістер үшін қолданылады. Бұл әдістер оптикалық тышқандарға, радиолокациялық және дыбыстық толқындар мен камера жүйелерінің Доплерінің әсеріне негізделуі мүмкін. Өлі шоттың басқа әдістері инерциалды өлшем бірліктері мен гироскоптарды пайдалануға негізделген. Көлік құралының нақты үдеуін өлшеу үшін жердің гравитациясын, сондай-ақ Кориолистің күштері мен ортадан тепкіш күштерді ескеру қажет. Жылдамдық үдеуді өлшеу интеграциялау арқылы жанама өлшенеді, сондықтан позиция қос интегралдау жолымен есептеледі, ал қателерді жинақтау мәселесі одан да маңызды. Алайда бұл әдістер Қатты беттермен байланыспайтын көлік құралдарына, авиацияда және ғарыштық ұшулар саласында табысты қолданылып келеді[11].



1.6 Сурет – Мобильді роботтың жүру жолын жоспарлау

Мобильді робототехникадағы ең көне және ең танымал карталардың бірі – тор. Бұл тәсілде орта біртекті ұяшықтардың тұрақты торы ретінде модельделеді. Әрбір ұяшыққа ішкі кеңістіктің кейбір физикалық қасиетін сипаттайтын вектор беріледі. Егер ұяшықтар жер бедерінің жергілікті биіктігінде болса, карта биіктік торы деп аталады. Басқа рельефті сәндеу мүмкіндігі-әрбір ұяшықта жергілікті рельеф дисперсиясын сақтау. Ең көп таралған нысанда әрбір ұяшықтың ықтималдығы бар, және бұл жұмыспен қамту желілеріне әкеледі. Сонымен қатар, әр ұяшықтың жұмыс істеу ықтималдығына датчиктерді өлшеудің әсері әр ұяшыққа бөлек есептеледі. Датчиктің әрбір өлшемі датчиктің нақты көрсеткішінің қоршаған ұяшықтарды толтыруға әсерін сипаттайтын датчиктің моделіне байланысты бірнеше ұяшықтарды толтыру мүмкіндігін өзгерте алады. Мысалы, жақын ұяшықтарды толтыру ықтималдығы азайған кезде, датчиктің көрсеткішіне тең қашықтықпен ұяшықтарды толтыру ықтималдығын ұлғайтатын қашықтықты өлшеу болып табылады. Жұмыспен қамту торындағы ұяшықтар тікелей қол жетімді болғандықтан, сенсорды өлшегеннен кейін торды жаңарту тек тор өлшеміне емес, сенсор моделіне байланысты. Торды жаңарту үшін бір уақытта бірнеше датчиктер қолданылуы мүмкін, бұл жұмысбастылық торын пайдалану арқылы сенсорлық бірігу күйін қарапайым және талғампаз етеді. Сонымен қатар, жұмыспен қамту торлары бастапқыда қозғалысты жоспарлау мен оқшаулауды қолдайды. Толтырушы торлардың жетіспеушілігі олардың жадының тиімсіздігі болып табылады(бұл әсіресе үш өлшемді тормен проблемалы). Сонымен қатар, ортаның көп бөлігі бос кеңістіктен тұрады, сондықтан типтік жұмыспен қамту торының ұяшықтарының көпшілігі пайдаланылмайды. Бұл проблеманы еңсеру талпынысына қарамастан, қоршаған орта сынамаларын біркелкі іріктеуден басқа, жұмыспен қамту торының жалғыз тұжырымдамасы оның жадына қойылатын талаптарды ортаның модельдік өлшемімен өсіруге мәжбүрлейді[12].

## 2 ҚҰРАСТЫРУ БӨЛІМІ

### 2.1 Ардуино микроконтроллері және оның түрлері

Дипломдық жұмыстың құрастыру бөлімінде екі дөңгелекті мобильді роботтың қандай материалдардан тұратыны және оның құрастырылуы қарастырылды. Жасалған екі дөңгелекті мобильді робот негізінен мынадай электронды қондырғылардан тұрады:

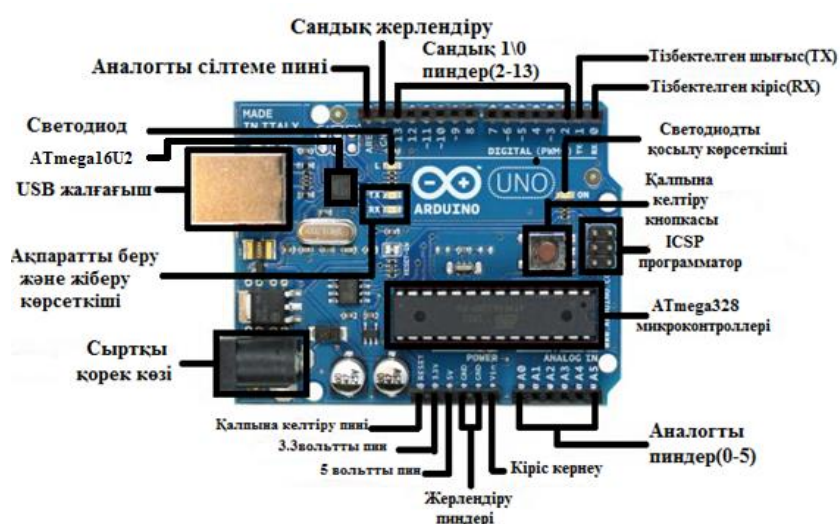
- Ардуино Уно;
- Мотор Шилд;
- Ульдыбыстық қашықтық датчигі;
- Сервожетек;
- 2 дөңгелегі және редукторы бар тұрақты қозғалтқыш;

Сондай-ақ бұл бөлімде аталған әрбір элементге сипаттама беріліп, олардың жұмыс істеу принциптері анықталып, әрбір қондырғының принципіалды сұлбалары қарастырылып, артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілген.

Алғаш микроконтроллерлердің пайда болуы микропроцессорлық технологияның жаңа дәуіріне қадам басты. Көптеген жүйелік құрылғылардың бір ғана корпуста орнығуы микроконтроллерлерді қарапайым компьютерге ұқсас етті. Мәселен кейбір оқулықтарда микроконтроллерлер біркристаллды микро ЭЕМ деп аталды. Соған орай алғаш компьютерлер шыға бастағаннан-ақ микроконтроллерлер бірдей дәрежеде қолданыла бастады. Бірақ микроконтроллерлерде жұмыс жасау үшін кейбір факторларды білу қажет. Мысалы, кез-келген микроконтроллерлерде белгілі бір құрылғы жинау үшін, жалпы схемотехниканы, құрылғы процессорының жұмысын, электрондық техникалық нұсқауларды және онымен қоса Ассемблер секілді программалау тілдерін білу қажет болатын.

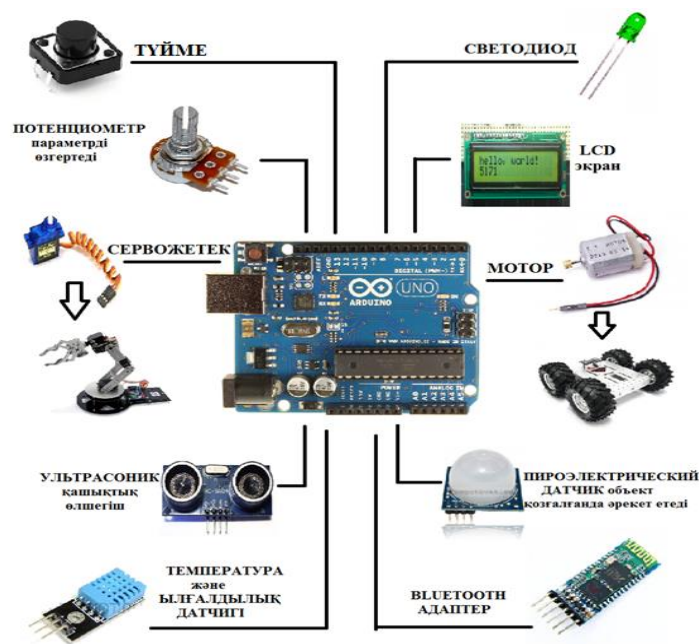
Arduino – әртүрлі датчиктерді, светодиодтарды, электрқозғалтқыштарын басқаратын, мәліметтерді қабылдайтын және жіберетін арнайы баспа платасынан тұратын кішкентай электронды құрылғы болып табылады. Құрылғыда өзінің жеке процессоры және жадысы бар болады. Ардуино - бұл әртүрлі электронды құрылғыларды жылдам әрі оңай құруға арналған, ашық бастапқы коды бар платформа. Ол әртүрлі датчик арқылы қоршаған ортадан мәліметтер ала алады. Arduino – сыртқы құрылғылардың немесе аспаптардың контроллерлерінде пайдалануға арналған мамандандырылған микропроцессор. Atmega - микроконтроллері Ардуиноның миы болып саналады. Микроконтроллерде әр түрлі жадысы микропроцессор бар. Ал, енді Ардуиноның қолдары болып электрлік шығыстары болып саналады. Шығыстар сәйкесінше аналогты және сандық болады. Осы шығыстарға көптеген әр түрлі перифериялық құрылғылар жалғанып, басқарылады. Ардуиноға арналған бағдарлама кәдімгі C++ тілінде жазылады, байланыстағы кіріс және шығысты басқаратын, реттейтін оңай әрі түсінікті функциялармен толықтырылады. Платадағы микроконтроллер Ардуино бағдармалау тілі арқылы бағдармаланады. Бағдарламалауды жүзеге асыру үшін арнайы программатор қажет етілмейді, бағдарлама USB порты

арқылы енгізіледі. Ардуиноның процессорына берілген алгоритм бойынша жасаған құрылғыны реттеуге болатын бағдарламаны жүктеуге болады. Осылайша, ардуино арқылы өз ойымыздан, өз қолымызбен саны шексіз бірегей гаджеттер, роботтар, әртүрлі құрылғылар жасауға болады. Ардуиноның ерекшелігі дәнекерлейтін аспапты қажет етпейді, яғни, ол дегеніміз арнайы жалғастырғыш, қосқыш және орам арқылы кез келген құрылғыны дәнекерлемей-ақ ыңғайлы түрде жылдам жинақтауға болады. Ардуиноның тағы бір ерекшелігі shields немесе «шилд» деп аталатын кеңейту платасының болуы. Ол Ардуино бетіне киілетін және оған жаңа мүмкіндіктер беретін қосымша платалар. Мысалы үшін, мынадай кеңейту платалары бар: Ethernet Shield – бұл жергілік желіге және интернетке қосылу үшін, Motor Shields – әртүрлі қуатты қозғалтқыштарды басқару үшін, GPS модуль – спутниктен уақытты және орналасу нүкте жөнінде ақпарат алу үшін және тағы басқалары.



2.1 Сурет – Arduino Uno платасының элементтері

Arduino Uno – базалық Ардуино платформасындағы ең танымал нұсқасы. Платада ATmega328 микроконтроллері орналасқан, ол программаларға арналған 2 кб оперативті жады, 32 кб флэш жадысы бар. Компьютерген жалғағыш USB порты бар, сол қорек көзі болып табылады. 14 сандық кіріс-шығыс порты және 6 аналогты порты бар. 4 светодиода бар: 1- қорек көзінің индикаторы, 2- L 13 портқа қосылған, 3-4 RX және TX тізбектелген порт арқылы мәліметтер алмасуға арналған. Сондай-ақ қайта жүктеуге арналған кнопкасы бар. Компьютерге жалғағанда арнайы программаторды қажет етпейді. Мұның артықшылығы болып негізгі платаны қосымша плата арқылы жалғап кеңейтілуі. [13]



## 2.2 Сурет – Arduino Uno платасының әртүрлі электронды құрылғылармен қосылу мүмкіндігі

Ардуино және оның типтерінде дайын электронды блок және бағдарламалық қамтамасыз етіп тұратын жиынтықтар бар. Мұндағы электрондық блок – оның жұмысы үшін қажет микроконтроллер және элементтердің ең аз жиынтығы бар тізбек тақта. Шын мәнісінде Ардуино блогы қазіргі компьютер аналық тақтасының аналогы болып табылады. Ол сыртқы құрылғыларға арналған қосқыштарды, сондай-ақ компьютерге қосылу үшін қосқышы бар, сол арқылы микроконтроллерді бағдарламалау жүзеге асырылады. Atmel фирмасының ATmega микроконтроллерін пайдаланудың ең тиімді жағы бағдарламалау үшін арнайы программатор қолданылмайды. Жаңа электронды құрылғыны жасау үшін бар болғаны Ардуино тақтасы, кабельдік байланыс және компьютер болса жеткілікті. Жобаның екінші бөлігі басқару бағдарламаларын жасау үшін Ардуино бағдарламасы болып табылады. Бағдарламалау тілі аралас C/C++ тілдерін алмастыра алатын қарапайым тілдерді біріктіре алды. Сондықтан Ардуино тақтасымен жұмыс жасау үшін бар болғаны C/C++ тілдерінің негіздерін білу қажет. Ардуиноға арналып әртүрлі құрылғылармен жұмыс жасай алу үшін кодтардан тұратын көптеген кітапханалар жасалынды[14].

### ATmega328 микроконтроллері

Arduino Uno платформасының жүрегі болып 8-биттік AVR микроконтроллерінің тұқымдасы — ATmega328 микроконтроллері болып табылады.

### ATmega16U2 микроконтроллері

ATmega16U2 микроконтроллері – ATmega328 микроконтроллері және компьютердің USB-порт арасындағы байланысты қамтамасыз етеді. Arduino Uno микроконтроллерін дербес компьютерге қосқанда виртуальды COM-порт



болып анықталады. 16U2 микросұлбасын енгізу үшін USB-COM стандартты драйверін қолданады, сондықтан сыртқы драйверлерді орнату қажет етілмейді.

#### Қорек көзі пиндері

- VIN:Сыртқы қорек көзі кернеуі (USB-ден келген 5 В және басқа да тұрақтандырылған кернеумен байланысты емес). Егер құрылғыға сыртқы адаптер қосылған болса, онда бұл шығыс арқылы қорек көзін таратуға және тоқты тұтынуға болады.
- 5V:Платаның тұрақтандырғышынан бұл шығысқа 5 В кернеу келіп түседі.Бұл тұрақтандырғыш ATmega328 микроконтроллерінің қорек көзін қамтамасыз етеді. Құрылғыны 5 В шығыс арқылы қоректендіру ұсынылмайды, бұл жағдайда кернеу тұрақтандырғыш қолданылмайды, яғни, плата істен шығады.
- 3.3V:Платаның тұрақтандырғышынан 3,3 В. Шығыстың максимальды тоғы— 50 мА.
- GND: Жерлендіру шығысы.

IOREF: Бұл шығыс кеңейту платаларына микроконтроллердің жұмыс істеу кернеуі туралы ақпаратты жеткізеді. Кернеуге байланысты кеңейту платасы сәйкес қорек көзіне ауысуы немесе түрлендіру деңгейінде жұмыс істеуі мүмкін. Түрлендіру деңгейі дегеніміз құрылғының 5В және 3,3 В жұмыс істеу мүмкіндігі

#### 2.1-кесте – Светодиодтық индикация

Светодиод аты	Тағайындалуы
RX және TX	Arduino Uno және дербес компьютер арасындағы ақпарат алмасуы кезінде жанып өшеді.
L	13-ші шығыстың светодиоды.HIGH мәнін жібергенде светодиод жанады, LOW мәнін жібергенде өшеді.
ON	Платаның қорек көзі индикаторы.

#### Кіріс/шығыс порттары

- Сандық кірістер/шығыстар:0-13 пиндері Бірдің логикалық деңгейі — 5 В, нөлдікі — 0 В. Шығыстың максимальды тоғы— 40 мА. Бұларға резисторы жалғанған, қалыпты жағдайда олар өшірілген, бірақ бағдарлама бойынша қосылуы мүмкін.
- ЕИМ(ендік-импульс модуляциясы):3, 5, 6, 9, 10 және 11 пиндері 8-биттік аналогты мәндерді ЕИМ-сигнал түрінде көрсетуін рұқсат етеді.
- АСТ(аналогты-сандық түрлендіргіш): А0-А5 пиндері 6 аналогты кірістер, бұлардың әрқайсысы аналогты кернеуді санның 10-биттік (1024 мағына) түрінде көрсете алады.
- TWI/I<sup>2</sup>C:SDA және SCL пиндері перифериямен 2 сым арқылы синхронды түрде ақпарат алмасу. Мұнымен жұмыс жасау үшін Wire кітапханасын пайдалану керек.SPI:10 (SS), 11(MOSI), 12(MISO),

13(SCK) пиндері. Бұл пиндер арқылы SPI интерфейсі бойынша байланыс жүзеге асады. Мұнымен жұмыс жасау үшін SPI кітапханасын пайдалану керек.

- UART:0(RX) және 1(TX). Бұл шығыстар, сәйкесінше, ATmega16U2 микроконтроллерінің шығыстарымен жалғанған, USB-UART түрленуін орындайды. Ардуино платасының компьютермен немесе басқа да құрылғылармен байланысы үшін қолданылады.

USB Type-B жалғағышы

USB Type-B жалғағышы Arduino Uno платасын компьютер көмегімен жазуға(прошивка) арналған.

Сыртқы қорек көзіне арналған жалғағыш

Сыртқы қорек көзі 7 В-тен 12 В-ге дейін қосуға арналған жалғағыш.

ATmega328P микроконтроллеріне арналған ICSP-жалғағыш

ICSP-жалғағышы ATmega328P микроконтроллерін ішкі сұлбалық бағдарламалауға арналған.SPI кітапханасын пайдалану арқылы шығыстар кеңейту платасымен SPI интерфейсі бойынша байланыс орын алады.

ATmega16U2микроконтроллеріне арналған ICSP-жалғағыш

ICSP-жалғағышы ATmega16U2 микроконтроллерін ішкі сұлбалық бағдарламалауға арналған.

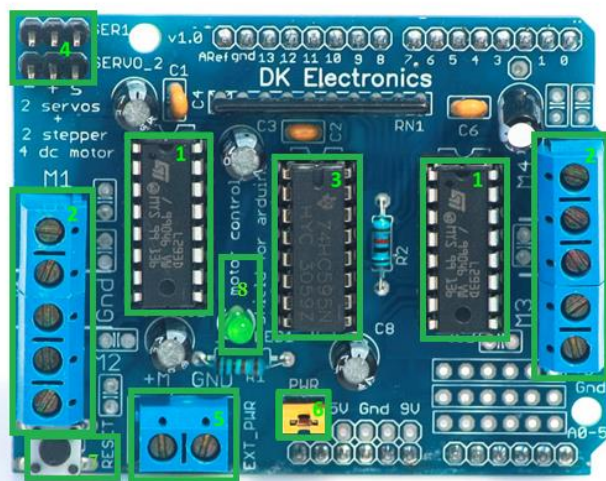
Сипаттамалары

- Микроконтроллер: ATmega328
- Тактілік жиілігі: 16 МГц
- Логикалық деңгей кернеуі: 5 В
- Қорек көзінің кіріс кернеуі: 7–12 В
- Кіріс-шығыс порттарының жалпы саны: 20
- Кіріс-шығыс пиндерінің максимальды тоғы: 40 мА
- 3.3V пинінің максимальды шығыс тоғы: 50 мА
- 5V пинінің максимальды шығыс тоғы: 800 мА
- ЕИМ қолдауы бар порт саны: 6
- АСТ порт саны: 6
- АСТ разрядтылығы: 10 бит
- Flash-жадысы: 32 КБ
- Оперативтіжадысы: 2 КБ
- Габариттері: 69×53 мм

## 2.2 Motor Shield платасы

Motor Shield — бұл Ардуиноға арналған кеңейту кеңейту платасы. Бұл 4 каналы бар тұрақты тоқ қозғалтқышының айналу бағытын басқаратын, реттейтін плата. Ардуинода орналасқан микроконтроллер өзінің сандық шығыстарындағы үлкен жүктемемені басқара алмайды. Микроконтроллер аядақтарындағы максимальды мүмкін болатын шығыс тоғы – 40 мА. Үлкен жүктемені басқару үшін арнайыланған құрылғы бар. Осындай құрылғыға

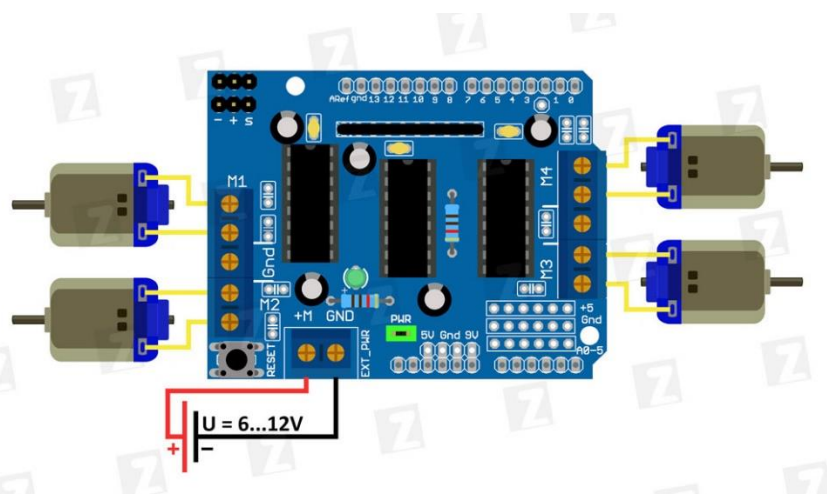
Мотор шилд жатады. Ол кернеуі 5-24 В және каналдағы максимальды тоғы 2 А-ге дейін жұмыс жасайды[15].



2.3 Сурет – Motor Shield L293D платасының негізгі элементтері: 1-микросұлба L293D; 2-бес пині бар жалғағыш; 3-ығысу регистрі 93DN8WY; 4-сервожетек қосылатын жалғағыш; 5-джампердің тұйықталу қорек көзі; 6-сыртқы қорек көзі; 7-қалпына келтіру түймесі; 8-қосылу индикаторы;

Motor Shield L293D – бұл плата бір мезетте Ардуиноға 4 коллекторлы тұрақты тоқ қозғалтқыштарын немесе екі биполярлы адымдаушы қозғалтқыштарды қосуға мүмкіндік береді. Сондай-ақ платада 2 сервожетектерді қосуға мүмкіндік беретін жалғағыштар бар.

Мотор шилдтің бортында 2 L293D микросұлбасы(1) бар. Ол каналдағы 600 мА тұтынатын қозғалтқышты басқаруға мүмкіндік береді. Бес пині бар 2 каналға 4 қозғалтқышты (M1, M2, M3, M4) жалғауға болады, олардың әрқайсысындағы ортаңғы пин жерлендірумен жалғанған. L293D микросұлбасы 4 коллекторлы тұрақты тоқ қозғалтқыштарын немесе екі биполярлы адымдаушы қозғалтқыштарды қосуға мүмкіндік береді. Айналу бағытына(IN1, IN2, IN3, IN4) жауап беретін L тікелей шығысын басқару үшін 4 шығыс қажет, ал бізде сұлбада L саны екеу, сондықтан екі 2 L микросұлбасы үшін 8 шығыс қажет. Платада басқару шығыстарын азайту үшін ығысу регистрі 93DN8WY орналасқан(3). Регистрдің арқасында 8 пинді басқару 4 пинге азаяды. Сондай-ақ платада сервожетектерді қосуға арналған жалғағыштар(4) орналасқан. Сервожетектерді басқару Servo.h стандартты кітапханасы арқылы жүзеге асырылады. Платаны қоректендіру джампер арқылы тұйықталу(5) және сыртқы қорек көзі(6) арқылы жүзеге асады. Сыртқы қорек көзі көмегімен қозғалтқышты қоректендіру үшін ол ардуиноның Vin шығысы арқылы жалғанады. Джампер арқылы тұйықталу кернеуі 6-12 Вольт аралығында болуы керек.



2.4 Сурет – Motor Shield L293D платасына 4 коллекторлы тұрақты ток қозғалтқыштарының қосылу сұлбасы

Мотор шилдтің кемшілігі ретінде оның іс жүзінде барлығына дерлік сандық пиндерді қолдануы:

Қозғалтқыштың айналу жылдамдығына жауап беретін шығыстар:

11-ші сандық шығыс- DC Мотор №1

3-ші сандық шығыс- DC Мотор №2

5-ші сандық шығыс- DC Мотор №3

6-шы сандық шығыс- DC Мотор №4

Қозғалтқыштың айналу бағытына анықтауға жауап беретін шығыстар:

4-ші, 7-ші, 8-ші және 12-ші сандық шығыстар

Сервожетектерді басқаруға арналған шығыстар (платаның шетіндегі түйреуіштер):

9-шы сандық шығыс - сервожетек №1

10-шы сандық шығыс- сервожетек №2

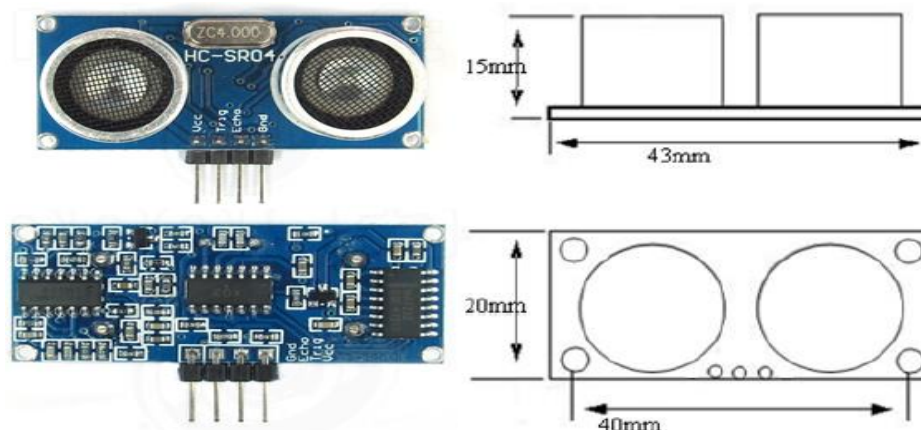
Нәтижесінде қолданылмаған шығыс болып 2-ші, 13-ші және UART-0, 1 интерфейс пиндері қалады. Сонымен қатар қолданылмаған пиндер болып аналогты А0-А6 кірістері қалды. Бұларды сандық шығыс ретінде де қолдануға болады. Бірақ, олар сандық ретінде 14-тен 19-ға дейін болып жазылады. Ардуиноға киілгеннен кейін Мотор шилдпен жұмыс жасау үшін AFMotor.h кітапханасы қажет[16].

### 2.3 Ультрадыбыстық датчик HC-SR04

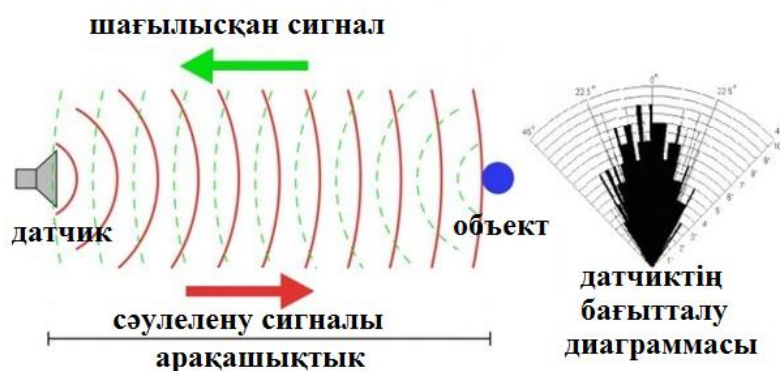
Ультрадыбыстық датчик – электр энергиясын ультрадыбыстық толқындарға түрлендіретін сенсорлы құрылғы. HC-SR04 модулі қандай да бір объектке дейінгі қашықтықты анықтау үшін акустикалық сәулеленуді пайдаланады. Байланыссыз бұл датчик жоғары дәлдікті және тұрақты өлшеуді қамтамасыз етеді. Қашықтық өлшеу диапазоны 2-400 см аралығы. Датчиктің қашықтық өлшеп көрсетуіне күн сәулесі және ешқандай электромагниттік шу әсер етпейді.

HC-SR04 техникалық сипаттамалары

- Қорек көзі кернеуі: +5В – тұрақты ток;
- Қалыпты жағдайдағы ток күші: < 2 мА;
- Жұмыс істеуі кезіндегі ток күші: 15 мА;
- Өлшеу арақашықтығы: 2 см-ден 400 см-ге дейін (1 – 13 дюймов);
- Рұқсат етілу қабілеті: 0.3 см;
- Өлшеу бұрышы: 30 градусов;
- Өлшемі: 40 мм x 20 мм x 15 мм.



2.5 Сурет – Ультрадыбыстық датчик HC-SR04 және оның өлшемі



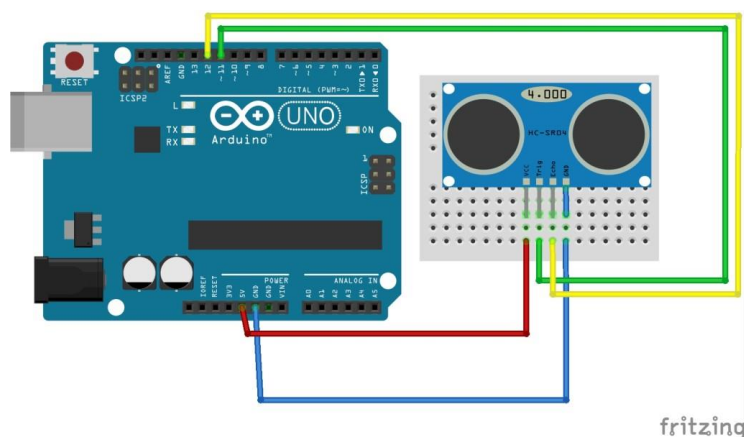
2.6 Сурет – Датчиктің жұмыс істеу принципі

HC-SR04 датчигі 40 кГц жиілікте қысқа бағытталған сигналды тудырады және шағылысқан сигналды(эхo) қабылдайды. Дыбысты уақыт бойынша объектке дейін және артқа қайтадан таратып объектке дейін қашықтықты анықтайды.

Пиндері:

- VCC: +5 вольт (тұрақты ток)
  - Trig : Триггер (INPUT)
  - Echo: Эхо (OUTPUT)
  - GND: Жерлендіру
- HC-SR04 датчигінің Ардуиноға қосылуы

Бұл мысалда ультрадыбыстық датчик HC-SR04 арақашықтықты анықтайды және алынған мәндерді Arduino IDE ортадағы сериялық монитор терезесінде көрсетед. Бұл мысал арқылы ультрадыбыстық датчиктің жұмыс істеу принципін түсіну болып табылады.



2.7 Сурет – HC-SR04 датчигінің Ардуиноға қосылуы

#### 2.4 Tower Pro SG90 сервожетегі

Сервожетек – берілген бұрышқа бұрылатын редукторы бар электрқозғалтқыш. Сервожетек(қадағалағыш жетек) – теріс кері байланыс арқылы басқарылатын жетек, қозғалу параметрлерін нақты басқаруға мүмкіндік беретін құрылғы. Сервожетектер өлшемі, бұрылу бұрышы, бұрылу жылдамдығы, сапасы бойынша бөлінеді.



2.8 Сурет – Tower Pro SG90 сервожетегі

Сипаттамалары:

- жұмыс істеу кернеуі: 3.5-8.4 В;
- бұрылу бұрышы: 180 град;
- бұрылу жылдамдығы (4.8 В, жүктемесіз): 0.12 сек (60 град);
- білекке күш салу (4.8 В, 1 см): 2 кг;
- өлшемі, см: 3.3x3x1.3;



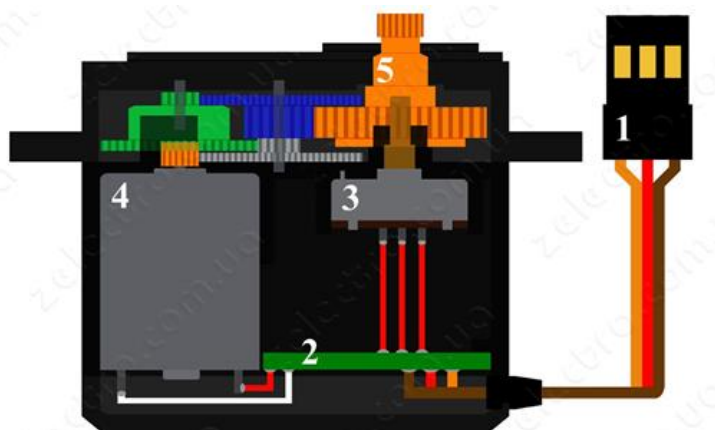
- жұмыс істеу температурасы: -30 +60 С;
- басқарылуы: 3 өткізгіш
- салмағы: 9 грамм.

Сервожетекті 3 бөлшекке бөліп қарастырайық: қозғалтқыш, редуктор, басқару платасы.

Қозғалтқыш — қарапайым кішкентай қозғалтқыш, екі бағытта да тұрақты түрде үлкен жылдамдықпен айналады.

Редуктор — тісті доңғалақтардың механикалық блогы. Ол қозғалтқыштың айналу жылдамдығын баяулатады және сыртқы білекке айналуы жібереді. Сондай-ақ редукторда максимальды бұрылу бұрышын шектейтін сұққыш бар[18].

Басқару платасы — кіріс басқару пәрмендерін басқарылатын сигналға түрлендіреді. Ол өз кезегінде қозғалтқышты қорек көзіне қосады (оңға немесе солға айналу үшін). Ағымдағы біліктің бұрылу бұрышын анықтау үшін редукторға айнымалы резистор жалғанған. Плата айнымалы резистор көрсеткішін оқиды және оны пәрмен мәнімен салыстырады да, айырмашылығын есептейді және қозғалтқыштың қай бағытта айналатынын анықтайды.



2.9 Сурет – Сервожетектің ішкі құрамы: 1-Қосылуға арналған біріктіргіш; 2 – Сигналдарды өңдеу, сервожетектерді басқару сұлбасы; 3 – Потенциометр; 4 – Қозғалтқыш; 5–Білік;

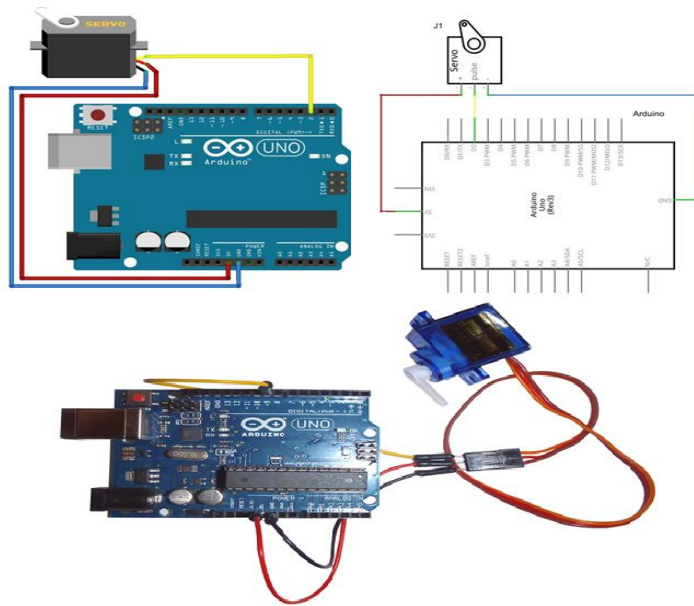
Сервожетек қосылу пиндері:

Қоңыр өткізгіш – Жерлендіру ( Ground, Arduino платасындағы GND пиніне қосылады)

Қызыл өткізгіш – +5 V қорек көзі (5V Arduino платасындағы 5V пиніне қосылады)

Сары өткізгіш – Басқару сигналы (Arduino платасындағы сандық пиннің біріне қосылады)



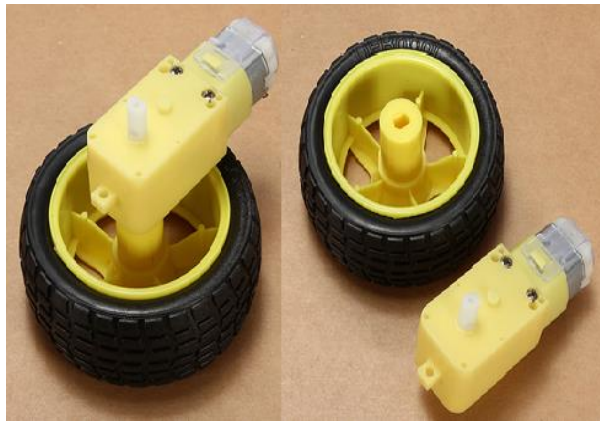


2.10 Сурет – Сервожетектің Ардуиноға қосылу сұлбасы

Бұл сұлбаға стандартты скетчті қолдансақ болады:Файл -> Примеры ->Servo->Sweep

Бұл стандартты кітапхананы ашқаннан кейін әдеттегідей пікірлерді алып тастаймыз, сонымен қатар бастапқы орнын 1-ге ауыстырдым 1 (int pos = 1;), себебі 0 орналасқан жерінде менің сервожетегім шиқылдайды. Берілген скетч SG90 сервожетегін ары-бері қозғалуын мәжбүр етеді. Бағдарламаның ең басына "Servo.h" кітапханасын қосамыз. Ол Ардуиноның стандартты кітапханасы болғандықтан ол IDE Arduino\libraries\ папкасында сақталған.

Тұрақты ток қозғалтқыштары (DC motor) – тұрақты ток электр энергиясын механикалық энергияға айналдыратын машина болып табылады. Көп жағдайда ең қарапайым электрқозғалтқыштары болып табылады. Статорда магниттер болады және магнит ағыны бар роторда орамдар болады, олар өз кезегінде ток күші түскенде ғана жұмыс жасайды. Сонымен қатар мотордың ішінде ротор қозғалуға мәжбүрлейтін шөткелер бар. Қорек көзінен тұрақты ток қозғалтқыштарын қолданғанда оларды басқару үшін ештеңенің қажеті жоқ. Олардың айналу жылдамдығы оған түскен ток күшіне байланысты. Тұрақты ток қозғалтқышының кері бағытта айналуын қамтамасыз ету үшін олардың қорек көзінен келген контактілерде керісінше қосу керек. [17]



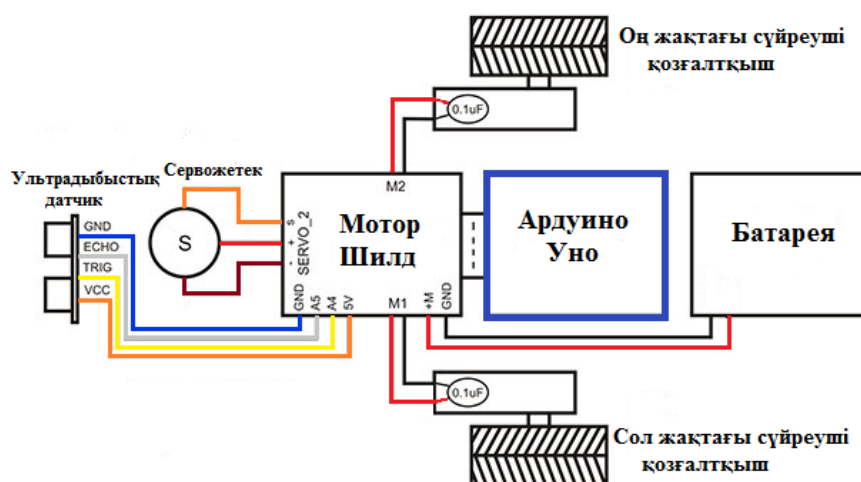
2.11 Сурет – Дөңгелегі және редукторы бар DC Motor

Робот модельдеріне және автокөлікке арналған дөңгелегі және редукторы бар тұрақты тоқ электрқозғалтқышы.

Сипаттамасы:

- Жұмыс істеу кернеуі: 6V
- Тоқ күші: <240mA
- Тарту салмағы: 0.8kg
- Жұмыс істеу кернеуі: 3V
- Тоқ күші: <160mA
- Тарту салмағы: 0.35kg
- Масштаббы: 1:48
- Ортаңғы тесігі: 5.3\*3.66 мм/0.2\*0.14
- Дөңгелек өлшемі: approx.66 \* 26 мм/2.59\*1.02

Джампер (жалғастырғыш) – ардуино мен бредбордты қосқыш өткізгіштер(папа+папа, мама+папа, мама+мама)[21].



2.12 Сурет – Екі дөңгелекті мобильді роботтың құрылымдық сұлбасы



2.13 Сурет – Екі дөңгелекті мобильді роботқа керекті негізгі материалдар



2.14 Сурет – Екі дөңгелекті мобильді роботқа керекті қосымша материалдар

## 3 БАҒДАРЛАМАЛЫҚ БӨЛІМ

### 3.1 Ардуино бағдарламалау тілі

Бұл бөлімде құрастырылған роботты бағдарламалық қамтамасыз етеміз. Жалпы қандай да робот жасалса, оның қозғалысы тікелей жазылған бағдарламасына байланысты болады, яғни, ол дегеніміз біз бағдарламаны қалай жазсақ, сәйкесінше, роботымыздың қозғалысын солай басқарамыз. Ардуиноға арналған бағдарлама кәдімгі C++ тілінде жазылады, байланыстағы кіріс және шығысты басқаратын, реттейтін оңай әрі түсінікті функциялармен толықтырылады. Платадағы микроконтроллер Ардуино бағдарламалау тілі арқылы бағдармаланады.

### 3.2 Бағдарламадағы негізгі функциялар мен командалар

`include`(енгізу) – берілген файлдың ішіндегі бағдарламаны қосатын директива(нұсқау). Қандай да бір кітапхананы қосуға мүмкіндік береді. Кітапхананың ішінде функциялардың сипатталуы сақталады. Файлдың аты <> жақшаға алынып жазылады. Бұл директива компиляторға қандай да бір кітапхананы қосуын бағыттайды.

`define` – бағдарлама мәтініндегі символдардың тізбектелуін анықтайды. Бұл директива барлық файл бойынша жол бойынша ауыстыру үшін қолданады.

`void` – кілт сөзі егерде функцияны шақырғанда ешқандай мән қайтарылмағанда, яғни, функцияны жариялағанда қолданылады

`setup` – скетч басталғанда шақырылатын функция. Шығыстарды орнату үшін, шығыстардың жұмыс істеу режимдерін анықтау үшін қолданылады. Әрбір қорек көзі жіберілгеннен кейін және Ардуино платасы қалпына келтірілген кезде `setup` функциясы бір-ақ рет іске қосылады.

`loop` – функциясы шақырылған кезде бастапқы мәндерді дәлме-дәл орнатып, белгілі бір циклде айналады. Программаға есептеулерді орнату және оларға жауап береді. Оны Ардуино платасын белсенді басқару үшін пайдаланады.

`pinMode` – берілген сандық кіріс/шығыс(`pin`) жұмыс істеу режимдерін орнатады. `pin`: орнатылатын кіріс/шығыс(`pin`) нөмірі. `mode`: INPUT немесе OUTPUT сәйкесінше, кіріске немесе шығысқа орнатылатын режим мәндері.

`digitalWrite` – HIGH немесе LOW мәндерін сандық кіріс/шығысқа (`pin`) береді. HIGH – ток береді(5В), LOW – өшеді(0В).

`delay` – программаның орындалуын миллисекунд уақыт аралығында тоқтатады. (1000 миллисекунд - 1 секунд).

`serial` – функциясының жиынтығы Ардуиноның компьютермен немесе басқа да құрылғылармен байланысу үшін қолданылады, ақпарат алмасу үшін тізбектелген интерфейсі бар. Ардуиноның барлық платалары кем дегенде бір тізбектелген порты бар (UART, кейде USART деп атайды). Ақпараттар алмасу

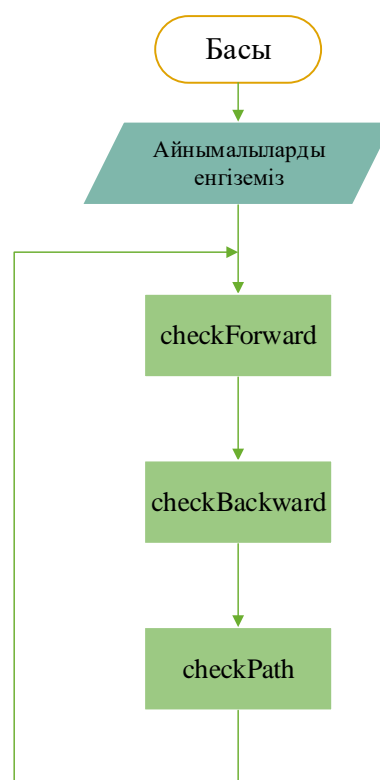
үшін Serial кіріс/шығыс 0 (RX) және 1 (TX), сонымен қатар USB сандық порттарын қолданады[19].

serial.begin – тізбектелген жалғану бастама қылып және ақпараттар берілу жылдамдығын сұрайды бит/с (бод). Компьютермен ақпараттар алмасу үшін келесі мәндердегі: 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 немесе 115200 жылдамдықтар қолданылады.

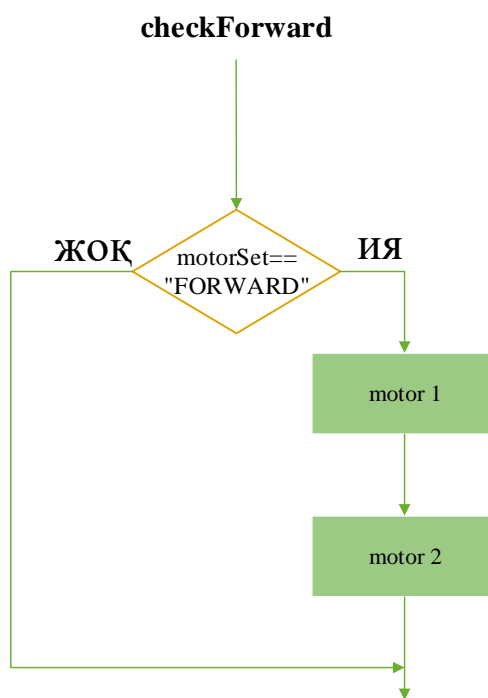
checkForward – мобильді роботтың алдыға немесе алдыға емес жүруін тексереді.

checkPath – мобильді роботтың қайда баруын тексереді[20].

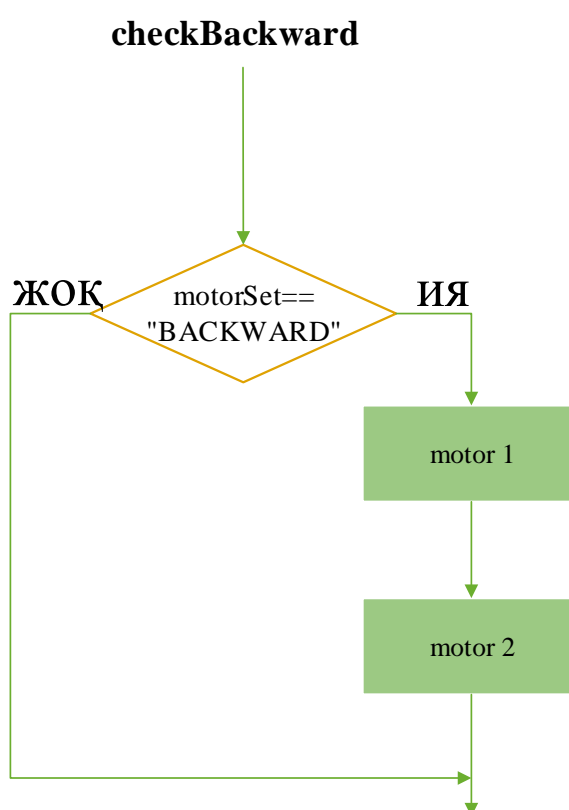
### 3.3 Мобильді роботтың блок-сұлбасы



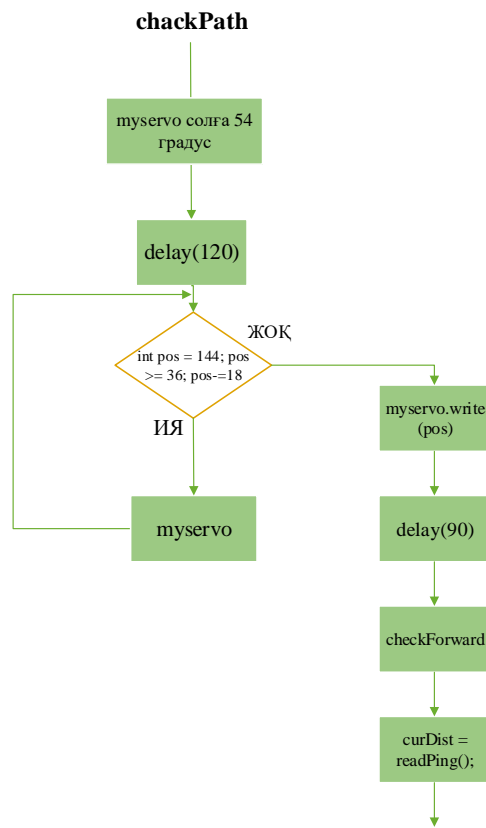
3.1 Сурет – Мобильді роботтың жүру алгоритмінің алғашқы блогы



3.2 Сурет – Мобильді роботтың алдыға жүру алгоритмі

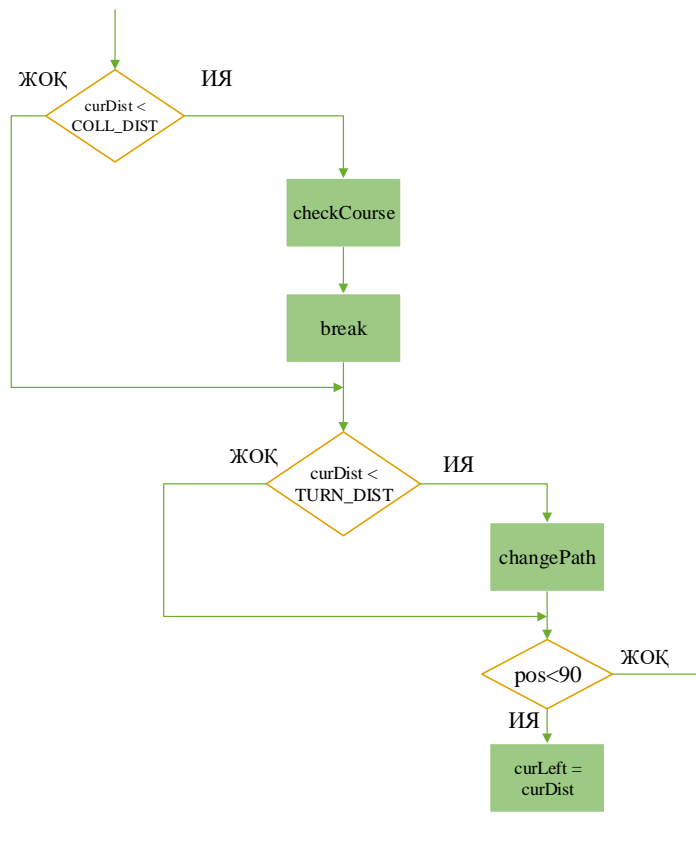


3.4 Сурет – Мобильді роботтың артқа жүру алгоритмі



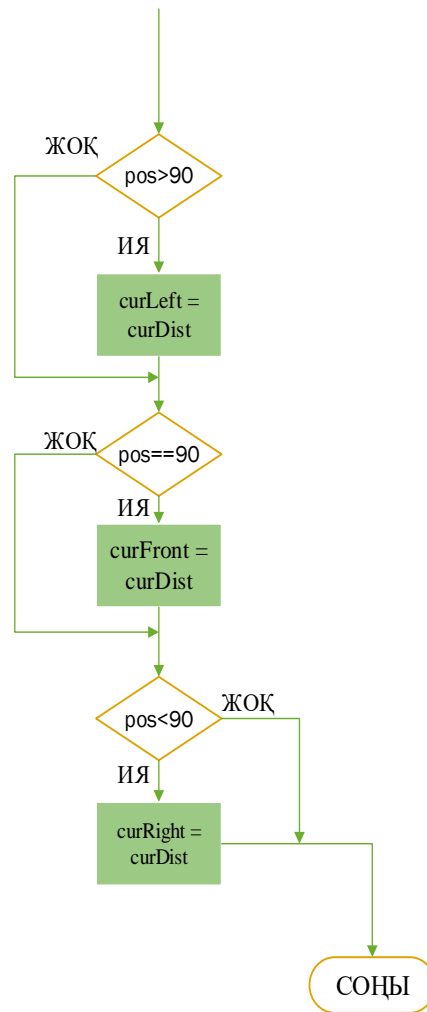
3.4 Сурет – Мобильді роботтың қайда баруын тексеретін алгоритм

**checkPath функциясының жалғасы**



3.5 Сурет – Мобильді роботтың қайда баруын тексеретін алгоритм





3.6 Сурет – Мобильді роботтың соңғы алгоритмі

## ҚОРЫТЫНДЫ

Сонымен бұл дипломдық жұмыста қазіргі кезде қолданыста бар мобильді роботтарға анализ жасалды. Сонымен қатар екі дөңгелекті мобильді робот құрастырылып, оның артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Жасалған екі дөңгелекті мобильді роботты бағдарламалық қамтамасыз еттім. Мобильді роботтың қозғалуын басқаратын алгоритмді блок-сұлба түрінде көрсетілді. Қазіргі заманғы ғылым мен техниканың дамуы өнімділікті арттыратын және адамдардың еңбегін жеңілдететін жаңа машиналар мен манипуляциялық роботтарды құрумен тікелей байланысты. Робот – адамның қозғалғыштық және интеллектуалдық функцияларын қайталайтын қайта программаланатын автомат. Роботтың сипаттамалық қасиетіне – қайта программалаудан басқа манипуляциялық әрекеттерді орындау, яғни, кеңістікте берілген программа бойынша объектіні манипуляциялау жатады. Қорытынды негіздері роботтардың қозғаласында қандай да бір тәсілінің басты қозғалыс ретінде танылғанын көрсеткен жоқ. Ұтқырлық немесе мобилділік белгілі бір жағдайларда қозғалыс үшін ең қолайлы болып табылады.

«Еңбек өнімділігін айтарлықтай арттыру керек. Бұл жерде негізгі фактор өнеркәсіптік революция элементтерін жаппай енгізу болуға тиіс. Бұл – автоматтандыру, роботтандыру, жасанды интеллект «ауқымды мәліметтер» алмасу, тағы басқа міндеттер», - деген болатын елбасымыз Н.Назарбаев өзінің тың «Қазақстанның үшінші жаңғыруы: жаһандық бәсекеге қабілеттілік» атты жолдауында расымен де, қазірде елімізде роботтандыру процесінің қажеттілігі жоғары екендігін атап көрсетті.

Сонымен алгоритмнің түрлеріне анықтама беріліп, мобильді роботтың кинематикалық моделі қарастырылды. Екі дөңгелекті мобильді роботтың қандай материалдардан тұратыны және оның құрастырылуы қарастырылды. Аталған әрбір элементке сипаттама беріліп, олардың жұмыс істеу принциптері анықталып, әрбір қондырғының принципіалды сұлбалары қарастырылып, артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілген. Құрастырылған роботты бағдарламалық қамтамасыз етілуі қарастырылды. Сондай-ақ мобильді роботтың қозғалуын басқаратын алгоритмді блок-сұлба түрінде көрсетілді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Д. Крейг Введение в робототехнику. Механика и управление. Изд-во Институт Компьютерных исследований, 2015. – 564 с.
2. Основы теории исполнительных механизмов шагающих роботов. Ковальчук А.К., Кулаков Д.Б., Кулаков Б.Б., [и др.] М.: Изд-во "Рудомино", 2014., 170 с.
3. В.А. Иванов, В.С. Медведев Математические основы теории оптимального и логического управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 600 с.
4. Сербенюк Н. С. Классификация мобильных роботов // Доклады научной конференции «Мобильные роботы и мехатронные системы» (Москва, 2-3 декабря 2012г.).-М.: Изд-во Института механики МГУ, 2015г 50-55с.
5. Бербюк, В. Е. Кинематика и оптимизация робототехнических систем / В.Е. Бербюк. - М.: Наукова думка, 2014. - 192 с.
6. Крейг, Джон Введение в робототехнику. Механика и управление / Джон Крейг. - М.: Институт компьютерных исследований, 2017. - 564 с.
7. Перспективные направления развития информационно-коммуникационных технологий. - М.: Научная книга, 2017. - 272 с.
8. Тывес, Л. И. Механизмы робототехники. Концепция развязок в кинематике, динамике и планировании движений / Л.И. Тывес. - М.: Ленанд, 2014. - 208 с.
9. Форд, Мартин Роботы наступают. Развитие технологий и будущее без работы: моногр. / Мартин Форд. - М.: Альпина нон-фикшн, 2016. - 430 с.
- 10.Хиросэ, Шигео Мобильные роботы и манипуляторы / Шигео Хиросэ. - М.: Институт компьютерных исследований, 2014. - 256 с.
- 11.Есжанов, Ж.Қараев, Б.Нақысбеков, Е.Жолымбетов «Алгоритмдеу және ЭЕМ» - Алматы: «Рауан», 2015.
- 12.О. Камардинов «Есептеуіш техника және программалау» Алматы, 2017ж
- 13.Лапчик М.П. Вычисления. Алгоритмизация. Программирование: Пособие для учителя.-Москва. Просвещение, 2014г
- 14.Нақысбеков Б.Қ., Балапанов Е.Қ., Халықова К.З., Даулетқұлов А.Б. «С++ тілінің негіздері» Оқу құралы. Алматы, Рауан, 2014ж
- 15.<http://arcmag.com/arduino-masterclass-part-4-build-a-mini-robot.htm/>
- 16.<http://wiki.amperka.ru/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B:arduino-uno>
- 17.<http://arduino-diy.com/arduino-ultrazvukovoy-datchik-rasstoyaniya>
- 18.<http://amperka.ru/product/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module>
- 19.[http://1injener.ru/category/1arduino-project/servoprivod\\_sg90\\_arduino\\_podklyuchenie\\_180\\_gradusov.html](http://1injener.ru/category/1arduino-project/servoprivod_sg90_arduino_podklyuchenie_180_gradusov.html)
- 20.<http://coolcode.ru/arduino-upravlenie-servoprivodom-na-primere-sg90/>

### 3.4 Мобильді роботтың бағдарламасы

```
#include <AFMotor.h>
#include <Servo.h>
#include <NewPing.h> // кітапханаларын қосады
#define TRIG_PIN A4 // Ультрадыбыс датчикке A4 пинінің қосылуын анықтайды
#define ECHO_PIN A5 // Ультрадыбыс датчикке A5 пинінің қосылуын анықтайды
#define MAX_DISTANCE 1000 // 1000 см-ге датчиктің максималды мүмкін
    болатын өлшеу арақашықтығын орнатады.
#define MAX_SPEED 150 // тұрақты тоқ қозғалтқыштарының жылдамдығын
    (150/256 немесе 60%) орнатады.
#define MAX_SPEED_OFFSET 3 // екі тұрақты тоқ қозғалтқышының
    айырмашылығын ескеру үшін ауыстыру(смещение) орнатады
#define COLL_DIST 20 // робот тоқтайтын және 10см-ге бұрылатын қашықтықты
    орнатады
#define TURN_DIST COLL_DIST + 10 // роботтың объектке жетпей бұрылатын
    қашықтық орнатады 20см-ге дейін(10+10 артқа емес)
NewPing sonar(TRIG_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE_POSSIBLE); //
    арақашықты өлшеу үшін дұрыс шығыс таңдау үшін датчиктерге кітапханалар
    орнатады.
AF_DCMotor leftMotor(4, MOTOR12_8KHZ); // Motor Drive Shield шинасының M4
    шығысын пайдаланып, №1(сол) қозғалтқыш және оған 8кГц жиілікті ендік
    импульстік модуляциясын орнатамыз
AF_DCMotor rightMotor(3, MOTOR12_8KHZ); // Motor Drive Shield шинасының M3
    шығысын пайдаланып, №2(оң) қозғалтқыш және оған 8кГц жиілікті ендік
    импульстік модуляциясын орнатамыз
Servo myservo; // сервомеханизммен басқару үшін серво объект құрамыз
Int pos = 0; // кодтарда қолданылатын айнымалыларды орнатамыз
    Int maxDist = 0;
    Int maxAngle = 0;
    Int maxRight = 0;
    Int maxLeft = 0;
    Int maxFront = 0;
Int course = 0;
Int curDist = 0;
String motorSet = "";
Int speedSet = 0;

// ----- SETUP LOOP -----
-----
void setup () {
myservo.attach(10); // сервожетекті 10-шы контактіге бекітеді
myservo.write(90); // сервожетекке 90 градусқа орынға яғни алдыға қарауын
    хабарлайды
delay(2000); // 2 секунд тұрып қалу
    CheckPath (); // жолды тексеру үшін CheckPath деп аталатын ішкі бағдарламасын
    қосамыз
```

```

MotorSet = "FORWARD"; // айнымалысын орнатамыз
myservo.write(90); // сервожетектің әлі алдыға қарап тұрғанына көзімізді жеткіземіз
  moveForward(); // роботты алдыға жүруін мәжбүрлейтін функцияны қосамыз
}
void loop() {

void checkPath() // мүмкін болатын тосқауылды іздейтін ультрадыбысты датчикті
орнатамыз
{
int curLeft = 0;
int curFront = 0;
int curRight = 0;
int curDist = 0;
myservo.write(144); // сервожетекті солға қарай 54 градусқа орналастырамыз
  delay(120); // сервожетектің орынға жету үшін 120 миллисекінд күтеміз
  for(pos = 144; pos >= 36; pos-=18) // сервожетектің қозғалуы солдан-оңға қарай 144
градустан-36градуска дейін 18градустық интервалмен
  {
myservo.write(pos); // сервожетекке 'pos' айнымалы орнына жүруін хабарлайды
  delay(90); // орынға жету үшін 90 мс сервожетек үшін күтеді
  checkForward(); // роботтың әлі алдыға қарай жүргенін тексереміз
  curDist = readPing(); // датчик алдындағы қандай да бір объектке дейін ағымдағы
қашықтықты қабылдайды
  if (curDist < COLL_DIST) // егер де ағымдағы объектке дейінгі қашықтық соғысы
қашықтығынан кіші болса
  {
  checkCourse(); // бағытты тексеру функциясын қосамыз
  break; // бұл циклдан шығамыз
  }
  if (curDist < TURN_DIST) // егер де ағымдағы қашықтық бұрылу қашықтығынан
кіші болса
  {
  changePath(); // жолды өзгерту функциясын қосамыз
  }
if (curDist > curDist) { maxAngle = pos; }
if (pos > 90 && curDist > curLeft) { curLeft = curDist; }
if (pos == 90 && curDist > curFront) { curFront = curDist; }
if (pos < 90 && curDist > curRight) { curRight = curDist; }
  }
maxLeft = curLeft;
maxRight = curRight;
maxFront = curFront;
}

void setCourse() // қозғалу бағытын, объектке дейінгі көп қашықтық қай бағыт және
бұрылуын береміз
{
if (maxAngle < 90) { turnRight(); }

```

```

if (maxAngle > 90) {turnLeft();}
maxLeft = 0;
maxRight = 0;
maxFront = 0;
}

void checkCourse()// бос жол табу үшін артқа қарай жүру функциясы
{
moveBackward();
delay(500);
moveStop();
setCourse();
}
void changePath() {
if (pos < 90) {lookLeft();} //Егер датчиктің ағымдағы орны 90 градустан аз болса,
бұл дегеніміз объекттің оң жақта орналасқанын білдіреді, сол үшін солға
бұрылады.
if (pos > 90) {lookRight();} //Егер датчиктің ағымдағы орны 90 градустан көп болса,
бұл дегеніміз объекттің сол жақта орналасқанын білдіреді, сол үшін оңға
бұрылады.
}
int readPing() { // ультрадыбысты датчиктің арақашықтығын оқимыз
delay(70);
unsigned int uS = sonar.ping();
int cm = uS/US_ROUNDTRIP_CM;
return cm;
}
void checkForward() { if (motorSet=="FORWARD") {leftMotor.run(FORWARD);
rightMotor.run(FORWARD); } } //қозғалтқыштың алдыға жүргенін көз жеткіземіз

void checkBackward() { if (motorSet=="BACKWARD") {leftMotor.run(BACKWARD);
rightMotor.run(BACKWARD); } } //қозғалтқыштың артқа жүргенін көз жеткізу

void moveStop() {leftMotor.run(RELEASE);
rightMotor.run(RELEASE);} //қозғалтқыштарды тоқтатамыз

void moveForward() {
motorSet = "FORWARD";
leftMotor.run(FORWARD);
rightMotor.run(FORWARD);
for (speedSet = 0; speedSet < MAX_SPEED; speedSet +=2)//батареяның жылдам
жүктелуінен қашу үшін, ақырындап жылдамдықты арттырамыз
{
leftMotor.setSpeed(speedSet+MOTORS_CALIBRATION_OFFSET);
rightMotor.setSpeed(speedSet);
delay(5);
}
}

```

