

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

Болатбекова Динара Касымкалиқызы

Кедергіні айналып өтетін автоматтандырылған басқару жүйесі бар машинаны
жасау дипломдық жобасына
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

5B071600 – «Аспап жасау» мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

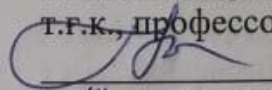
Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

РТЖАТҚ кафедрасының меңгерушісі

т.ғ.к., профессор

 Қ.А. Ожикенов

« 14 » маусым 2019 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: Кедергіні айналып өтетін автоматтандырылған басқару жүйесі бар машинаны жасау.

5B071600 – «Аспап жасау» мамандығы

Орындаған

Болатбекова Д.К.

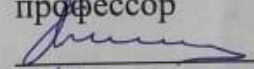
Пікір берген
PhD, доцент

 Балбаев Г.К.
« 17 » маусым 2019 ж.



Ғылыми жетекші

ф.-м.ғ.к., қауымдастырылған
профессор

 Бактыбаев М.К.
« 14 » маусым 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

т. ғ. к., профессор

 К.А.
Ожикенов

«17» мамыр 2019 ж.

Дипломдық жобаны орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушыға Болатбекова Динара Касымқалиқызы
Жобаның тақырыбы: Кедергінің айналып өтетін автоматтандырылған басқару жүйесі бар машинаны жасау
Университет Ректорының 2018 жылғы «06» қараша №1252-б бұйрығымен бекітілген.

Орындалған жобаны өткізу мерзімі «24» мамыр 2019 жыл

Дипломдық жобаның бастапқы мәліметтері: мобильді роботтардың навигациясымен танысу, мобильді робототехника саласы зерттелді. Кедергінің айналып өтетін автоматтандырылған басқару жүйесі бар машинаны жасалынады.

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

а) Жоспарланбаған кедергілер пайда болған кезде мобильді роботтың қозғалысымен жедел бейімделу алгоритмін әзірлеу;

б) Автоматты басқару жүйесін жобалаудың инженерлік әдістемесін және кешенді модельдеу үшін бағдарламалық камтамасыз етуді әзірлеу;

в) Кедергінің айналып өтетін автоматтандырылған басқару жүйесі бар машинаны құрастыру;

г) А Қосымшасы. Бағдарлама мәтіні;

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген) 12 слайд

Ұсынылған негізгі әдебиеттер 22 әдебиеттер тізімі

**Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескертулер
Пәндік саланы зерттеу және талдау	15.01 – 05.03.2019 ж.	орындай және
Технологиялық бөлім	06.03 – 10.04.2019ж.	орындай және
Конструкторлық бөлім	15.04 – 10.05.2019 ж.	орындай және

**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	Бигалиева Ж.С. техн. ғыл. магистрі, лектор	14.05.2019ж	

Ғылыми жетекші М. К. Бактыбаев
(КОЛЫ)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы Д. К. Болатбекова
(КОЛЫ)

Күні «17» Мамыр 2019 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жобада кедергіні айналып өтетін автоматтандырылған басқару жүйесі бар машинаны жасау қарастырылған.

Машина берілген траекториялар бойынша қозғалуға, қысқа маршрутты іздеуге, сондай-ақ кедергілерді айналып өтуге қабілетті. Атап айтқанда, екі дифференциалды жетектері және бір тірек дөңгелегі бар мобильді робот қарастырылады.

Жұмыс барысында траекторияны жоспарлау және екі дөңгелекті мобильді роботтың қозғалысын басқару жүйесі ретінде қолданылуы мүмкін бағдарламалық құралдар жиынтығы алынды. Кедергілерді айналып өтетін автоматты түрде басқарылатын машинаны бағдарламалық қамсыздандыру барысында Arduino бағдарламалау ортасы, C++ бағдарламалау тілі қолданылды.

Жұмыстың мақсаты интеллектуалды алгоритмді қолдану есебінен кедергілері бар жұмыс кеңістігіндегі мобильді роботтың физикалық қозғалысының тиімділігін арттыру болып табылады.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект предусматривает создание машины с автоматическим управлением с обходом препятствий.

Машина способна двигаться по заданным траекториям, искать короткий маршрут, а также обходить препятствия. В частности, рассматривается мобильный робот с двумя дифференциальными приводами и одним опорным колесом.

В процессе работы получен набор программных средств, которые могут быть использованы в качестве системы планирования траектории и управления движением двухколесного мобильного робота. При программном обеспечении машины с автоматическим управлением, обходя препятствия, использовалась среда программирования Arduino, язык программирования C++.

Целью работы является повышение эффективности движения мобильного робота в рабочем пространстве с препятствиями за счет применения интеллектуального алгоритма.

ABSTRACT

The diploma project involves the creation of a machine with automatic control with obstacle avoidance.

The machine is able to move along the given trajectories, to look for a short route, as well as to avoid obstacles. In particular, a mobile robot with two differential drives and one support wheel is considered.

In the process of work, a set of software tools that can be used as a trajectory planning and motion control system of a two-wheeled mobile robot is obtained. With the software of the machine with automatic control, bypassing obstacles, the Arduino programming environment, the C++programming language, was used.

The aim of the work is to increase the efficiency of the mobile robot in the working space with obstacles through the use of an intelligent algorithm.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Пәндік аймақты зерттеу және талдау	10
1.1	Мобильді робототехника	10
1.2	Мобильді роботтардың түрлері	12
1.3	Автономды мобильді роботтардың навигациясына шолу	14
1.4	Кедергілерді айналып өту алгоритмдерін талдау	19
2	Технологиялық бөлім	23
2.1	Мобильді роботтың кинематикалық моделі	23
2.2	Мобильді роботтың кедергіні айналып өту алгоритмінің блок-сұлбасы	26
3	Конструкторлық бөлім	28
3.1	ATmega328 микроконтроллері негізінде Arduino Uno платформасы	28
3.2	L298N микросхемасы негізіндегі қозғалтқыш драйверінің модулі	30
3.3	HC-SR04 ультрадыбыстық қашықтық өлшегіш	33
3.4	Мобильді роботты құрастыру	34
	Қорытынды	39
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	40
	Қосымша А	42

КІРІСПЕ

Дипломдық жобаның негізгі идеясы кедергілерді айналып өтетін автоматты түрде басқарылатын машинаны құрастыру.

Бүгінгі күні адам тарапынан басқарусыз, өздігінен жүретін барлық мобильді аппараттардың негізгі проблемасы навигация болып қалуда. Кеңістікте дұрыс бағытта қозғалу үшін роботтың борттық жүйесі маршрутты құруы, қозғалыс параметрлерін басқаруы (дөңгелектердің бұрылу бұрышын және олардың айналу жылдамдығын орнату), датчиктерден алынған қоршаған орта туралы мәліметтерді дұрыс түсіндіруі және өз координаттарын үнемі қадағалауы қажет.

Дипломдық жобаның нысаны - кедергіні айналып өтетін автоматтандырылған басқару жүйесі бар мобильді роботты құру.

Дипломдық жобаның мақсаты:

а) кедергілерді айналып өту адам тарапынан басқарусыз, автоматты түрде жүргізілуі;

б) оператордың көмегінсіз айналып өтудің өзіндік жолы;

в) көздеген мақсатқа жету кезіндегі уақыт үнемділігі;

г) маршрутты өту барысындағы физикалық қозғалыстың аздығы;

д) кедергіні айналып өту алгоритмін қолдану есебінен кедергілері бар жұмыс кеңістігіндегі мобильді роботтың қозғалысының тиімділігін арттыру болып табылады.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттерді шешу қажет:

а) мобильді роботтың кинематикалық моделін құру негізінде қозғалмайтын кедергілерді айналып өту мүмкіндігімен мақсатты қозғалысты жүзеге асыруға мүмкіндік беретін осы роботты басқарудың автоматты жүйесінің жалпыланған құрылымын әзірлеу;

б) кедергілерді айналып өту және жолды іздеу алгоритмдері мен әдістерін зерттеу және талдау.

в) техникалық көру жүйесінен келіп түсетін ақпаратты пайдалану есебінен сыртқы ортаны бағалау әдістері мен алгоритмдерін қарастыру.

г) жоспарланбаған кедергілер пайда болған кезде мобильді роботтың қозғалысымен жедел бейімделу алгоритмін әзірлеу;

д) автоматты басқару жүйесін жобалаудың инженерлік әдістемесін және кешенді модельдеу үшін бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу;

ж) кедергіні айналып өтетін автоматтандырылған басқару жүйесі бар машинаны құрастыру.

1 Пәндік аймақты зерттеу және талдау

1.1 Мобильді робототехника

Қазіргі заманғы робототехниканың маңызды мәселелерінің бірі роботтар мен робототехникалық жүйелердің толық автоматтандыру және дербестігі болып табылады.

Роботтың ерекшелігі - адамның қозғалысын және интеллектуалдық функцияларын ішінара немесе толық орындау қабілеті. Қарапайым автоматты жүйеден робот көп мақсаттықпен, үлкен әмбебаптықпен, әртүрлі функцияларды орындауға қайта құру мүмкіндігімен ерекшеленеді. Робот адам мүмкіндіктерінен тыс немесе адамның денсаулығы мен өміріне шамадан тыс қауіп төндірумен ұштасқан жағдайларда, сондай-ақ еңбекті көп қажет ететін циклдік қайталанатын міндеттерді орындау үшін кәсіби даярланған персоналдың жетіспеуінде адамды алмастыруға, орынын басуға арналған.

Су, ауа, жер немесе ғарыш болсын, бізді қоршаған ортада қолданылатын түрлі бағыттағы мобильді роботтардың саны өте көп. Үлкен айырмашылықтарға қарамастан, барлық роботтардың жобалау кезінде сүйенуі қажет үш негізгі белгілері бар:

а) Барлық роботтардың қойылған міндеттерді орындау үшін қажетті механикалық қасиеттерінің белгілі бір жиынтығы (форма, өлшем, қолданылатын материалдар және т.б.) болады.

б) Барлық роботтар электрондық компоненттердің белгілі бір жиынтығы бар. Бұл аспект қозғалыс (қозғалтқыштар арқылы), сезу (электр сигналдары жылу, дыбыс, энергияның жағдайы мен жай-күйі сияқты заттарды өлшеу үшін пайдаланылады) және басқару (роботтар, қозғалтқыштар мен датчиктерге берілетін электр энергиясының белгілі бір деңгейін қажет етеді, негізгі операцияларды іске қосу және орындау үшін) үшін қолданылады.

в) Барлық роботтар компьютерлік бағдарламалық кодтың белгілі бір деңгейін қамтиды. Бағдарлама роботтың негізгі мәні болып табылады, өйткені бағдарламасыз робототехникалық жүйенің жұмыс қабілеттілігі мүмкін емес. Роботталған үш түрлі түрі бар бағдарламалар: қашықтықтан басқару, жасанды интеллект және гибрид.

Детерминделмеген жағдайларда жұмыс істеу үшін қазіргі уақытта техникалық әдебиетте "мобильді роботтар" деп аталатын робототехникалық жүйелердің ерекше класы дамып келеді, олардың ерекшелігі локомоциондық қабілеттіліктің болуы болып табылады (яғни кеңістіктегі жүйенің орнын ауыстыру)[1].

Кез келген мобильді робот үш негізгі жүйе - көлік, арнайы және басқару жүйесі жиынтығы түрінде ұсынылуы мүмкін[2]. Көлік жүйесі қойылған міндетті орындау орнына арнайы және технологиялық жабдықтарды жеткізуге арналған көлік құралы болып табылады.

Арнайы жүйелер қойылған міндеттерді тікелей орындау үшін қызмет етеді. Арнайы жүйе технологиялық жабдықтың қажетті жиынтығынан тұрады, оның құрамы шешілетін міндет түрі мен мобильді роботтың тағайындалуымен анықталады. Мысалы, барлау міндеттерін шешу кезінде технологиялық жабдық датчиктер жиынтығы және ақпаратты бастапқы өңдеу құралдары болып табылады. Технологиялық міндеттерді орындау манипулятормен және оған ауысымды құрал жиынтығымен қамтамасыз етілуі мүмкін. Жарғыш-техникалық жұмыстарды жүргізу кезінде жарғыш құрылғыларын диагностикалау құралдары және гидроразытқыштар қажетті жабдықтар болып табылады.

Басқару жүйесі роботтың технологиялық жабдығының қозғалысын және жұмысын басқаруды, сондай-ақ көлік жүйесінің қоршаған ортамен өзара іс-қимылын ескере отырып, жүріс бөлігі мен энергетикалық қондырғыны бейімдеуді қамтамасыз етеді. Басқару жүйесі мобильді роботта орналасқан ақпараттық-басқару бөлігін (роботты басқару аппаратурасы, датчиктер, техникалық көру жүйесі және ақпаратты алдын ала өңдеу микропроцессорлары); мобильді робот операторының посты (пультті басқару, бейне тексеру құрылғылары) және ақпаратты роботтан оператор бекетіне және басқарушы командаларға постооператордан мобильді роботқа беруді қамтамасыз ететін қабылдау-тарату аппаратурасының жиынтығын қамтиды.

Қозғалысты басқару жүйесі сондай-ақ техникалық сезім органдарынан және навигациялық жүйеден басқару жүйесіне үздіксіз келіп түсетін ақпаратты ескере отырып, картографиялық база негізінде өзгермейтін жағдайларда қозғалысты жоспарлауды қамтамасыз етуі тиіс.

Мобильді автономды роботтар әрдайым өз міндеттерін орындауға, оларда орнатылған сенсорлардан ақпаратты үнемі алуға және өңдеуге көшуі тиіс. Қарапайым мобильді роботтар келесі компоненттерге ие: контроллер, датчиктерді бағдарламалық қамтамасыз ету және атқарушы тетіктер. Контроллер, әдетте, микропроцессор, кіріктірілген микроконтроллер немесе дербес компьютер (ДК). Бағдарламалық жасақтама C, C++, Pascal, Fortran, Assembler немесе нақты уақыт режимінде арнайы бағдарламалық жасақтама сияқты жоғары деңгейдегі тілде жазылуы мүмкін. Қолданылатын датчиктер роботтың алдына қойылған міндеттерге байланысты қойылатын талаптарға (тактильді датчиктер, алыс өлшеуіштер, орналасқан жерін анықтау және т.б.) байланысты.

Осы саладағы бүгінгі іске асырылған жұмыстар және перспективалық әзірлемелердің мысалдары[3]:

а) Қолдану ортасы әртүрлі болып келетін зияткерлік автономды мобильді платформалар (пилотсыз ұшу (MAV) және су асты (UUV) аппараттары, нано-және пикоспутниктер, микромашиналар және манипуляторлар);

б) Қауіпсіздікті қамтамасыз етуге арналған автокөлік құралдарының мехатронды жүйелері (ABS, Airbag, тозу деңгейін бақылайтын подшипниктер және т. б.);

в) Бөлінген сенсорлық жүйелер, мысалы, "ақылды" беті бар ұшақ қанаты,

ағуды динамикалық бақылау және қолайсыз әсерлерді төмендету үшін;

г) Инфрақұрылымдық кешендерді (оның ішінде тұрғын үй-коммуналдық шаруашылықта) басқаруды оңтайландыру – қауіпті объектілердің жай-күйін мониторингілеу және жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін қолданылуы мүмкін жылу ысырабының датчиктері, іргетастың және т. б. сейсможаттамалары;

д) Денсаулық сақтау және тіршілік әрекетін қамтамасыз ету деңгейін арттыру мақсатында медицинада және биотехнологияда микро- және нанороботтарды қолдану;

е) Күзетудің және қадағалаудың, оның ішінде терроризмге қарсы қауіпсіздікті қамтамасыз ету және қарсы іс-қимыл үшін зияткерлік жүйелері;

ж) Автономды навигациялық жүйелер, соның ішінде GPS-пен интеграцияланған;

з) Жеке микроклиматты автоматты түрде ұстайтын киім/амуниция;

и) Адам жүйесі үшін қауіптер мен зиянды факторларды төмендету-машина, мысалы, техникалық көру жүйелерін, сенсор-костюмдерді және т. б. қолдана отырып, әлеуетті қауіпті аймақтарда мамандандырылған роботтарды қашықтықтан басқару.

Мобильді роботтар әмбебап және сондықтан әртүрлі салаларда қолданылуы мүмкін. Робототехниканы әскери мақсатта және төтенше жағдайларда пайдалануға қатысты роботтардың техникалық "қабілеттері", қатаң және экстремалды жағдайларда пайдалануға жарамдылығы және қызмет көрсетуші персоналды қорғауды қамтамасыз ету қабілеті басым мәнге ие. Азаматтық өнеркәсіпте роботтарды пайдалану кезінде олардың экономикалық тиімділігіне үлкен мән беріледі.

1.2 Мобильді роботтардың түрлері

Мобильді роботтар кеңістікте әртүрлі міндеттерді орындау үшін қозғалады, үнемі өз қозғалысын түзету үшін ақпаратты алады және өңдейді. Ол үшін түрлі датчиктер қолданылады. Қазіргі заманғы роботтар тек жер бетінде ғана емес, басқа да орталарда: суда, ауада, ғарышта қозғала алады, сондықтан тиімді жұмыс істеу үшін барлық роботтардың өздеріне ғана тән ерекшеліктері бар.

Мобильді роботтарды жұмыс ортасында пайдалану белгісі бойынша жіктеуге болады[4]:

а) Жер үсті немесе тұрмыстық роботтар. Оларды әдетте ұшқышсыз (пилотсыз) көлік құралдары деп атайды. Ең жиі кездесетіндері ол дөңгелек немесе шынжыр табанды, сондай-ақ адымдайтын (адамтәріздес немесе жәндіктәріздес) мобильді роботтар;

б) Көлік (транспорттық) роботтар. Бұл роботтар тек қана белгіленген жұмыс аймағында ғана қозғалады, орын ауыстырады;

в) Әуе роботтары немесе ұшқышсыз ұшу аппараттары;

г) Су асты роботтары немесе автономды су асты аппараттары;

д) Полярлы роботтар. Бұл роботтар қардың бетінде қозғалуға арналған. Мобильді роботтардың қолданыс аймағы әртүрлі болуымен қатар, олардың қозғалуы, орын ауыстыруы әртүрлі болып келеді. Осыған байланысты мобильді роботтар осындай түрлерге ажыратылады:

- а) дөңгелекті;
- б) шынжыр табанды;
- в) адымдаушы;
- г) секіруші;
- д) қалқып ұшушы;
- е) жорғалаушы.

Мобильді роботтар автоматты түрде немесе қолмен басқарылуы мүмкін. Қазіргі кезде көп кездесетіндері автоматты түрде басқарылатын мобильді роботтар болып табылады.

1.1-суретке сәйкес жерүсті мобильді роботқа мысал ретінде шаңсорғыш робот көрсетілген. Роботтардың бұл түрі шаңсорғыштарда, сондай-ақ білім беру мақсаттарында кеңінен қолданылады, өйткені әдетте шағын өлшемдері мен қарапайым аппараттық құрамы бар. Білім беру саласынан және күнделікті үйде қолданудан басқа, осындай Роботтар қоймаларда жұмыстарды орындау үшін, әр түрлі жүктерді бір орыннан екінші орынға тасымалдау үшін пайдаланылады.



1.1 Сурет – Шаңсорғыш робот

Осы орталардың әрқайсысында қозғалу немесе орын ауыстыру ортаның физикалық қасиеттеріне тікелей байланысты болып келетін өзінің ерекше сипаттамаларына ие.



1.2 Сурет – Квадрокоптер

Әуе мобильді роботтарының қатарына: дрон, квадрокоп, мультикоп сияқты ұшқышсыз ұшу аппараттары жатады. Мобильді роботты пайдалану роботтық кешеннің, жеткізу жүйелерінің, электрмен жабдықтаудың және техникалық қызмет көрсетудің, орталықтандырылған басқару және мәліметтерді өңдеудің бөлігі ретінде пайдалану кезінде тиімдірек болады. 1.1 кестеде мобильді роботтардың функционалдылығы бойынша классификациясы көрсетілген.

1.1 Кесте – Функционалдық мақсаты бойынша мобильді роботтардың жіктелуі

Топ	Негізгі талаптар	Пайдаланудың негізгі нұсқасы
Арнайы мақсат	Ықшамдық, үнсіздік	Автономды, бір бейне хабар тарату арнасы
Әскери және әскерилендірілген қолдану үшін мақсатта	Сенімділік, қарапайым басқару, стандартталған пайдалы жүктеме	Барлау, соққы беру және қорғау кешендерінің құрамында әртүрлі деректерді берудің көп арналы жүйелері
Экстремалды жағдайлар, зерттеулер, кинематографиялық үшін ғылыми қолдану үшін	Жағымсыз сыртқы әсерлерге төзімділігі, пайдалы борттық жүктемеге қатысты әмбебаптығы	Деректерді беру арналарын іске асырудың автономды, көп нұсқалы болуы
Спорттық, өнеркәсіптік және тұрмыстық қолдануға арналған	Қарапайым басқару, үнемділік, сенімділік	Автономды, бір бейне беру арнасы

Мобильді роботтың қозғалысты басқару кезінде ескеру қажет негізгі қасиеттері:

- а) жылдамдық қасиеттері;
- б) үдеудің әсері;
- в) энергия тұтыну деңгейі.

1.3 Автономды мобильді роботтардың навигациясына шолу

Роботтардың кең таралған түрлерінің бірі - кеңістікте еркін қозғалуға

кабілетті мобильді роботтар. Мобильді робототехникалық жүйелер бүгін түрлі салаларда қолданылады. Әзірше, адам тарапынан басқарусыз өздігінен жүретін қазіргі уақытта бар барлық аппараттардың негізгі проблемасы навигация болып қалуда. Кеңістіктегі сәтті навигация үшін роботтың борттық жүйесі маршрутты құруы, қозғалыс параметрлерін басқаруы (дөңгелектердің бұрылу бұрышын және олардың айналу жылдамдығын қою), датчиктерден алынған қоршаған әлем туралы мәліметтерді дұрыс түсіндіруі және өз координаттарын үнемі қадағалауы тиіс[5]. Робот өз координаттарын анықтауға және қозғалыс бағытын тек борттық датчиктер көрсеткіштерінің негізінде таңдауға тиіс, сондықтан автономды машиналар үшін жасалатын жасанды интеллект жүйелері "датчиктерді сұрау – маршрутты өзгерту туралы жедел шешім қабылдау" үздіксіз циклін қолдауға бағытталған. Мұндай 13 цикл бірнеше болуы мүмкін – біреуі негізгі маршрут бойынша жүру үшін, екіншісі – кедергілерді айналып өту және т.б. үшін жауапты. Робототехникада үш навигациялық схема бар:

а) Жаһандық - ұзын маршруттар бойынша қозғалыс кезінде құрылғының абсолюттік координаттарын анықтау.

б) Жергілікті - құрылғының кейбір (әдетте бастапқы) нүктесіне қатысты координаттарын анықтау. Бұл схема алдын ала белгілі облыстың шегінде миссияны орындайтын тактикалық ұшқышсыз ұшақтар мен жердегі роботтарды әзірлеушілерге талап етілген.

в) Дербес - робот өз денесінің бөліктерін позициялау және манипуляторлармен жабдықталған құрылғылар үшін өзекті болып табылатын жақын заттармен өзара іс-қимыл.

Аппарат неғұрлым үлкен болған сайын, ол үшін жаһандық навигацияның маңыздылығы жоғары және одан төмен – дербес болып саналады. Роботтар-бала керісінше. Навигация жүйелері тағы бір белгі бойынша жіктеледі – олар пассивті және белсенді болуы мүмкін. Бұл жүйе өз координаттары және сыртқы көздерден өз қозғалысының басқа да сипаттамалары туралы ақпаратты қабылдауды білдіреді, ал белсенді орналасқан жерді тек өз күшімен анықтауға арналған. Әдетте, навигацияның барлық жаһандық схемалары пассивті, жергілікті және басқа да болады, ал дербес схемалар – әрқашан белсенді[6].

Маршрутты құрудың компьютерлік жүйелері жақсы әзірленген. Бастапқыда олар қарапайым виртуалды орталарда жұмыс істеу үшін арналған және роботтың әрекетін модельдейтін бағдарлама қарапайым кедергілерге толы екіөлшемді лабиринттер мен бөлмелерде мақсатқа жетудің оңтайлы жолын тез тапқан болатын. Жылдам жұмыс істейтін процессорлар пайда болғанда күрделі үшөлшемді карталарда қозғалыс траекториясын қалыптастыру мүмкіндігі пайда болды. Толыққанды робот өз координаттарын анықтауға және қозғалыс бағытын тек борттық датчиктер көрсеткіштерінің негізінде таңдауға тиіс, сондықтан автономды машиналар үшін жасалатын жасанды интеллект жүйелері "датчиктерді сұрау — маршрутты өзгерту туралы жедел шешім қабылдау" үздіксіз циклін қолдауға бағытталған. Мұндай циклдар бірнеше болуы мүмкін — біреуі негізгі бағыт бойынша жүру үшін, екіншісі-кедергілерді айналып өту үшін және т. б. Жауапты.

Өткен ғасырдың 30-шы жылдарына дейін навигациялық міндеттер ескі карта, компас, секстант, күн, жұлдыз және т. б. көмегімен шешілді. 50-ші жылдары ұшқыштар мен теңізшілерде радиомаяктар бойынша навигация схемасы кең таралған, ал 1957-ші жылдары ғарышқа кеңестік "Спутник-1" ұшқан кезде Массачусетс технологиялық институтының мамандары спутникті беретін сигналдың спектрін өзгерту бойынша оның орбитасының параметрлерін өлшеудің қарапайым тәсілін тез ойлап тапты. Бұл идея спутниктік навигацияның заманауи жүйелерінің негізіне алынды. 1973 жылы ВМС, ВВС және АҚШ Көлік министрлігінің күшімен басталған жаһандық GPS жерсеріктік жүйесі жыл сайын автономды роботтар үшін навигациялық жүйелерді әзірлеушілерден танымалдылықты тануды жалғастыруда. Ол пассивті жаһандық жүйелердің санатына жатады.

Пассивті жергілікті навигация жүйесін әзірлеушілер арасында жасанды құрылыстарды (мысалы, арнайы мұнараларды) пайдалану идеясы танымал. Ол коммерциялық нұсқаларда іске асырылған және машиналық көру жүйесімен жабдықталған робот, оның көрінетін бейнесінің геометриялық өлшемдерінің өзгеруін талдау бойынша мұнараға дейінгі қашықтықты дәл есептей алады. Жасанды маяктарды орнату мүмкін емес болған жағдайда, робот қоршаған ортаның статикалық элементтерін (биік ағаш, тау) дербес бөліп, оларға өз координаттарын байлауға тырысуы мүмкін. Мұндай тәсілдің кемшілігі сыртқы ортаның жағдайларын (мысалы, жарықтандыру деңгейін) өзгерту кезінде негізгі объектілерді табумен байланысты проблемалар болып табылады. Бұл жағдайда стереокамераны пайдалану көмек бере алады – әрбіреуінің көру бұрышын біле отыра мақсатқа дейінгі қашықтықты есептеуге болады. Бірақ әр камерамен бір объектіні тану және олардың "көзқарастарын" синхрондау мәселесі әлі де өзекті болып қала береді, роботтарға нақты уақыт ауқымында жасау қиын.

Жергілікті навигацияның басқа пассивті тұжырымдамасы - радиомаяктарды пайдалану арқылы - роботтың іс-қимыл аймағында борттық микропроцессормен өңделетін радиосигнал көздерін орналастыру болып табылады. Бірақ радиомаяктар кейбір маршруттың тіркелген нүктелерінде орналасқандықтан, аппарат кедергілерді айналып өту немесе баламалы қозғалыс жолын таңдау мүмкіндігін жоғалтады. Егер осындай жүйені неғұрлым икемді етіп жасаса және олардың әрекет ету аймағына түскен объектілердің координаттарын анықтау үшін радарлық кешендерді пайдаланса, онда роботтың борттық жүйесінің радарлық станцияға сұранымын ұйымдастыруға және соңғы жауаптан күтуге уақыт (әдетте, секундтың ондық үлесі) жоғалады[7].

Белсенді навигациялық схемалар да жиі қолданылады. Осы топтың ең танымал өкілдері - инерциялық навигациялық жүйелер (ИНЖ). Олар алғаш рет V2 неміс зымырандарында қолданылатын, ал нарықта 60-шы жылдары пайда болды. Механикалық гироскоптар олар орналасқан денеге әсер ететін күшті (сыртқы күш моментін) өлшеуге және осының негізінде қозғалыс басталған позицияға қатысты дене жағдайын және оның жылдамдығын анықтауға

мүмкіндік береді. Механикалық акселерометрлер ұқсас тәсілмен өзінің үдеуін анықтай алады. Осы уақытқа дейін ұшақтарда, кемелерде, бомбаларды, ракеталар мен торпедаларды бағыттау құрылғыларында қолданылатын көлемі бойынша шағын ИНЖ 70-ші жылдары жасалған болатын. Механикалық ИНЖ негізгі кемшілігі — белсенді жұмыс уақыты аралығында өлшеу қателіктердің жинақталуы, яғни ИНЖ жабдықталған объект ұзақ қозғалыста болған сайын, координаталарды анықтаудағы қателік соғұрлым көп болады. Сонымен қатар, ИНЖ объектінің жылдамдығы жиі және күрт өзгерген жағдайларда тиімсіз болып келеді. Сондай-ақ олар орташа және шағын роботтардың навигациясы үшін қолайсыз. Гироскоптардың навигациялық нұсқалары тұрақты платформада орнатылуы тиіс, сонымен қатар олардың бағасы жоғары болып келеді. Құны 50 мың АҚШ доллары болатын орташа сападағы коммерциялық авиациялық ИНЖ бір сағат жұмыс істеу нәтижесінде 2000 м өлшеу қателігін жинақтайды. Ал аса қымбат (200 мың АҚШ долл.) нұсқалардың қателігі өткен жолдың шамамен 0,1% - ын құрайды.

Барлық автоэуесқойларға танымал белсенді навигациялық құрылғының қарапайым нұсқасы - одометр. Ол белгілі уақыт аралығында дөңгелектің айналу жылдамдығын өлшейді және өткен жолдың шамасын анықтайды. Бұл технология өте белсенді қолданылады. Оның таралуы ең алдымен автоөндірушілердің инвестицияларына байланысты. Осылайша, жаңа ұрпақтың одометрлері қысқа толқынды радарлардан тұрады және нақты қашықтықты дәл өлшейді.

Сонымен қатар, одометрлер кейде жалғыз мүмкін навигациялық шешім (мысалы, робот басқа планетада болғанда). Радио немесе басқа да (көбінесе ультрадыбыстық және инфрақызыл) сигналдарды, сондай-ақ лазерлік алыс өлшегіштерді пайдаланатын жергілікті навигацияның байланыссыз жүйелерінің нарығы дамып келе жатыр. Бірақ мұндай құрылғылардың тиімділігі мен дәлдігі ортаның сипаттамасына байланысты болып келеді.

80-ші жылдары алғашқы микроконтроллерлердің пайда болуымен навигация міндеттерін шешуге мүмкіндік беретін машиналық көрудің арзан борттық жүйелерінің құрылуы басталды. Бүгінде оларға үлкен үміт артылуда.

Жоғарыда аталған навигация тәсілдерінің кемшілігі олардың жұмысын іске асыратын құрылғыларда зияткерлік құрауыштың болмауында. Робот өзінің орналасқан жерін және қозғалыс бағытын өз бетінше немесе сырттан келген сигналдар арқылы анықтауға тырысатынына қарамастан, ол жануар ретінде өзінің жұмысын жалғастыра береді (инстинктпен ұшатын құс, оның қай жаққа ұшу керектігін біледі, бірақ қандай себептермен және не үшін ұшу керектігін түсінбейді).

Роботты басқарудың гибриді борттық жүйесі барлық түрдегі навигациялық құралдарды пайдаланады, бірақ ең алдымен қоршаған жағдайды бағалаумен, орындалатын тапсырманы талдаумен және шешім қабылдаумен айналысады. Аппарат өзінің кеңістік картасын навигация құрылғыларынан алынған деректермен үнемі салыстыра отырып, маршрутты қалыптастырады және сол бойынша қозғалады.

Қазіргі модельдер қозғалатын облыстың екі өлшемді картасын құра алады. Ол үшін, әдетте, ультрадыбыстық генераторлармен және инерциялық жүйелермен біріктіріп лазерлік алыс өлшеуіштер қолданылады. Бірақ ультрадыбыстың көмегімен тек анық емес бейнелерді алуға болады, сонымен қатар дыбыс жылдамдығы өзгереді, көптеген факторларға байланысты және жоғары емес. Навигацияның биологиялық жүйелерін зерттеу жалғасуда. Құстар мен жәндіктер кеңістікте жақсы бағдарланады және курстан ауытқымай, үлкен қашықтықты жеңе алады. Олар мұны қалай жасайды, әзірге құпия болып қалады[8].

Мүмкін, жануарлар Жердің магниттік өрісінің, гравитация деңгейінің, температураның, ауадағы әр түрлі қоспалардың концентрациясының өзгеруін сезінеді, иістің, дыбыстың жіңішке реңктерін ұстап, спектрдің кең ауқымында жарықты қабылдайды және т.б. сонымен қатар тірі организмдердің "логикалық бөлігі", осындай сигналдарды өңдейді, қиын емес-мысалы, араның миы 800 мың нейроннан тұрады. Мұндай сезімтал биологиялық датчиктердің қалай орналасқанын түсіну ғана қалады.

Әзірге биотехнологиялар адам қабылдауының қарапайым, базалық механизмдері - есту және сезу арқылы ортаны түсінудің автономды құрылғыларын үйретуге алаңдатады. Сөйлеуді және басқару сигналдарын тану - жергілікті және дербес навигация есептеріндегі перспективалы бағыттар, ал "көз - қол-жанасу" цикліндегі кері байланыс сапасын арттыру роботтың ортамен белсенді өзара іс-қимылының тиімділігін, оның қоршаған ортаны тану мүмкіндігін және тиісінше осы әлемдегі өз орнын түсінуді арттыруға мүмкіндік береді.

Роботтардың жергілікті навигациясының прогресі көбінесе машиналық көру жүйесінің дамуымен анықталатын болады. Бірақ әзірге тиімділігі жоғары шешімдер пайда болған жоқ, сыртқы маяктардың сигналдары бойынша жергілікті навигация технологияларына қызығушылық сақталады. Бұл маяктар зияткерлік қасиеттерге ие болады және GPS-қызметімен байланыстырылады (алғашқы эксперименттер осындай тәсілдің жоғары нәтижелілігін көрсетті).

Evolution Robotics фирмасымен ұсынылатын роботтар мен оларды жасау үшін салыстырмалы арзан жиынтықтар коммерциялық қол жетімді одометрлерге және машиналық көру жүйелеріне негізделген[9]. Дәлірек лазерлік алыс өлшегіштерді пайдаланатын шешімдер, жолдар (шамамен 5 мың АҚШ долл.). Машиналық көру технологиялары (сонарлар мен лазерлердің көмегімен "көру"), GPS типті жаһандық навигациялық жүйелердің сигналдарын өңдеу және маяктар бойынша бағдарлану технологиялары бүгінгі күні роботтарды навигациялау міндеттерінде басты болып саналады.

1.4 Кедергілерді айналып өту алгоритмдерін талдау

Мобильді роботтардың ерекшелігі - олардың дербестігі, кез келген сыртқы стационарлық құрылғыларға қарамастан қозғалу мүмкіндігі. Алайда,

осындай құрылғыны әзірлеудің маңызды мәселелерінің бірі - мобильді роботтың орындалатын функцияларына сәйкес қозғалыс алгоритмін әзірлеу осымен байланысты[10].

Робототехника - қазіргі уақытта қарқынды дамып келе жатқан сала болғандықтан, ғалымдар мобильді роботтың басты "мүшесінің" – навигацияның функционалдығын қамтамасыз ететін алгоритмді жүзеге асырудың көптеген тәсілдерін әзірледі.

Роботтың аса талап етілетін қозғалыстары объектілерді айналып өтуге байланысты қозғалыстар және жұмыс кеңістігіндегі объектілермен соқтығысуды болдырмау болып табылады.

Үшөлшемді кеңістіктегі роботтың кедергілерді айналып өтуге арналған алгоритмдерін бірнеше түрлерге бөлуге болады: гипотеза–тест; айып функциясы; қаңқалау әдісі; анық емес логика, нейрондық желілер, генетикалық алгоритмдер. Бұл жұмыста ең қызықты нұсқалар қарастырылады.

Гипотеза және тест әдісі үш негізгі қадамнан тұрады: мобильді роботтың қозғалыс траекториясының бастапқы және соңғы нүктелері арасындағы жолына қатысты гипотеза ұсынылады; осы жол бойындағы бағыттар жиынтығы соқтығысу мүмкіндігіне тестіленеді; егер соқтығысу мүмкін болса, онда айналып өту жолын анықтау мақсатында осы соқтығысуды тудыруы мүмкін кедергі зерттеледі. Барлық процесс мақсатқа жеткенше қайталанатын.

Кедергілерді айналып өту алгоритмдерінің екінші класы объектілердің болуы кодталатын мобильді роботтың конфигурациясы үшін айыппұл функциясын анықтауға негізделеді[11].

Қаңқалау алгоритмдері роботтың бос кеңістігін бір өлшемді көрініске әкеледі, ол үшін жолды жоспарлау міндеті оңай болады. Мұндай көріністі өлшеудің аз мөлшері конфигурация кеңістігінің қаңқасы деп атайды.

1.2 Кесте – Нақты емес ережелер кестесі

Қашықтық Бағыт	Өте жақын	Жақы н	Ор таша	Ал ыс
Сол	Күрт оңға	Күрт оңға	Оң ға	Тү зу
Түзу	Күрт солға	Солға	Со лға	Тү зу
Оң	Күрт солға	Күрт солға	Со лға	Тү зу

Нақты емес алгоритм нақты емес жиындармен формаланатын ұғымдар бар нақты емес нұсқаулықтардың реттелген жиынымен анықталады. Логикасы анық емес барлық жүйелер бір принцип бойынша жұмыс істейді: өлшеу құралдарының көрсеткіштері: фаззифицияланады (анық емес форматқа айналады), өңделеді, дефаззифицияланады және қарапайым цифрлық сигналдар түрінде орындаушы құрылғыларға беріледі. 1.2 кестеде нақты емес ережелер

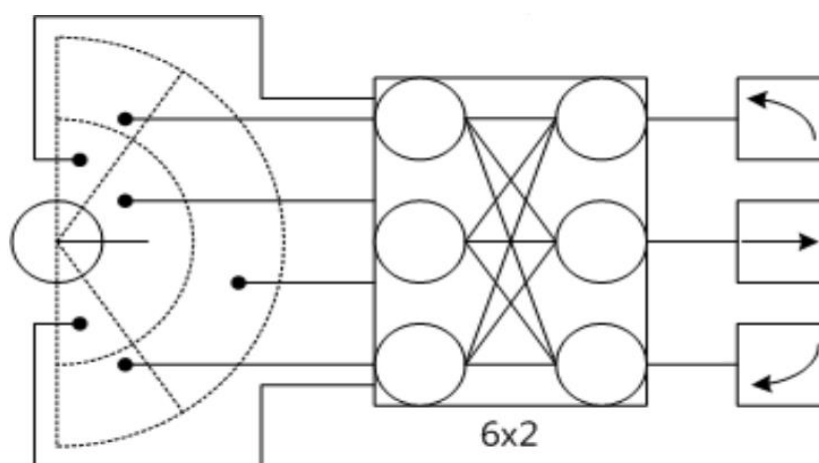
жиынтығы көрсетілген.

Осы кестедегі әрбір жазба өзінің тақ ережесіне сәйкес келеді, мысалы, "егер қашықтық жақын және бағыт оң болса, онда рульдік бұрыш күрт солға".

Осылайша, логикасы анық емес мобильді робот келесі принцип бойынша жұмыс істейтін болады: Сенсорлардан кедергілерге дейінгі қашықтық туралы деректер және оған бағыт фазаланады, кестелік ережелерге сәйкес өңделеді, дефаззификацияланады және басқару сигналдары түрінде алынған деректер роботтың аспаптарына түседі[12].

Қайықша айналып өту алгоритмінің негізгі идеясы: робот шекарадан шекараға дейін көлденең қайықша қозғалыстарын жасай отырып, фигураны айналып өтуге тырысады. Робот кедергіні кездестіріп, жолды өзгертеді немесе регистр жадының күйіне байланысты жоғары немесе төмен өтеді. Мұндай айналып өту барысында фигура робот жолында басқа фигура кездескендіктен, айналып өтуі толық емес болуы мүмкін. Және бұл фигура көлденең қайықша қозғалысына кедергі жасайды. Кедергіні йналып өтуге тырысып, робот "назарын кедергіге ауыстырады" және сол айналып өту стратегиясын жол бойы ұстанады.

Нейрондық желілерді қолдана отырып алгоритмді енгізу үшін екі қабаттың нейрондық желісі қолданылады: бірінші қабаттың 6 нейроны - әр аймақ үшін бір және 3 шығу нейроны - бірін таңдау үшін. Бұл желінің схемалық көрінісі 1.3-суретке сәйкес көрсетілген.



1.3 Сурет – Нейронды желілердің схемалық көрінісі

Нейрондық желінің басты ерекшелігі - оның оқуға қабілеттілігі. Біздің жағдайда, оқыту роботтың кедергілерге тап болмауын қамтамасыз етуге бағытталған. Егер соқтығысу орын алса, онда желі салмағын бөлу дұрыс емес, салмақтың мәндері қайта есептеледі.

Мобильді роботтың қозғалысын жүзеге асырудың өте қызықты алгоритмі мексикалық секіруші бұршақтардың мінез-құлқына негізделген алгоритм болып табылады. Бұл алгоритмді Джорджия технологиялық институтының (АҚШ) зерттеушілері әзірледі. Секіргіш бұршақтардың бірегейлігі-олардың

есептегіш қуаттары немесе сенсорлары жоқ. Мексикалық бұта бұршақтарының ішінде кішкентай моль бобаның ішкі қабығында жібек жіптерінің желісіне ілінген личинканы қоныстандырады. Егер күн боб қызса, личинка сусыз және өледі.

Сондықтан қызған кезде бұршақтар" секіреді "немесе" сырғанайды", іс жүзінде дернәсілдердің көлік құралдарына айналады. Бірінші жағдайда личинка ішкі бетінде денесінің бір шеті ұстап, сол бетіне басқа ұшымен ұрады. Сырғанау үшін, ол дөңгелекті қамыт ретінде, тек спорттық емес, көлік мақсатында түседі: 27 бұршақтың ішінде тұрып, жалған аяқтарды тез алады және дөңгелекті қабықты домалақ айналдырады. Температура жоғары болған сайын, секіруден жылдам қозғалуға мүмкіндік беретін секірулер соғұрлым жоғары: 45 бұршақ минутына 40 рет секіріп, секіруден кейін (дөңгелек форманың арқасында) секіреді.

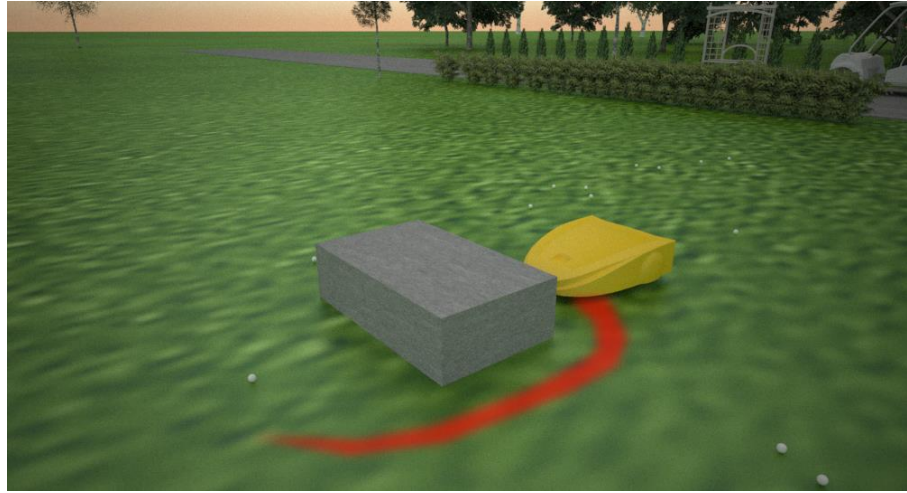
Алгоритм мыналарға негізделеді: ең суық орынды таңдау үшін №1 секіру жасалады. Егер температура төмендесе, аз қашықтыққа секіру немесе домалату басталады. Егер керісінше болса, қайтадан үлкен қашықтыққа секіру керек. Егер №2 секіруден кейін температура № 1 секіруден кейін жоғары болса, қозғалыс артқа басталады, бірақ секірумен емес, сырғанаумен, аз жылдамдықпен және т. б. Нақты емес логикада жеңіл әрі оңай іске асырылады.

Қарапайым өмірде, адам бір орыннан екінші орынға өтіп кедергіге тап болғанда, жай ғана оны айналып өтеді. Бұндай әдіс «тосқауылдарды болдырмау» деп аталады. Робот өзінің көздеген мақсатына жету үшін осы әдісті қолданылуы мүмкін. Ең оңай жолы - Bug алгоритмін қолдану.

Бұл алгоритмді мамандар Bug алгоритмі деп атауларының себебі, қоңыздың қарапайым қоршаған ортада өзін ұстануынан және қимыл тұрысымен байланысты болып келеді. Роботтың мақсатқа ауысқан кездегі қадамдары (кедергіні болдырмауды қоса алғанда) траектория деп аталады. 1.4-суретке сәйкес гольф доптарын жинауға арналған роботтың қоңыз алгоритмін қолдана отырып, кедергілерден өту көрінісі бейнеленген[13].

Траекторияның тұжырымдамасы - бұл соңғы мақсатқа жету үшін жасайтын роботтың қозғалуының қарапайым тізбегі. Садақ алгоритмі - "траекторияның жоспарлаушысы". Робот орналасқан нүктелердің координаттарын және оның мақсатын ала отырып, алгоритм жылжудың тиісті траекториясын әзірлейді.

Егер Bug алгоритмінің көмегімен роботқа қозғалу бойынша белгілі бір нұсқаулықтар берілсе, онда маршрутты құрудың мұндай тәсілі "басқару саясаты" деп аталады. Эвристика тұжырымдамасы-бұл роботқа алгоритмнің алдағы кезеңі туралы хабарлау үшін қолданылатын ереже. Бұл жағдайда эвристика нысан қозғалатын сызық болып табылады. Жолды құру кезінде эвристиканы сауатты анықтау қажет. Егер бұл дұрыс болмаса, салынған маршрут жұмыс істемейтін болады. Алайда, мұндай алгоритм әзірлеушіні шектейді, себебі оның көмегімен көлемі шектеулі маршрутты құруға болады. Жолдың осындай алгоритмін пайдалану кезінде барлық кедергілер дөңес көпбұрыштың нысанын қабылдауы қажет.



1.4 Сурет – Bug алгоритмінің көрінісі

Сондай-ақ, Bug алгоритмінде шектеулер бар:

- а) кедергілер бір-бірінен белгілі бір қашықтықта болуы керек;
- б) олардың жанасу нүктелері болуы мүмкін емес;
- в) кедергілердің шекаралары - тұйық қисықтар, бұл ретте олар робот қозғалатын түзу, олардың әрқайсысын шектеулі рет кесіп өтетіндей болуы тиіс;
- г) робот – өлшенбейтін кішкентай нүкте, сондықтан ол кедергілердің арасында қозғала алады.

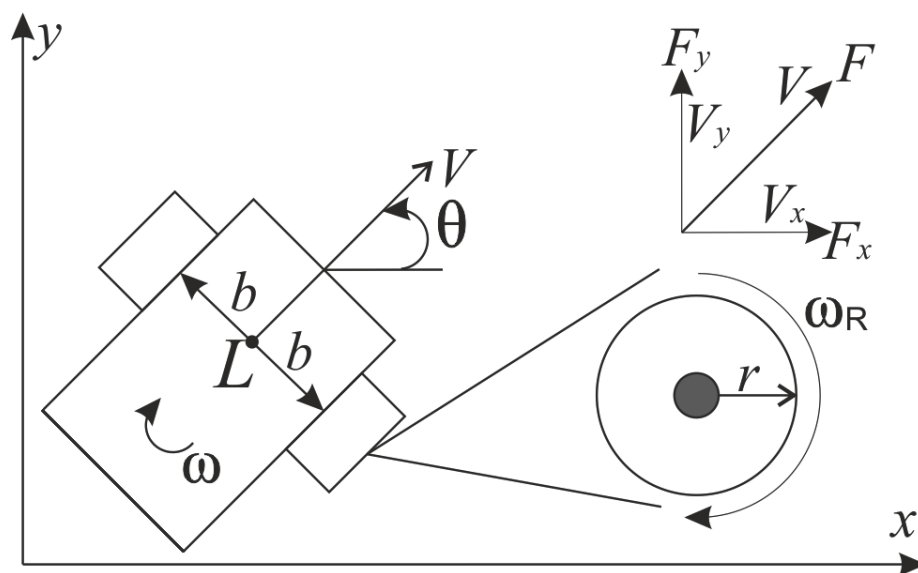
Осы шектеулердің кейбірі жетілдірілген DH-Bug алгоритмін пайдалансаңыз жеңе алады. Оның ерекшелігі оның көмегімен робот қозғалмалы кедергілерді жеңе алады. Бұл ретте мұндай алгоритм екі қабаттан тұрады. Біріншісі-кеңесу. Ол қосымша мәліметтерді пайдаланбай алдын ала маршрутты бағалауға мүмкіндік береді. Екінші қабат-бейімделу. Оның арқасында робот бастапқыда бағдарламаға енгізілмеген кедергілерге дер кезінде жауап береді.

2 Технологиялық бөлім

2.1 Мобильді роботтың кинематикалық моделі

Голономдық емес механикалық жүйелер жылдамдыққа белгілі бір шектеулер қойылып, бірақ позицияға қандай да бір шектеулер қойылмаған жағдайда қолданылады. Ең түсінікті мысал - параллель көлік тұрағы. Көлік тұрағы орнына параллель келгенде, көлік құралы тұрағы орнына бүйірден тұра алмайды, дегенмен, автомобильді алға-артқа жылжыту және дөңгелектерді бұру жолымен қажетті нүктеге жетуі мүмкін. Басқаша айтқанда, жергілікті автомобиль қозғалысы шектеулі, алайда, оның жаһандық қозғалысы шексіз[14].

2.1-суретке сәйкес дифференциалды жетектері бар екі дөңгелекті голономдық емес робот көрсетілген. Бұл мобильді роботтың жылдамдығы дөңгелектердің қозғалыс бағытымен шектелгені анық, сырғу болмаған жағдайда, робот жан-жаққа қарай қозғала алмайды. Дегенмен, ол дөңгелектерін қарама-қарсы бағыттарда бұра отырып, тұрған орнында айналуы мүмкін, бұл роботқа жан-жаққа қарай қозғалуға мүмкіндік береді. Осылайша, роботтың жаһандық қозғалысы шектеусіз болып келеді.



2.1 Сурет – Мобильді роботтың кинематикалық схемасы

2.1-суретке сәйкес көрсетілген x және y робот осі орталығының жаһандық координаттар жүйесіне қатысты жағдайын, θ жаһандық координаттар жүйесіндегі x осіне қатысты мобильді роботтың қозғалыс бағытын білдіреді. Айнымалы r - робот дөңгелектерінің радиусы, ал $2b$ (L) дөңгелектер арасындағы арақашықтық. Сонымен қатар, v және ω сәйкесінше сызықтық және бұрыштық жылдамдықты, ал ω_L - сол дөңгелектің айналу жылдамдығы, ω_R - оң дөңгелектің айналу жылдамдығы.

Бұл модель жаһандық координаттар жүйесіндегі екі дөңгелекті мобильді роботтың ең қарапайым және минималистік көріністерінің бірі болып табылады. Бұл модельде робот векторы бар үш еркіндік дәрежесімен ұсынылған:

$$q = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix}, \quad (1)$$

Суретте, сондай-ақ, роботтың бұл түрі үш позициялық еркіндік дәрежесі бар екені көрсетілген. Дегенмен, голономдық емес шектеулер себебінен мобильді робот екі бағытқа қарай бағыт алып, орын ауыстыра алады. Осылайша, робот дөңгелектердің бағыты бойымен V жылдамдығымен қозғала алады және ω бұрыштық жылдамдығымен айнала алады, бірақ ол қозғалыс жылдамдығына перпендикуляр болатынын V жылдамдығына ие бола алмайды. Голономды емес мобильді робот үшін келесідей математикалық модельді алуға болады:

$$\dot{x} = V \cos \theta, \quad (2)$$

$$\dot{y} = V \sin \theta. \quad (3)$$

Сондықтан,

$$\frac{\dot{x}}{\cos \theta} = \frac{\dot{y}}{\sin \theta}, \quad (4)$$

$$\dot{x} \sin \theta = \dot{y} \cos \theta. \quad (5)$$

Осылайша, голономдық емес жүйе келесі функционалды шектеуге ие:

$$\dot{x} \sin \theta - \dot{y} \cos \theta = 0. \quad (6)$$

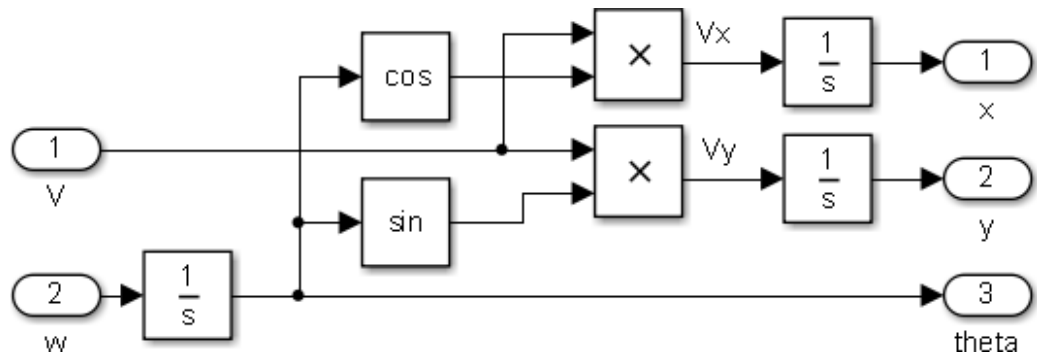
Бұдан басқа, осы тармақта доңғалақтардың үйкелуі немесе тығындау мүмкіндігі сияқты сыртқы күштер ескерілмейді. Осының арқасында робот, тегіс беттің үстінде осылайша сырғанайды деп болжауға болады:

$$\dot{x} \cos \theta - \dot{y} \sin \theta = v. \quad (7)$$

Жоғарыда айтылғандардың нәтижесінде роботтың кинематикалық моделі келесідей:

$$\dot{q} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Бұл математикалық модельге сүйене отырып, оны Matlab ортасында жүзеге асырамыз.



2.2 Сурет – Matlab ортасындағы мобильді роботтың кинематикалық моделі

Өкінішке орай, бойлық V және бұрыштық ω роботтың жылдамдығы өлшеу оңай емес. Дөңгелектерге тікелей орнатылатын әр түрлі датчиктерді пайдалана отырып, әрбір дөңгелектің айналу жылдамдығын өлшеу оңайырақ, ал сызықтық және бұрыштық жылдамдығы мен әрбір дөңгелектің жылдамдығы арасындағы өзара байланысты былайша көрсетуге болады:

$$v = \frac{\omega_L + \omega_R}{2} r, \quad (9)$$

$$\omega = \frac{\omega_R - \omega_L}{L} r. \quad (10)$$

Қарапайым түрлендіру жолымен дөңгелектердің бұрыштық жылдамдығының мобильді роботтың бойлық және бұрыштық жылдамдығына тәуелділігін аламыз:

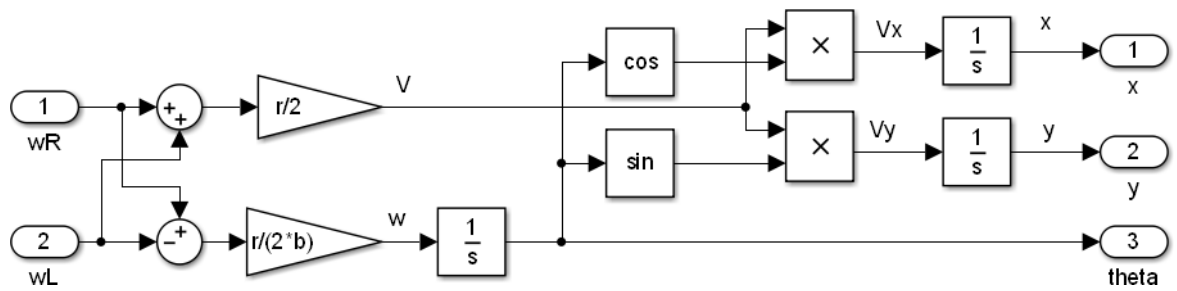
$$\omega_R = \frac{1}{r} \left(v + \frac{\omega \cdot L}{2} \right), \quad (11)$$

$$\omega_L = \frac{1}{r} \left(v - \frac{\omega \cdot L}{2} \right). \quad (12)$$

Сызықтық және бұрыштық жылдамдық теңдеулерін жоғарыда алынған өрнекке қойып, роботтың келесі математикалық моделін аламыз:

$$q = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} r \cos \theta & \frac{1}{2} r \cos \theta \\ \frac{1}{2} r \sin \theta & \frac{1}{2} r \sin \theta \\ -\frac{r}{L} & \frac{r}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_L \\ \omega_R \end{bmatrix}. \quad (13)$$

Алынған кинематикалық модельге сүйене отырып, екі дөңгелекті роботтың қозғалыс бағыты мен жағдайы сол және оң дөңгелектің айналу жылдамдығына байланысты деген қорытынды жасауға болады. Келесі қадам MatLab математикалық модельдеу ортасында осы модельді жүзеге асыру қажет.



2.3 Сурет – Роботтың бұрыштық жылдамдығы басқарылатын кинематикалық моделі

2.2 Мобильді роботтың кедергіні айналып өту алгоритмінің блок-сұлбасы

Басқару объектісінің қозғалысын реттеу үшін, яғни жүру жолында болатын ықтимал кедергілерді айналып өту үшін техникалық көру жүйесі пайдаланылады. Мобильді роботтың техникалық көру жүйесінің қызметін ультрадыбыстық қашықтық өлшегіш атқарады.

Мобильді робот кедергіні айналып өту үшін ең қарапайым кедергіні айналып өтуге арналған алгоритм қолданылады. Бұл алгоритм робот жолында кездесетін қарапайым кедергілерді айналып өту үшін жасалған. Роботтың қозғалысы басталғанға дейін қозғалыс жасалатын карта туралы ешқандай деректер жоқ деп болжануда. Қозғалыс кезінде техникалық көру кіші жүйесінен келіп түсетін деректер кедергінің болуын анықтауға мүмкіндік береді. Объектінің техникалық көру жүйесі көрінісінде кедергі анықталған жағдайда кедергілер әзірленетін жүйеге мынадай параметрлер беріледі[15]:

а) Barrier параметрі, жалған (кедергі жоқ) немесе шындық (кедергі бар) мәнін қабылдайды.

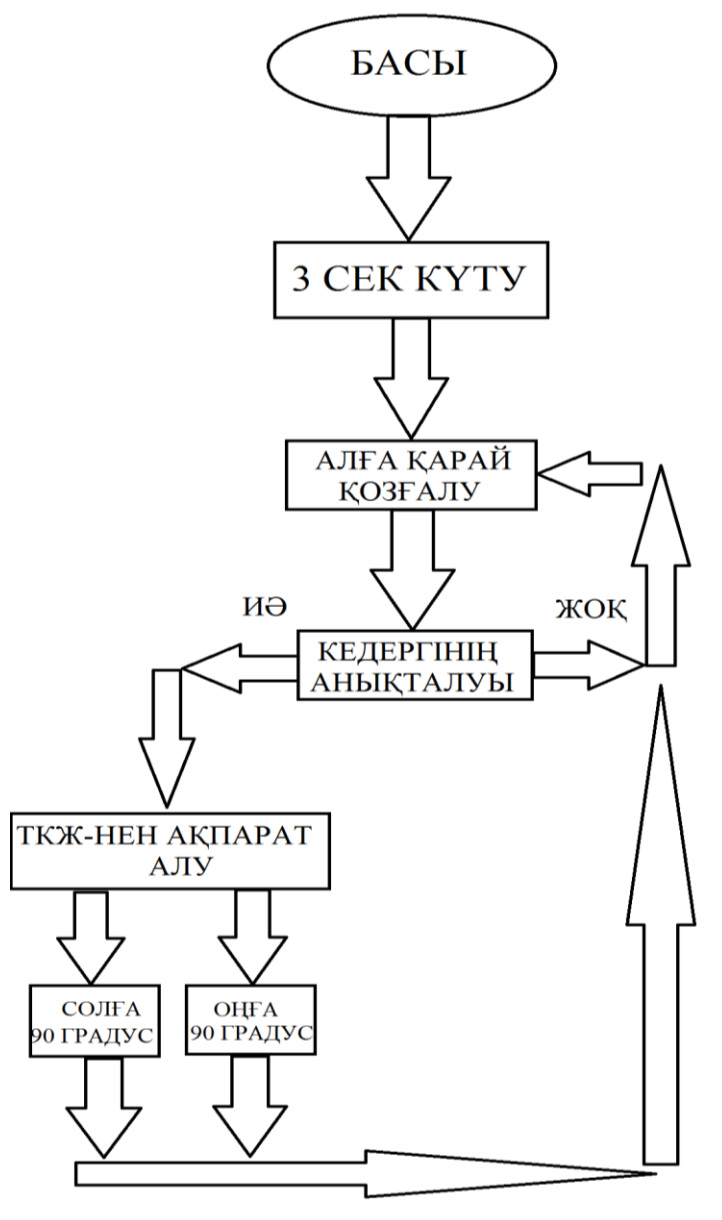
б) Distance параметрі роботтың платформасынан кедергіге дейінгі қашықтықтың бүтін оң мәнін қабылдайды.

в) Diameter параметрі, қақтығыс болдырмау үшін жүйе ауытқуы қажет бүтін оң мәнді қабылдайды.

г) Direction параметрі айналмалы бағытын көрсетеді (сол/оң).

Техникалық көру жүйесінен кедергілердің бар екендігі туралы сигнал түскеннен кейін объектінің қозғалысы дереу тоқтайды және жаңа тірек нүктелерінің есебі жүргізіледі. Жаңа тірек нүктелерін қосқаннан кейін жүйе өз қозғалысын жаңартады. Техникалық көрудің кіші жүйесінің жұмыс істеуі үшін қажетті датчик басқару объектісіне орнатылады.

Техникалық көру жүйесінің арқасында мобильді робот кедергіні анықтап, сонымен қатар оны айналып өтудің тиімді жолын қарастырады. 2.4-суретке сәйкес мобильді роботтың кедергіні айналып өту алгоритмі көрсетілген.



2.4 Сурет – Кедергіні айналып өту алгоритмі

Жаңа тірек нүктелерін есептеу жол бойында кедергі болған сайын жүргізіледі. Мұндай алгоритм кедергілерді еңсеру үшін қажетті жаңа тірек нүктелерін жылдам есептеуге мүмкіндік береді және іске асыру үшін үлкен есептеу қуаттарын талап етпейді[16]. Бірақ тестілеу көрсеткендей, мұндай алгоритмді пайдалану тек күрделі емес кедергілерді жеңу үшін жарамды. Мысалы, егер кедергі дөңес немесе ұзын болса, онда алгоритм күтілетін нәтижелер бермейді, бұл техникалық көрудің кіші жүйесінен тек кедергілердің алдыңғы мөлшерлері туралы ғана ақпарат берілуіне байланысты.

3.1 ATmega328 микроконтроллері негізінде Arduino Uno платформасы

Arduino Uno контроллері ATmega328 негізінде салынған. Платформада 14 сандық кіріс/шығыс бар (оның 6 ЕИМ-ның шығысы ретінде пайдаланылуы мүмкін), 6 аналогтық кіріс, 16 МГц кварц генераторы, USB қосқышы, күш қосқышы, ICSP қосқышы және қайта жүктеу батырмасы бар. Жұмыс істеу үшін платформаны компьютерге USB кабелі арқылы қосу немесе AC/DC адаптерінің немесе батареяның көмегімен қорек беру қажет. "Uno" итальян тілінде "бір" деген мағынаны білдіреді, сондықтан әзірлеушілер Arduino 1.0 шығысын ерекшелейді. 3 кестеде Arduino Uno платформасының негізгі сипаттамалары көрсетілген.

3.1 Кесте – Arduino Uno платформасының негізгі сипаттамалары

Микроконтроллер	ATmega328
Жұмыс кернеуі	5 В
Кіріс кернеуі(ұсынылатын)	7-12 В
Кіріс кернеуі(шектік)	6-20 В
Цифрлік кірістер/шығыстар	14(оның 6 ЕИМ-ның шығысы ретінде пайдаланылуы мүмкін)
Аналогтық кірістер	6
Кірістегі/шығыстағы тұрақты ток	40 мА
3,3 В шығысындағы тұрақты ток	50 мА
Флеш-жады	32 Кб (ATmega328) оның ішінде 0.5 Кб жүктеуші үшін қолданылады
Жедел есте сақтау құрылғысы	2 Кб (ATmega328)
EEPROM	1 Кб (ATmega328)
Такттік жиілік	16 МГц

Arduino Uno USB байланысы немесе сыртқы қорек көзі арқылы қорек алады. Қуат көзі автоматты түрде таңдалады. Сыртқы қорек көзі AC/DC кернеу түрлендіргіші (қорек блогы) немесе аккумуляторлық батарея арқылы берілуі мүмкін. 12 В жоғары кернеуді пайдалану кезінде кернеу реттегіші қызып, ақыға зақым келтіруі мүмкін. Ұсынылған диапазон 7 В бастап 12 В дейін[17].

Қорек көзінің шығыстары:

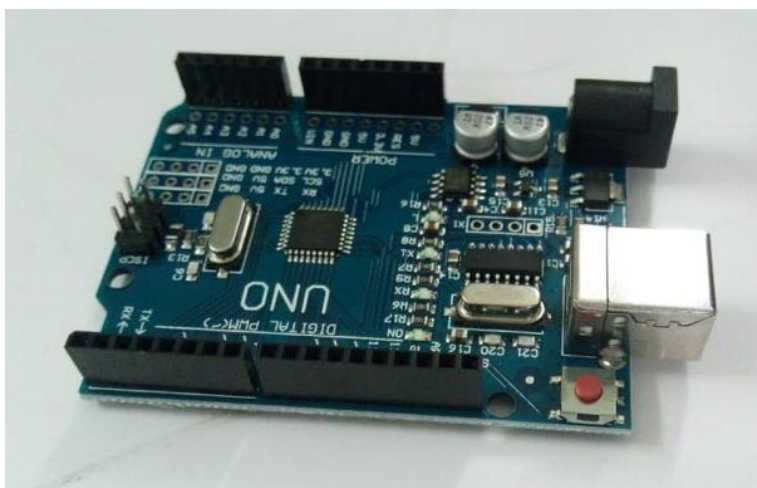
– VIN кірісі сыртқы көзден қуат беру үшін пайдаланылады (USB қосқышынан немесе басқа реттелетін қуат көзінен). Қуат кернеуін беру осы шығыс арқылы жүзеге асырылады;

– 5V - микроконтроллерді және платадағы компоненттерді қоректендіру үшін қолданылатын реттелетін кернеу көзі. Қорек көзі VIN шығысынан кернеу реттегіші арқылы, немесе USB қосқышынан, немесе басқа реттелетін 5 В кернеу көзінен берілуі мүмкін;

– 3V3 - 3.3 В шығысындағы платада кіріктірілген реттеуішпен генерацияланатын кернеу көзі. Максималды тұтыну тогы 50 мА.

– GND - жерге тұйықтау шығысы.

АТmega328 микроконтроллердің 32 Гб флэш жадысы бар, оның 0.5 кБ жүктеушіні сақтау үшін қолданылады, сондай-ақ 2 кБ ЖЕСҚ және 1 Кб EEPROM. Қорек кернеуі 7 В-тан төмен болғанда 5V шығару 5 В-тан кем бере алады, бұл ретте платформа тұрақсыз жұмыс істей алады. Кернеу түрлендіргіш орталық оң полюсті 2.1 мм коннекторы арқылы қосылады. Батареядан сымдар GND және Vin қуат қосқышы шығыстарына қосылады. Әрбір 14 сандық шығысын кіріс немесе шығыс ретінде жөндеуге, алмастыруға болады. Әрбір шығысында 20-50 кОм жүктеме резисторы бар және ол 40 мА дейін өткізе алады. Uno платформасында 6 аналогтық кіріс орнатылған (А0.. А5 ретінде белгіленген), әрбіреуінің жадысы 10 битке тең.



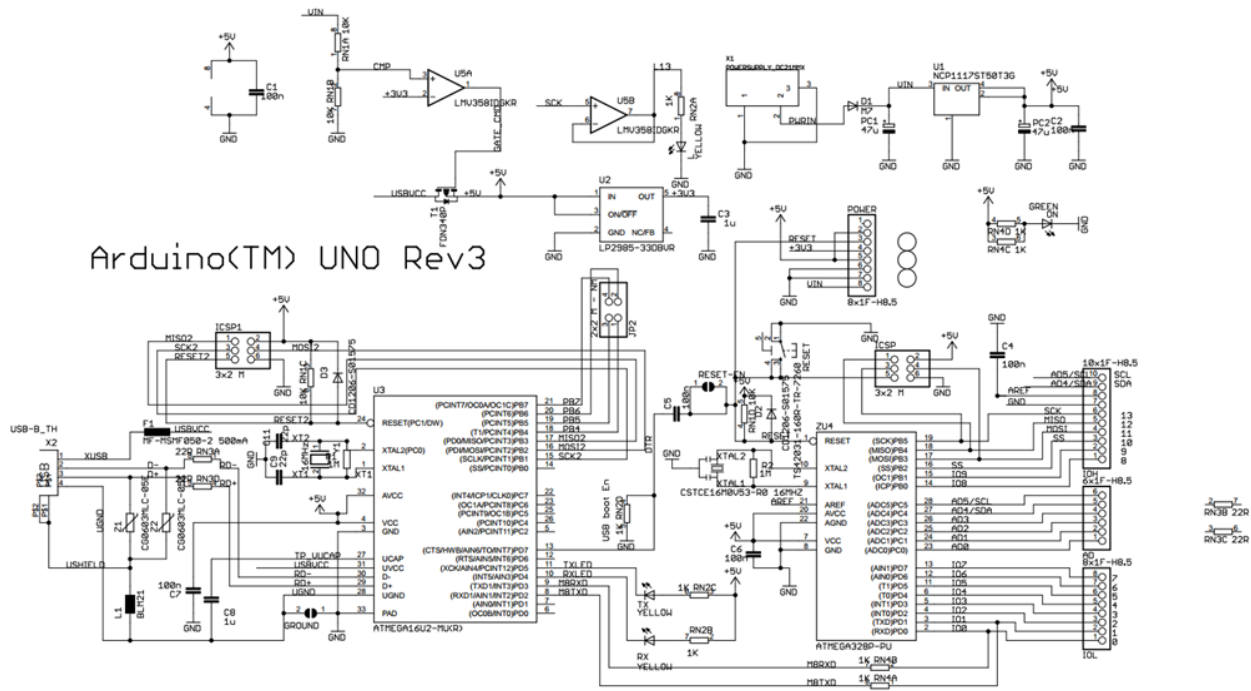
3.1 Сурет – Arduino Uno платформасы

Платформа шықпаларының қосымша жұбы:

а) AREF - аналогтық кірісі үшін тірек кернеуі. AnalogReference() функциясы арқылы жұмыс істейді;

б) Reset - шығыс сигналының төмен деңгейі микроконтроллерді қайта жүктейді. Әдетте, Arduino платасындағы батырмаға кіруді жабатын кеңейту платасындағы қайта жүктеу түймесін қосу үшін қолданылады.

Arduino Uno платформасында компьютермен, басқа Arduino құрылғыларымен немесе микроконтроллерлермен байланыс үшін бірнеше құрылғы орнатылған. АТmega328 0 (RX) және 1 (TX) қорытындыларымен жүзеге асырылатын UART TTL (5 В) тізбекті интерфейсін қолдайды. Atmega8u2 микросхемасында орнатылған бұл интерфейссті USB арқылы, компьютер жағындағы бағдарламалар Виртуалды СОМ порты арқылы төлеммен "қарым-қатынас" арқылы жібереді. Платформадағы RX және TX жарық диодтары деректерді FTDI немесе USB жалғау микросхемасы арқылы тасымалдаған кезде жыпылықтайды (бірақ 0 және 1 қорытындылар арқылы тізбекті жіберуді пайдаланғанда емес). SoftwareSerial кітапханасымен кез келген Uno сандық қорытындылар арқылы деректерді жүйелі жіберуді жасауға болады. АТmega328 I2C (TWI) және SPI интерфейсін қолдайды. Arduino I2C шинасын пайдалану үшін Wire кітапханасы қосылған.

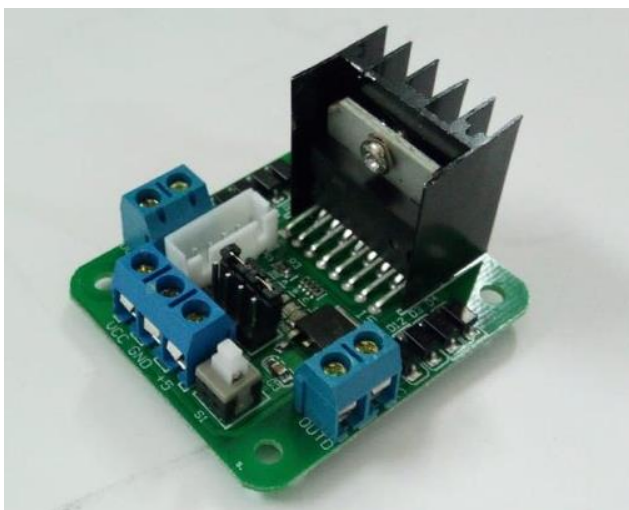


3.2 Сурет – Arduino Uno платформасының принциналды схемасы

Uno баспасының ұзындығы мен ені тиісінше 6.9 және 5.3 см. Платадағы төрт тесік оны бетіне бекітуге мүмкіндік береді. 7 және 8 Сандық шығыс арасындағы қашықтық 0,4 см-ге тең, бірақ басқа Шығыс арасында 0,25 см-ге тең. Arduino Uno-да компьютердің USB портын қысқа тұйықталу токтарынан және аса токтардан қорғайтын өздігінен тоқтайтын сақтандырғыш (автомат) орнатылған. Сақтандырғыш 500 мА астам ток USB порты арқылы өткен кезде іске қосылады және тізбекті токтың қалыпты мәндері қалпына келтірілгенге дейін ажыратады.

3.2 L298N микросхемасы негізіндегі қозғалтқыш драйверінің модулі

L298N микросхемасы қосарлы көпірлік қозғалтқыш драйвері болып табылады және DC және қадамдық қозғалтқышты басқаруға арналған. Бұл микросхема робот жасауда өте кең қолданылады. Модуль 5-тен 35 В дейінгі кернеулі қадамдық қозғалтқыштарды басқару үшін қолданылады. Бір L298N тақтасы бір уақытта екі қозғалтқышты басқара алады. Микросхема қамтамасыз ететін ең үлкен жүктеме әр қозғалтқышқа 2 А құрайды. Қозғалтқыштарды параллель байланыстырса, бұл мән 4 А дейін көбейтілуі мүмкін.



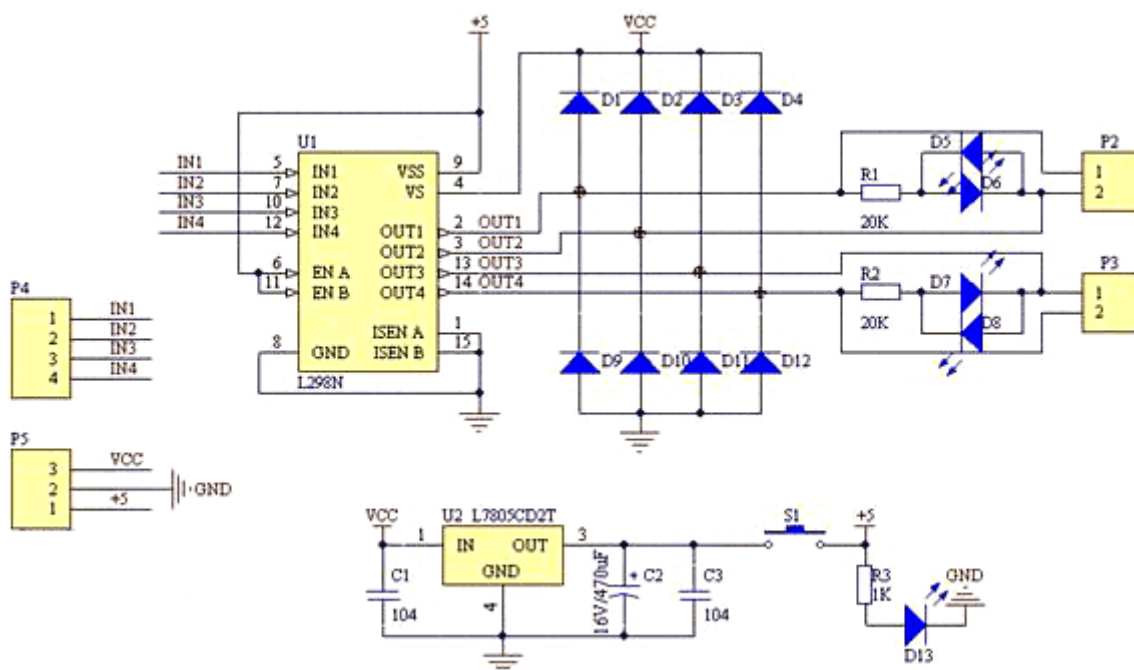
3.3 Сурет – L298N микросхемасы негізіндегі қозғалтқыш драйверінің модулі

L298N микросхемасының пиндері:

- Vcc - сыртқы қорек көзін қосу үшін пайдаланылады;
- 5B;
- GND жерлендіру;
- IN1, IN2, IN3, IN4 - мотордың айналу жылдамдығын тегіс басқару үшін қолданылады;
- OUT1, OUT2 - бірінші қозғалтқыштан шығу үшін қолданылады;
- OUT3, OUT4 - екінші қозғалтқыштан шығу үшін қолданылады;
- S1 - схеманың қоректенуін ауыстырады: сыртқы көзден немесе ішкі түрлендіргіштен;
- ENABLE A, B - арналарды бөлек басқару үшін қажет. Екі режимде белсенді қолданылады, ол кезде арналарды микроконтроллер басқаратын және айналу жылдамдығын өзгерту мүмкіндігі бар және қозғалтқыш жылдамдығын басқару мүмкін емес пассивті (ең жоғарғы мән орнатылған).

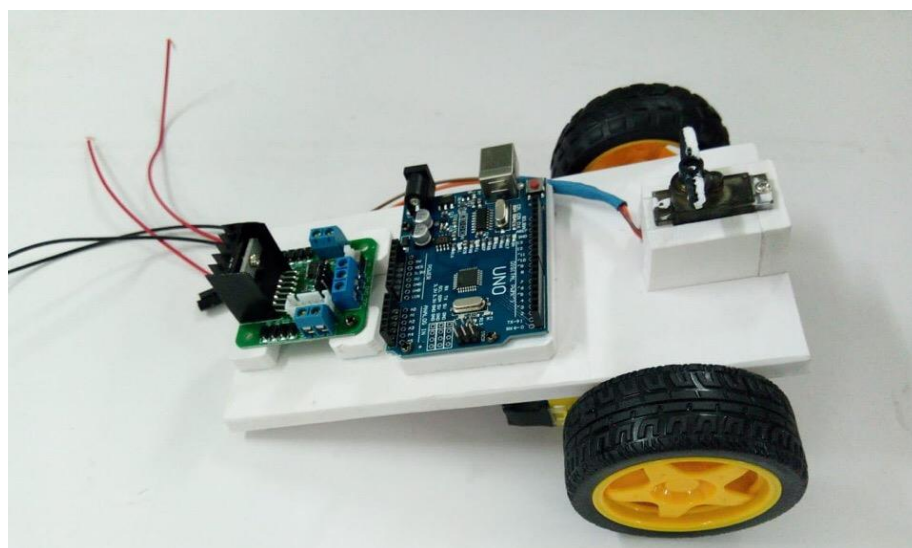
Қозғалтқыш драйвері тұрақты ток қозғалтқыштарын немесе қадамдық қозғалтқыштарды пайдаланатын ардуино жобаларында өте маңызды рөл атқарады.

Драйвердің микросхемасы көмегімен мобильді роботтарды, ардуинодағы дербес автомобильдерді және басқа да механикалық модульдері бар құрылғыларды жасауға болады. 3.4-суретке сәйкес L298N микросхемасы негізіндегі қозғалтқыш драйверінің модулі мен ATmega328 микроконтроллері негізінде Arduino Uno платформасының мобильді робот жасау барысындағы тақтаға жалғануы көрсетілген.



3.4 Сурет – L298N микросхемасының принципалды схемасы

ШИМ басқару қозғалтқыштың айналу жылдамдығын бірқалыпты өзгертуге мүмкіндік береді. Егер біз басқару қажет болмаса, онда тиісті кіріске тек логикалық 1 беру керек. IN1 немесе IN2 қандай кіріске сіз ШИМ сигналын бересіз, немесе айналу бағыты-айырмашылық жоқ. IN3, IN4 кіру үшін де әділ.



3.5 Сурет – Мобильді роботтың құрастырылуы (L298N микросхемасы және Arduino Uno платформасы)

Екі қозғалтқышты қосқан кезде, олардың бірдей полярлығы болуын тексеру керек. Егер полярлық әртүрлі болса, қозғалыс бағытын берген кезде олар қарама-қарсы жаққа айналады.

3.3 HC-SR04 ультрадыбыстық қашықтық өлшегіш

Ультрадыбыстық қашықтық өлшегіш датчиктері өзінің салыстырмалы қарапайымдылығына, жеткілікті дәлдігіне және қол жетімділігіне байланысты робототехникалық жобаларға өте қажет. Олар кедергілерді айналып өтуге, заттардың өлшемін алуға, үй-жай картасын модельдеуге және объектілердің жақындауы немесе жойылуы туралы белгі беруге көмектесетін аспаптар ретінде пайдаланылуы мүмкін. Мұндай құрылғының кең таралған нұсқаларының бірі-HC SR04 ультрадыбыстық қашықтықты өлшегіші бар қашықтық датчигі(11).



3.6 Сурет – HC-SR04 ультрадыбыстық қашықтық өлшегіш

Ультрадыбыстық қашықтық өлшеуіш төрт метр радиустағы объектілерге дейінгі қашықтықты анықтауға арналған. Модульдің жұмысы эхолокация принципiне негiзделген.

Модуль ультрадыбыстық сигнал жібереді және объектіден оның көрінісін қабылдайды. Жіберу мен импульсті алу арасындағы уақытты өлшеп, кедергіге дейінгі қашықтықты есептеу қиын емес.

Сенсор төрт шығыспен жабдықталған (стандарт 2, 54 мм):

- Оң түрдегі қуат байланысы - +5V;
- Trig (T) – кіріс сигналының шығысы;
- Echo (R) – шығу сигналын шығысы;
- GND - "жер"шығысы.

Ардуино қашықтық сенсоры байланыссыз типті аспап болып табылады және жоғары дәлдікті өлшеу мен тұрақтылықты қамтамасыз етеді. Оның жұмысына электромагниттік сәулелер мен күн энергиясы елеулі әсер етпейді. HC SR04 arduino модуль жиынтығына ресивер мен трансмиттер кіреді[18].

HC SR04 ультрадыбыстық қашықтық өлшеуішінің осындай техникалық параметрлері бар:

- Қуат беретін кернеу 5В;
- Ток күшінің жұмыс параметрі-15 мА;
- Пассивті күйдегі ток күші < 2 мА;
- Шолу бұрышы-15°;
- Сенсорлық рұқсат-0,3 см;
- Өлшеу бұрышы-30°;
- Импульстің ені-10-6 с.

Ультрадыбыстық датчиктің объектіге дейінгі қашықтықты анықтау қабілеті сонар принципіне негізделген – ультрадыбыстың тозаңды шоғыры және оның кідіруімен көрінісін ала отырып, құрылғы объектілердің бар-жоғын және оларға дейінгі қашықтықты анықтайды.

Қабылдағыш жасайтын ультрадыбыстық сигналдар кедергілерден көріне отырып, белгілі бір уақыт аралығында оған қайтарылады. Бұл уақыт аралығы объектіге дейінгі қашықтықты анықтауға көмектесетін сипаттамаға айналады.

3.4 Мобильді роботты құрастыру

Бұйымның құрамдас бөліктерінің қосылыстарын байланыстыру құрастыру, құру болып табылады.

Құрастырудың технологиялық процесі өзіне белгіленген техникалық талаптарға жауап беретін бұйымды алу мақсатында қандай да бір құрастыру бірлігін құрайтын барлық бөлшектерді тізбектей қосу және бекіту болып табылады. Бұдан басқа, құрастыру процесінде бөлшектердің өзара орналасуының талап етілетін дәлдігін бақылау жүзеге асырылады.

Роботты құрастыру - күрделі емес процесс, бірақ назар аударуды қажет етеді, себебі сымдарды дұрыс емес жалғау электрондық компоненттердің бұзылуына әкелуі мүмкін. Ал қозғалтқыштардың дұрыс бекітілмеуі, мысалы, бұрандалардың күшті тартылуы олардың сынуына әкелуі мүмкін[19].

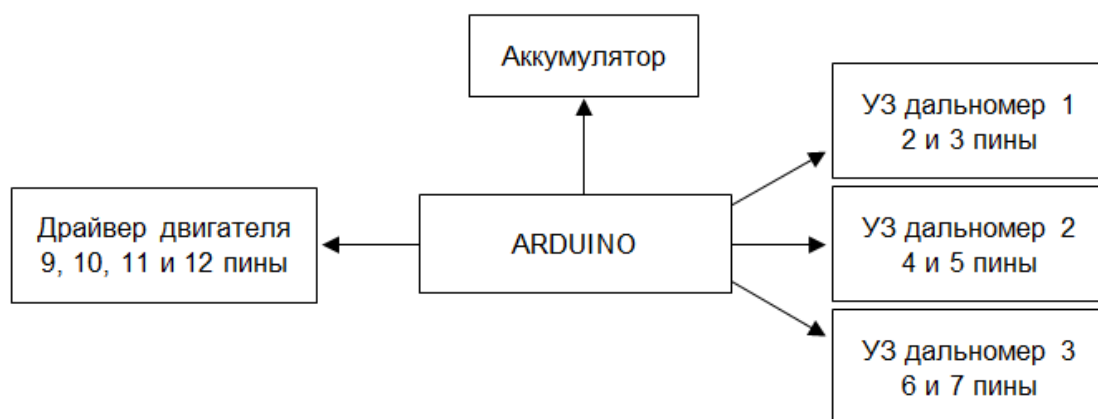
Кедергілерді айналып өтетін автоматты түрде басқарылатын мобильді роботты құрастыру үшін керекті материалдар тізімі:

- ATmega328 микроконтроллері негізінде Arduino Uno платформасы;
 - L298N микросхемасы негізіндегі қозғалтқыш драйверінің модулі;
 - 3 HC-SR04 ультрадыбыстық қашықтық өлшегіш;
 - DC моторлары;
 - Тірек дөңгелегі;
 - Батырма;
 - Сымдар;
 - Батареялар;
 - Паяльник;
 - Термоорнатқыш.



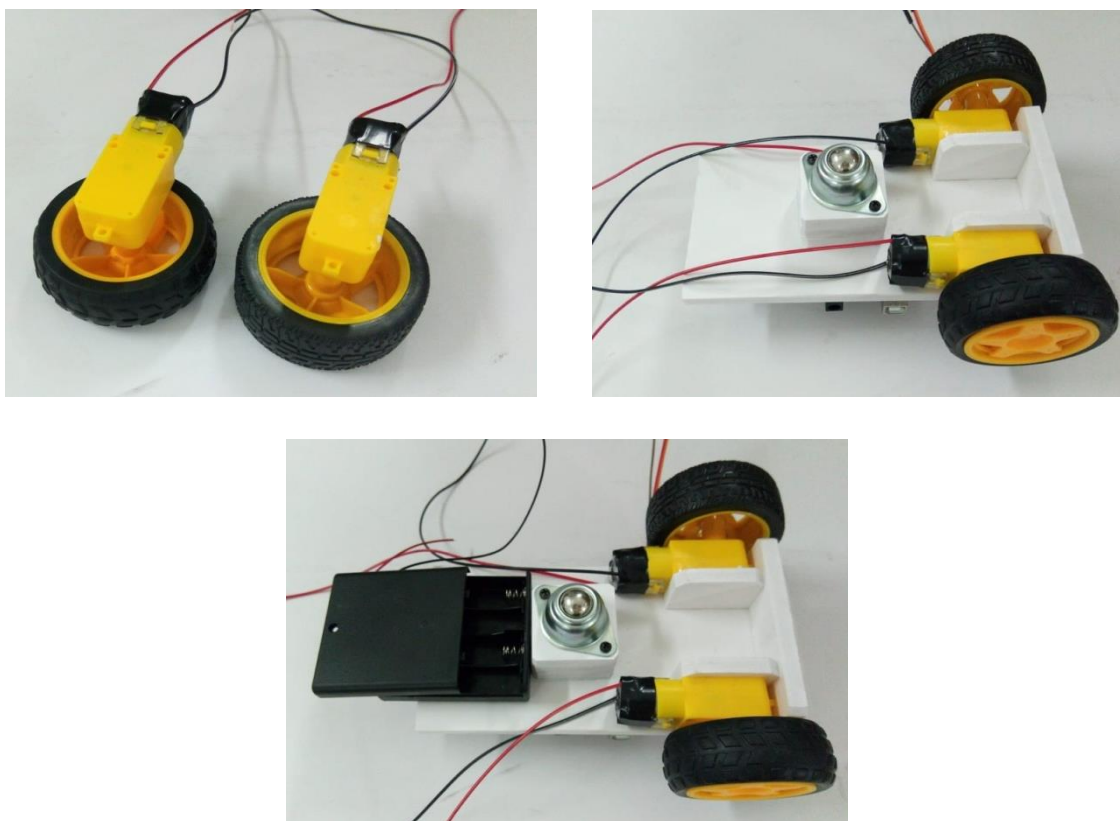
3.7 Сурет – Мобильді роботты құрастыру үшін керекті материалдар

Осы жиынтықтан екі доңғалақты мобильді роботтың классикалық платформасын жинауға болады. Платформа орташа өлшемдері бар, бұл оны пайдалануға мүмкіндік береді, мысалы, үстелде, сонымен қатар Arduino Uno электроника платасын және түрлі сенсорларды ыңғайлы орналастыру үшін көп орын; сервопривод үшін штаттық орын бар.. Мұның бәрі платформада штаттық тесіктерге ыңғайлы бекітіледі және дрель мен егеуішке жүгінбей, мобильді роботтың көптеген базалық функцияларын жүзеге асыруға көмектеседі. Қорек көзі ретінде кернеуі 1,5 В-қа тең 4 батареялар қолданылады.



3.8 Сурет – Мобильді роботтың құрылымдық схемасы

Arduino үшін мотор-редуктор - бұл пластикалық корпусқа жасалған кез келген жобаның қозғаушы күші. Мотор-редукторға берілетін қоректендірудің полярлығы айналу бағытын көрсететін болады, ал корпус температурасы оның жұмыс режимін көрсететін болады[20].



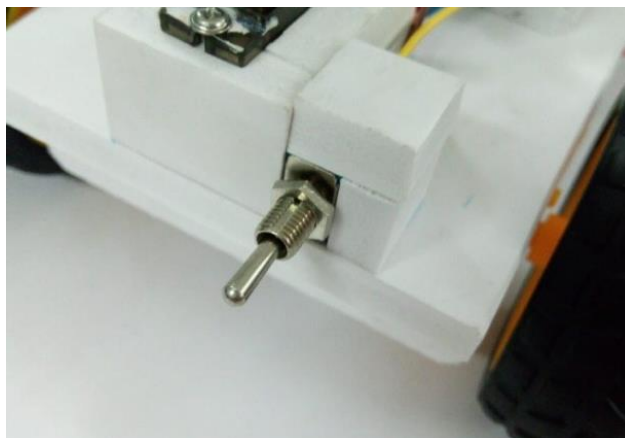
3.9 Сурет – DC моторларының, тірек дөңгелектің және батареяның платформаға орнатылуы

Бұл мотор-редуктор-графиттен жасалған щеткалары бар шағын қуатты коллекторлық қозғалтқыш және металл редуктор. Ол 10 x 12 мм көлденең қимасы бар, ал D-тәрізді редуктор шығыстық білігінің ұзындығы 10 мм және диаметрі 3 мм болады, қозғалтқыштың қарама-қарсы жағынан ұзындығы 5 мм және диаметрі 1 мм ұзартылған білік қосымша болады.

Мотор-редуктордың негізгі сипаттамалары:

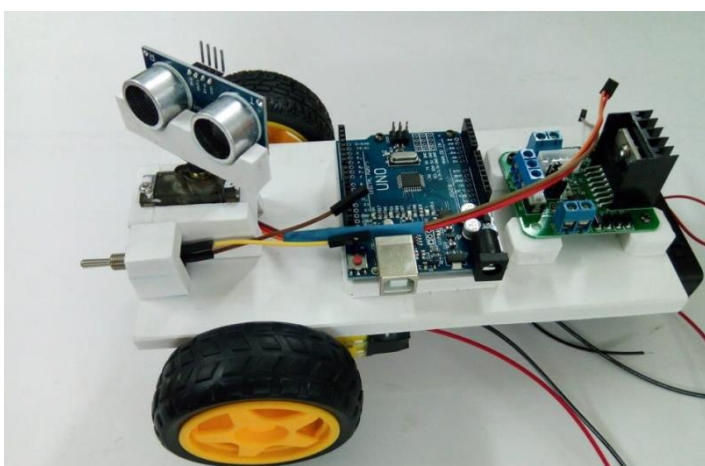
- Жұмыс кернеуі: 3-12В;
- Номиналды кернеу: 6В;
- Момент: 0.8 кг / см (3 В), 2 кг / см (6В);
- Беріліс саны: 1: 48;
- Тұтыну тогы: < 300 мА;
- Айналу жылдамдығы: шамамен 140 об./ мин (3 В), шамамен 280 об./ мин (6 В);
- Өлшемі: 7x2.2x3.7 см;
- Салмағы: 31 г.

Аналогтардан айырмашылығы, бұл мотор-редуктордың сапалы мыс байланысы және графиттен жасалған, қызмет ету мерзімі жоғары щеткалар, сондай-а энкодерді опционды орнату үшін қозғалтқыштың ұзартылған білігі бар. Сымдар қозғалтқыштар драйверінің төлеміне дейін алып қана қоймай, сондай-ақ ұқыпты төселген болуы үшін жеткілікті ұзындықта болуы тиіс. Олар үшін ұзындығы 12-15 см қалдырыңыз, драйверді монтаждау кезінде артық қиылуға болады[21].



3.10 Сурет – Батырма

Кедергілерді айналып өтетін автоматты түрде басқарылатын мобильді роботты құрастыру кезінде керекті материалдарды платформаға дұрыс және қауіпсіз орнату үлкен рольді атқарады. Орын ауыстыру барысында қиыншылықтар мен кедергілер болмас үшін мобильді роботты жасау барысында оның материалдарын берік орнатып, әрі максималды түрде ыңғайлы орналастыру керек. Бөлшектерді роботтан оңай ажырату үшін құрастыру схемасын икемді жасау керек.



3.11 Сурет – Мобильді роботтың бөлшектері толықтай жиналған түрі

Роботқа толық қорек көзі пен басқару жүргізілген кезде, ол бекітілмеген сымдар қақпасының астында жасырылады. Болтты сымдар, әдетте, бір нәрсе үшін тізбектеледі, бұл олардың ажыратылуына немесе үзілуіне әкеледі. Мұндай проблемаларды болдырмау үшін сымдарды біріктіру және салу керек. Бұл кішкентай стаяжалар немесе изолента арқылы жасауға ыңғайлы. Сондай-ақ, термоклейді пайдалануға болады, ол үшін корпусқа термоклея тамшысы ауыстырылады, содан кейін оған сымдар жылытылады. Егер сымдарды босату қажет болса, термоклейді 200 градусқа дейін қыздыру керек, мысалы, феномен[22].

Робот жиналды. Енді оны бақылау, жыртылған сымдардың жоқ-жоғын тексеру, дөңгелектерді кию және роботты моторларды пайдалануға, түзу сызықты қозғалыс пен бұрылыс жасауға үйрететін бірінші бағдарламаны жасауға кірісу керек.

Жиналған роботтың жұмысқа қабілеттілігін тексеру үшін оған қозғалыстардың белгілі бір реттілігі бар қарапайым бағдарламаны жазу қажет.

Кедергіні айналып өтетін роботтың қозғалысын басқару үшін арналған бағдарламалық код А Қосымшасында көрсетілген. Біз жасаған функциялар тек қана берілген параметрлері бар моторларды қамтиды, бірақ процестің ұзақтығын басқаруға мүмкіндік бермейді. Бұл робот пысықтау берілген оған командасын қалай сместится. Әрине, қозғалыс орындалатын уақыттан қозғалыстың шамасы тәуелді: егер бұл бұрылыс болса, онда уақытты ұлғайту бұрылыс бұрышын арттырады, ал егер бұл алға жылжу болса, онда өткен қашықтық артады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобада кедергіні айналып өтетін автоматтандырылған басқару жүйесі бар машинаны жасау қарастырылған.

Навигация міндеті мобильді робототехниканың негізгі проблемасы болып қалады, бұл жұмыс кеңістігіндегі мобильді роботтың жағдайын анықтауды білдіреді — қоршаған ортаны оқшаулау және ұсыну, сипаттау.

Роботтың ағымдағы жағдайы туралы ақпарат басқарудың көптеген мәселелерін шешу үшін қажет: берілген траекториядан өту, берілген нүктеге жолды іздеу, бастапқы жағдайға оралу. Көбінесе карта немесе жергілікті жердің жоспары түрінде ұсынылатын қоршаған әлем туралы ақпарат жүріп өткен маршрутты есте сақтау, статикалық кедергілерді айналып өту траекториясын жоспарлау, динамикалық объектілерді бақылау үшін қажет.

Мобильді автономды роботтар әрдайым өз міндеттерін орындауға, оларда орнатылған сенсорлардан ақпаратты үнемі алуға және өңдеуге көшуі тиіс. Қарапайым мобильді роботтар келесі компоненттерге ие: контроллер, датчиктерді бағдарламалық қамтамасыз ету және атқарушы тетіктер. Контроллер, әдетте, микропроцессор, кіріктірілген микроконтроллер немесе дербес компьютер.

Машина берілген траекториялар бойынша қозғалуға, қысқа маршрутты іздеуге, сондай-ақ кедергілерді айналып өтуге қабілетті. Атап айтқанда, екі дифференциалды жетектері және бір тірек дөңгелегі бар мобильді робот қарастырылады.

Жұмыс барысында траекторияны жоспарлау және екі доңғалақты мобильді роботтың қозғалысын басқару жүйесі ретінде қолданылуы мүмкін бағдарламалық құралдар жиынтығы алынды. Кедергілерді айналып өтетін автоматты түрде басқарылатын машинаны бағдарламалық қамсыздандыру барысында Arduino бағдарламалау ортасы, C++ бағдарламалау тілі қолданылды.

Жұмыстың мақсаты интеллектуалды алгоритмді қолдану есебінен кедергілері бар жұмыс кеңістігіндегі мобильді роботтың физикалық қозғалысының тиімділігін арттыру болып табылады.

Қазіргі заманғы мобильді робот техникасының негізгі үрдісі телебасқару жүйелерінен роботтың барлық іс-қимылдарын орындау үшін адамның тікелей қатысуын талап ететін автономды жүйелерге көшу болып табылады, онда оператор тек соңғы және аралық мақсаттарды көрсетеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Юревич Е.И. Основы робототехники. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.:БХВ - Петербург, 2005.

- 2 Макаров И.М Робототехника: История и перспективы. - М.: Наука,2003.
- Крейг Дж.Дж. Введение в робототехнику. Механика и управление. – 2013. – 564 с.
- 3 Попов Е. П., Письменный Г. В. Основы робототехники: Введение в специальность. — М.: Высшая школа, 1990. — 224 с
- 4 Вильямс Д. «Программируемые роботы», НТ Пресс, 2006.- 240с.
- 5 Герасимов В.Н., Михайлов Б.Б. Решение задачи локализации мобильного робота в помещении / Труды XXII международной научно- 71 технической конференции «Экстремальная робототехника». / СПб: Изд-во «Политехника-сервис». 2011. С. 441–449.
- 6 Зенкевич С.Л., Назарова А.В. Система управления мобильного колесного робота / Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Приборостроение”. 2006. №3. С. 31–51.
- 7 Бутов П.А. Разработка и исследование элементов систем управления, Сергей Бобровский. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.computer-museum.ru/frgnhist/robonav.html>
- 8 Жуков Р.В. Методы оценки положения объекта в пространстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/636938.html>
- 9 Evolution Robotics // Электронный ресурс. — URL: <http://www.irobot.com/>.
- 10 Жмылевская М.А., Гришин Б.В. Мобильные роботы, используемые в машиностроительных отраслях. - М.: ВНИИ-ТЭМР, 1991. – 280 с.
- 11 Платт Ч. Энциклопедия электронных компонентов. Т. 3. Датчики местоположения, присутствия, ориентации, вибрации, жидкости, газа, света, тепла, звука, электричества / Ч. Платт, Ф. Янссон. – 2017. – 288 с.
- 12 Стальский В.В., Проскуряков Р.М. Нечеткая логика и ее применение в автоматическом регулировании/ СПб.: СПГИ, 1998. – 94 с.
- 13 Навигация сервисного робота на поле для гольфа. Построение пути и обход препятствий // Электронная версия на сайте <https://habr.com/ru/post/426693.html>
- 14 Мартыненко Ю.Г. Динамика и кинематика мобильных роботов// Соросовский образовательный журнал. — 2000. — №5. — с. 110-116.
- 15 Марченко В. В., Марченко М. В. Разработка проверочного стенда для экспериментального подтверждения перемещения в пространстве роботизированного шасси/ Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VII научно-практической конференции (25–28 мая 2016 г.) / под ред. А.В. Юрченко; – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2016. – 572-577 с.
- 16 Герасимов В.Н. Алгоритм SLAM на основе корреляционной функции/ Экстремальная робототехника: Сборник докладов всероссийской наудотехнической конференции. / СПб: Изд-во «Политехника-сервис». 2015. С. 101– 106.
- 17 Блум Дж. Изучаем Arduino. Инструменты и методы технического волшебства. – 2018. – 336 с.

18 Анализ поведения автоматических радиодальномеров при случайных возмущениях / В. В. Григорьев, Д. В. Козис, А. Н. Коровьяков, Ю. В. Литвинов // Изв.вузов. Приборостроение. — 2010. — № 7. — С. 26–32.

19 Бишоп О. Настольная книга разработчика робота. – К.: «МК-Пресс». СПб.: «КОРОНА-ВЕК», 2010. – 400 с.
. — ISBN 5-06-001644-7.

20 Першина Ж. С., Баран Е. Д. Генерация моделей карт местности для исследования алгоритмов поиска пути мобильного робота / Материалы международной научно-практической конференции «Робототехника и искусственный интеллект» - Железногорск, Россия, 2011 г.

21 Марченко М. В., Марченко В. В. Разработка системы технического зрения для автономного управления робототехнической системой/ Иноватика2016: сборник материалов XII международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (20 – 22 апреля 2016 г.) / под ред. А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова. – Томск: STT, 2016. – 145 -148 с.

22 Марченко М. В., Марченко В. В. Применение системы технического зрения для выявления отклонений от заданной траектории движения мобильных объектов/ Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VII научно-практической конференции (25–28 мая 2016 г.) / под ред. А.В. Юрченко; – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2016. – 561-565 с.

ҚОСЫМША А

```
int C_trigPin = 5;  
int C_echoPin = 4;
```

```
int R_trigPin = 3;  
int R_echoPin = 2;
```

```
int L_trigPin = 7;  
int L_echoPin = 6;
```

```
String RE = "NEXT"; int L_dis, R_dis;
```

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);
```

```
  pinMode (12, OUTPUT);  
  pinMode (11, OUTPUT);  
  pinMode (10, OUTPUT);  
  pinMode (9, OUTPUT);
```

```
  pinMode(C_trigPin, OUTPUT);  
  pinMode(C_echoPin, INPUT);  
  pinMode(R_trigPin, OUTPUT);  
  pinMode(R_echoPin, INPUT);  
  pinMode(L_trigPin, OUTPUT);  
  pinMode(L_echoPin, INPUT);  
}
```

```
void loop() {  
  delay(100);
```

```
  int duration, distance;  
  digitalWrite(C_trigPin, LOW);  
  delayMicroseconds(2);  
  digitalWrite(C_trigPin, HIGH);  
  delayMicroseconds(10);  
  digitalWrite(C_trigPin, LOW);  
  duration = pulseIn(C_echoPin, HIGH);  
  distance = duration / 58;  
  Serial.println(distance);  
  if ((distance > 5) and (distance < 90)) { RE = "LR-CHEK"; }
```

```

if (RE == "LR-CHEK") {
    delay(100);
    int duration, distance;
    digitalWrite(R_trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(R_trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(R_trigPin, LOW);
    duration = pulseIn(R_echoPin, HIGH);
    distance = duration / 58;
    if ((distance > 5) and (distance < 90)) { R_dis = 100; } else { R_dis = 0; }

    delay(100);
    digitalWrite(L_trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(L_trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(L_trigPin, LOW);
    duration = pulseIn(L_echoPin, HIGH);
    distance = duration / 58;
    if ((distance > 5) and (distance < 90)) { L_dis = 100; } else { L_dis = 0; }

    if (R_dis > L_dis) { RE = "RIGHT"; }
    if (R_dis < L_dis) { RE = "LEFT"; }
    if (R_dis == 0 || L_dis == 0) { RE = "GOBACK"; }
}

if (RE == "STOP") {
    digitalWrite(12, 0);
    digitalWrite(11, 0);
    digitalWrite(10, 0);
    digitalWrite(9, 0);
}
if (RE == "NEXT") {
    digitalWrite(12, 0);
    digitalWrite(11, 1);
    digitalWrite(10, 0);
    digitalWrite(9, 1);
}

if (RE == "RIGHT") {
    digitalWrite(12, 0);
    digitalWrite(11, 1);
}

```



```
digitalWrite(10, 1);
digitalWrite(9, 0);
delay(500);
RE = "NEXT";
}

if (RE == "LEFT") {
digitalWrite(12, 1);
digitalWrite(11, 0);
digitalWrite(10, 0);
digitalWrite(9, 1);
delay(500);
RE = "NEXT";
}
if (RE == "GOBACK") {
digitalWrite(12, 0);
digitalWrite(11, 1);
digitalWrite(10, 1);
digitalWrite(9, 0);
delay(1500);
RE = "NEXT";
}
}
```