

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Толеуханова Мадина Маралбековна

«Бақша роботын зерттеу және әзірлеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

5B071600 – Аспап жасау мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

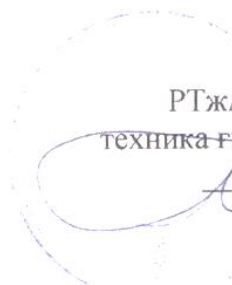
Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы



ҚОРҒАУҒА РҮҚСАТ

РТЖАТҚ кафедра менгерушісі

техника ғылымдарының кандидаты

Қ.А. Ожикенов

«25» мамыр 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: «Бакша роботын зерттеу және әзірлеу»

5B071600 – Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындады

Толеханова М.М

Рецензент

Ғылыми жетекшісі
тех.ғылым магистрі,
сениор-лектор

Баянбай Н.А.



«25» мамыр 2022 ж.

«25» мамыр 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 – Аспап жасау

БЕКІТЕМІН

РТжАТҚ кафедра менгерушісі

техника ғылымдарының кандидаты

Қ.А. Ожикенов

«25» мамыр 2022 ж.

ТАПСЫРМА

дипломдық жобаны орындауға

Білім алушыға Толеуханова Мадина Маралбековна

Тақырыбы: Бақша роботын әзірлеу және зерттеу

Университет ректорының бұйрығымен бекітілген № ___ «__» _____ 20 ж.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «__» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы мәліметтері: нарықтағы бақша роботтары туралы ақпарат пен техникалық сипаттамаларын іздестіру, автоматты суару жүйесін қарастыру және оны әзірлеу, Arduino бағдарламасында бақша роботының басқару жүйесін құрау.

Дипломдық жобада әзірленуге жататын мәселелер тізімі:

- а) Автоматты суару жүйесі және метеостанция
- б) Arduino микроконтроллер арқылы басқару жүйесін құру, зерттеу
- в) Бақша роботының макетін құрастыру.

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

15 слайд
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 15 әдебиеттер тізімі

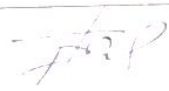
Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	22.01–15.02.2022ж	Орындалды
Бағдарламалық бөлім	15.02–20.03.2022ж	Орындалды
Зерттеу бөлімі	21.03–15.04.2022ж	Орындалды
Қорытынды бөлім	15.04–23.04.2022ж	Орындалды

Аяқталған дипломдық жобаға және оған қытысты бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының

ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекшілер, кеңесшілер, (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Н.А.Баянбай техника ғылымдарының магистрі, сениор-лектор	25.05.22	

Ғылыми жетекшісі



Н.А.Баянбай

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



М.М. Толеуханова

Күні

« » мамыр 2022 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыста ауыл шаруашылығын роботтандыру барысында өнім сапасын жақсартуға, қауіпсіздікті арттыруға мүмкіндік беретін бақшаға арналған роботты (бақша-робот) жобалау қарастырылды.

Жобаның негізгі мақсаты — өсімдіктер мен қоршаған ортаның жағдайын бақша робот арқылы тәулік бойы бақылау, берілген параметрлерден ауытқуларды реттеу және адамның қатысуынсыз өндірістік процесстерді басқару, яғни адам өмірін жеңілдету.

Теориялық бөлімінде роботтың міндеттері, жұмыс сипаттамалары, оның белгілі бір құрылғылармен жұмыс істеу принциптерін, олардың тиімділігін бағалау, сондай-ақ жетілдірілген роботты құру болып табылады.

Практикалық бөлімінде бақша роботын әзірлеу үшін қажетті құрылғылар, олардың қосу алгоритмдері және роботтың басқару жүйесі, яғни Arduino бағдарламасында жұмыс жасауы, сонымен қатар SLAM жүйесі, жобаның толық принципіалды және функционалды сұлбалары көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассмотрено проектирование садового робота (робот-садовник), позволяющего улучшить качество продукции, повысить безопасность при роботизации сельского хозяйства.

Основная цель проекта – круглосуточное наблюдение за состоянием растений и окружающей среды с помощью садового робота, регулирование отклонений от заданных параметров и управление производственными процессами без участия человека, то есть упрощение жизнедеятельности человека.

В теоретической части представлены задачи робота, характеристики его работы, принципы работы с определенными устройствами, оценка их эффективности, а также создание продвинутого робота.

В практической части представлены необходимые для разработки садового робота устройства, алгоритмы их включения и система управления роботом, то есть работа в программе Arduino, а также система SLAM, подробные принципиальные и функциональные схемы проекта.

ABSTRACT

In addition, in this thesis, the design of a garden robot (a robot gardener) is considered, which allows to improve the quality of products, increase safety during the robotization of agriculture.

The main goal of the project is round-the-clock monitoring of the condition of plants and the environment with the help of a garden robot, regulation of deviations from specified parameters and management of production processes without human intervention, that is, simplification of human life.

The theoretical part presents the tasks of the robot, the characteristics of its operation, the Principles of working with certain devices, the evaluation of their effectiveness, as well as the creation of an advanced robot.

The practical part presents the devices necessary for the development of a Garden Robot, the algorithms for their inclusion and the robot control system, that is, work in the Arduino program, as well as the SLAM system, detailed schematic and functional diagrams of the project.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	9
1. Жобаның өзектілігі, зерттеудің мақсаты, міндеттері, объектісі	10
1.1 Нарықты зерттеу мен талдау	10
1.2 Бақша роботы туралы жалпы мәліметтер	12
1.3 Бақша роботардың қолдану аясы, тиімділігі және пайдасы	13
1.4 Роботтың қозғалысына арналған SLAM жүйесі	15
2. Бақша роботының жобалауын қарастыру	16
2.1 Бақша роботын құрастыруына арналған компоненттер	16
2.2 Arduino Nano микроконтроллерінде жиналған метеостанция	18
3. Роботтың аппараттық бөлімі	21
3.1 Қажетті датчиктер мен аспаптарды таңдау	21
3.2 Жетектерді таңдау	24
3.3 Роботтытехникада кең таралған жетектердің түрлері	25
3.4 Бақша роботына арналған электрқозғалтқышы	26
4. Роботтың басқару жүйесі	27
4.1 Электрқозғалтқыштарын басқаруға арналған Arduino Motor Shield L293D	27
ҚОРЫТЫНДЫ	31
ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	32
Қосымша А	
Қосымша Б	

КІРІСПЕ

Роботтарды құрудың негізгі мақсаты — адамды физикалық қиын, монотонды немесе қауіпті жұмысты орындаудан босату. Уақыт өте келе біздің өмірімізде әртүрлі еңбек түрлері жиі пайда бола бастады. Өндірісте және күнделікті өмірде адамның шаруаларын салаларға байланысты роботтардың көмегімен көптеген мәселелерді шешуге болады. Соңғы жылдары, робототехника осы технологиялық тұрақтылықтың маңызды бөлігіне айналуда.

Ауылшаруашылық секторындағы көптеген адамдар роботтарды фермаларда қамтуын технологияны кеңейту бағытында жүретіндігімен келіседі. Шынында да, бірнеше компания қазірдің өзінде сынақ сатысында немесе нарыққа шыққан ауыл шаруашылығында қолдануға арналған роботты жүйелерді құруда айтарлықтай жетістіктерге жетті.

Бұл салада техника әртүрлі ауылшаруашылық өсімдіктерін өсіру кезінде қайталанатын қарапайым операцияларды орындайды. Сонымен қатар, оның басты мақсаты — адам еңбегін ауыстыру, химиялық заттардың адамдарға және қоршаған ортаға зиянды әсерін азайту, сондай-ақ кәсіпорындардың өнімділігі мен дақылдардың өнімділігін арттыруы есептелінеді.

Ресурстарды үнемдеуді есептемегенде, роботтандыру уақытты азайтуға және барлық міндеттердің орындалуын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Бақша роботтар қоршаған ортаның жағдайын, жердің ылғалдылығы мен қышқылдығын талдайтын сенсорлармен жабдықталған, қажет болған жағдайда олар адамның көмегінсіз белгілі бір тапсырмаларды орындай алады. Олар суару, шөп шабу немесе аумақты тазарту үшін әзірленеді. Олар үй шаруашылығында қажетті. Алға қойылған міндеттерді шешу үшін осындай роботтарды пайдалануда нарықты бақылауға бағытталған зерттеулер аса маңызды болып табылады.

Жобаның мақсаты: автоматты суару жүйесінің, метеорологиялық станцияның және көгал шөп оратын машинаның функцияларын орындайтын роботты құру.

Жобаның міндеттері:

- Arduino жиынтығынан жобалар құруды үйрену;
- роботтың дизайнын жинау;
- робот үшін бағдарлама жасау;
- робот үшін конструкцияны өзгертудің қосымша мүмкіндіктерін анықтау.

1 ЖОБАНЫҢ ӨЗЕКТІЛІГІ, ЗЕРТТЕУДІҢ МАҚСАТЫ, МІНДЕТТЕРІ, ОБЪЕКТІСІ

1.1 Нарықты зерттеу мен талдау

Адамға көмектесетін роботтар зертханалық зерттеулер мәртебесінен қарапайым құрылғыларға ауысады. Мысалы, робот шаңсорғыштардың көптеген модельдері бар және олар кір жуғыш машина немесе тоңазытқыш сияқты басқа тұрмыстық көмекшілерден қатты ерекшеленбейді. Роботты шаңсорғыштарға ұқсас, инженерлер бақша учаскесін немесе бақшаны күту үшін ұқсас құрылғылар жасайды. Көгалдандыру роботтарының көптеген сериялық модельдері және көгалдардан арамшөптерді жоюға арналған жеке роботтар бар, бірақ олардың әрқайсысы тек бір профильді тапсырманы орындайды, сондықтан бақшаны күту бойынша негізгі жұмыстарды автоматтандыру үшін бірден бірнеше құрылғы қажет.

Бақша роботтары әртүрлі ауылшаруашылық өсімдіктерін өсіру кезінде қайталанатын қарапайым операцияларды орындайды. Оның басты парызы — адам еңбегін ауыстыру және уақытты үнемдеу. Робототехника технологиялық тұрақтылықтың маңызды бөлігіне айналуға.

Әр түрлі роботтар көптеген функцияларды орындай алады, кейбір роботтар көкөністер мен жемістерді жинаса, басқалары арамшөптерді жоюмен айналысады. Дрондар фермерлерге егіннің жағдайын тез бағалауға көмектесетін аэрофотосуреттер жинайды. Роботты жылыжайлар дәстүрлі ауылшаруашылық жерлерінен мыңдаған шақырым жерде өсіп, адамның қатысуынсыз бүкіл процестерді реттей алады. Осыған қарай, адам өмірін жеңілдету мақсатымен Whirly Max компаниясы Yardroid автономды бағбан роботын ойлап тапты. Ол жер учаскесін аралап, оның әртүрлі бөліктерін өңдейді: өсімдіктерді сумен суарады, арамшөптерді гербицидтермен өңдейді, көгалдарды кесіп тастайды және басқа да жұмыстарды орындайды. Сондай-ақ, ол зарядтау және су құю үшін өздігінен келе алады[1].

Whirly Max инженерлері бірден бірнеше жұмысты автономды орындай алатын әмбебап робот жасады.

1.1 суретте автономды бақша роботының сыртқы құрылысы көрсетілген



Сурет 1.1 – Yardroid роботы

Негізінен робот камераның деректерін басшылыққа ала отырып, өзіне тапсырмалар қояды. Мысалы, ол арамшөптер мен жәндіктерді, жапырақтарды қалай жою керектігін біледі, алайда егер кедергі жасамайтын гүлді жұлып тастауы мүмкін, сол үшін роботты пайдалануымен арнайы сым сияқты қоршағыш құралдарды пайдаланған жөн. Түнгі кезекшілікте ол бейтаныс адамдарды анықтап, қатты сигналдар шығаруы немесе тіпті оларды сумен суаруы мүмкін. Сондай-ақ, кез-келген тапсырманы смартфоннан роботты басқару арқылы қолмен орындауға болады.

1.1-суретте көрсетілген мобильді роботтың құрылғысын толығырақ қарастырайық. Роботтың салмағы 8 кг, өлшемдері 65 × 46 × 30 см. Ауыр салмақты құрылғы және үлкен.

Төменде берілген 1-кестеде бағбан роботтың барлық техникалық сипаттамалары көрсетілген.

Кесте 1 – Yardroid бағбан роботтың техникалық сипаттамалары

Параметрлері	Анықтамасы
Аккумулятор	12 В, 100 Вт*сағ.
Максималды жұмыс жылдамдығы	4 км/сағ
Максималды диапазон	8 км
Зарядты сақтау	4 сағатқа дейін
Су ыдысының көлемі	8 литр
Ілеспе клапан	5 В күн батареясынан жұмыс істейді
Су ағызудың радиусы	10 метр
Су пистолетінің өнімділігі	4 л/мин
Компьютерлік көру кадрларының жиілігі	2 Гц
Камераның көру өрісі	150 градус
Салмағы	8 кг

Yardroid миниатюралық резервуарға ұқсайды және 4 км/сағ жылдамдықпен жүреді, бұл өте баяу жылдамдық және жұмыста тапсырмаларды орындау көп уақытты қажет етеді. Yardroid орнында бұрыла алады, биіктігі 15 см-ге дейін тік кедергілерді және 45°көлбеу беткейлерді жеңе алады. Робот қажет болған кезде батареяны қайта зарядтай алады, сонымен қатар суару үшін су қорын толтыра алады, адам GPS арқылы орналасқан жерін бақылай алады[2].

Еуропада ауылшаруашылық роботтары жаңа емес. Бұл "үрдіс" Ресей мен Қазақстанға енді ене бастады. Көптеген модельдер сынақтан өтеді немесе дамуда. Қазіргі кезде ең көп қолданыстағы бақша роботы – Bosch компаниясының көгалдандыру роботы. Оның жұмыс істеу принципі қарапайым, оның мақсаты – көгалдарды тәртіппен ұстау, яғни атап айтқанда зиянкестерді жою. Кейбір модельдер қайта зарядтау үшін базаға оралады. Басқаларын айтсақ адам оларды алып, орнына қою керек. Конструкция бойынша робот әртүрлі пішіндерге ие бола алады. Роботтың ішінде шөпті кесуге арналған пышақтар (триммер) мен батарея бар[3].

Көгалдандыру роботтары ерекше күтімді қажет етпейді. Олар жаңбырдан және жалпы судан қорықпайды. Кейбір модельдер жаңбыр сенсорымен, ал зарядтау базасы шатырмен жабдықталған. Роботты ұзақ мерзімде пайдалану үшін осы кеңестерді ұстаған жөн:

- корпусты үнемі шөптер мен кірден сүрту;
- қыста құрылғыны толығымен зарядталған батареямен құрғақ, жылы бөлмеде ұстау.

Бұр роботтың бағасы 388 740 мыңнан 641 080 мыңға дейін жетеді.

1.2 суретте Bosch компаниясының көгалдандыру роботының суреті көрсетілген



Сурет 1.2 – INDEGO 0.600.8A2.100 көгалдандыру роботы

Техникалық сипаттамалары:

- шабу ені 26 см;
- ұсынылатын шөп шабу алаңы 1000 шаршы метр;
- шөп жинағышы жоқ;
- шөпті шабу биіктігі 20-60 мм;
- қозғалтқышы электрлі;
- батареямен жұмыс жасайды;
- төрт дөңгелекті;
- доңғалақ дискілерінің материалы пластик.

1.2 Бақша роботы туралы жалпы мәліметтер

Өсімдіктерді өсіру үшін оларды суару және ұрықтандыру маңызды әрекеттер болып табылады. Зерттеу барысында әр түрлі гүлдер мен ағаштарды шамадан тыс суару кезінде біз олардың даму тиімділігінің қалай төмендегенін байқаймыз. Мұндай мәселерді болдырмау бұл ауыл шаруашылығында роботтарды қолданудың тамаша тәсілі. Мұндай өнертабыстар белгілі бір өсімдіктерге жоғары дәлдікті суаруға бейімделу арқылы су шығынын азайтуға көмектеседі. Бақшаға арналған робот дақылдардың қатарларын аралап, үлкен машиналар немесе басқа құрылғылар мұндай жұмысты атқара алмайтын жерлерге қол жеткізе алады. Автономды басқарылатын бақша роботтары адамның қатысуынсыз қозғалу мақсатында жасалады. Сонымен қатар, олар аумақтарды тексеру және автоматты суару жүйелері ретінде қолданылады.

Бақшаға арналған роботтар атқаратын жұмысына байланысты түрлі датчиктермен жабдықталуы мүмкін. Егін жинауға арналған роботтар әртектілікті, рельефті, топырақтың түрін анықтау сияқты сенсорлармен, сонымен қатар нысандарды анықтауға және тапсырмаларды орындауға арналған оптикалық камералармен жабдықталған. Бақшадағы өскен арамшөптерге арналған роботтар күн панельдерімен, диапазонды зерттеуге арналған ультрадыбыстық сенсорлармен және т. б. жабдықталған.

Аталған роботтардың ішіндегі ең қызықтысы, менің ойымша, бұл бақша роботын зерттеу және жобалау, сонымен қатар, жобаланатын роботты ақылды автоматты суару жүйесі ретінде пайдалану. Әдетте, автоматты суару жүйесінің қаңқасы рама ретінде жасалынады және оның кемшілігі ол тек бір орында қолғалмай тұрады және сыйымдылығы аз болып келеді. Осы сұрақты шешу жолында, жобаланатын бақша роботы мобильді, яғни доңғалақтарда ұсынылған. Сондай-ақ, роботты қашықтықтан басқаруға, яғни пульспен немесе бағдарлама енгізіп, адамға ыңғайлатып, робот цикл бойынша жұмысын атқара алады.

1.3 Бақша роботардың қолдану аясы, тиімділігі және пайдасы

Ауылшаруашылық секторына қажет жұмыс күшінің мөлшері қазіргі таңда байқалынып жатқаны анық. Халықтың қартаюына байланысты Жапония ауыл шаруашылығындағы еңбек нарығының қажеттіліктерін қанағаттандыра алмайды. Сол сияқты, Америка Құрама Штаттары қазіргі уақытта иммигранттардың көп санына тәуелді болғанымен, маусымдық ауылшаруашылық жұмысшыларының азаюы мен үкіметтің иммиграцияны тоқтату жөніндегі күш-жігерін күшейту арасында олар да сұранысты қанағаттандыра алмайды. Кәсіпорындар көбінесе суарудың мүмкін емес екеніне байланысты дақылдар шіруге мәжбүр болады. Осыған байланысты ауылшаруашылық техникасын одан әрі пайдалану мақсатында үнемді және өміршең ету үшін жақсартуға деген үлкен ықылас бар[4]. Сонымен де, құрғақ климат және көптеген аймақтар үшін жаңбырдың болмауы әдеттегі жағдайға айналуға. Жылу сәулелерінің астында өсімдіктер қурай бастайды, содан кейін өледі. Алайда, бұл жағдайда бақша-роботтары бағбандар мен фермерлердің жұмысын толық атқаруы мүмкін. Әзірленген жүйелер, яғни бақша роботтары әр үйде және фермада орнатуға болатын автоматты суару кешені ретінде қолданылады.

Өзектілігі: өсімдіктерге тиісті күтім болмаған жағдайда өсімдіктерді суаруды автоматты режимде суару маңызды.

Бақшаға арналған автоматты суару жүйелерінің негізгі артықшылықтары:

- жеңіл қолдану және басқарудың қарапайымдылығы;
- сенімділік;
- ұзақ мерзімділік;
- күш пен уақытты айтарлықтай үнемдеу.

Бақша роботын қолданған жағдайда, жер учаскесінде адам болмаған кезде де өсімдіктер туралы алаңдамауға болады, өйткені автоматтандырылған жүйенің суаруы өшіру жүйесін өзі реттейді. Бұл роботты қолдаған жағдайда су шығынын 40%-дан астамға қысқартуға болатындығын атап өткен жөн (тамшылатып суару кезінде тұтыну 2 еседен астамға азаяды)[5].

Жобаны зерттеудің мақсаты бұл су сорғымен роботтың суару құрылғысын құру.

Міндеттері:

- белгілі суару жүйелерін зерттеу
- зерттеуді жүзеге асырудың оңтайлы техникалық құралдарын таңдау
- ақылды суару құрылғысын жасау
- өсімдіктің типтік өкілдері үшін сорғының жұмыс режимін есептеу
- эксперимент нәтижелерін реттеу.

1.4 Роботтың қозғалысына арналған SLAM жүйесі

Мобильді робототехника бүкіл әлемде дамып келеді және сервистік та, өнеркәсіптік те міндеттердің кең ауқымын қамтиды. Роботты басқару жүйесі көптеген модульдерден тұрады және ондағы ең көп үлесті навигация және маршрутты құру модулі алады[6].

Роботтар әртүрлі заттарды қалай анықтай алады және адамның араласуынсыз өздігінен қозғалады деген сұрақ туындайды. Мұндай ақылды роботтар белгілі бір тапсырмаларға арналған, арнайы кіріктірілген технологиялармен жабдықталған. Мұндай жүйелер қазіргі таңда SLAM деп аталады. Бүгінгі таңда SLAM жүйесі шаңсорғыштар, дрондар, ұшқышсыз автомобильдер, ұшу аппараттары, автономды суасты аппараттары сияқты танымал роботтарда қолданылады. Менің ойымша, бұл жүйелерді бағбан роботтарын жобалауда қолдану өзекті болады, себебі бұл жүйені пайдалану кезінде адам ауыл шаруашылығына мүлдем қатыспайды, тек қана өз ерігімен робот алгоритмдер мен тапсырмаларды қалай орындайтынын бақылай алады. Слам жүйесімен жабдықталған роботтармен жұмыс сапасының жақсаруын, ауылшаруашылықпен айналысатын адамдардың өмірі қаншалықты жеңілдетілетінін, уақытты үнемдеуді елестетіп көруге болады.

Осылайша, SLAM жүйесі роботты басқару жүйесінің көптеген модульдерден тұрады және ондағы ең көп үлесті навигация және маршрутты құрайды.

SLAM – Simultaneous Localization and Mapping бір мезгілде навигация және карта жасау әдісі. Роботтар жүйе үшін жаңа кеңістікте карта құру немесе қазіргі орналасқан жері мен жүріп өткен жолын бақылай отырып, алдын-ала белгілі бөлмеде картаны жаңарту үшін қолданатын әдіс[7].

Картаны құру – бұл бір немесе бірнеше түрдегі әртүрлі сенсорлардан ақпаратты жинау және біріктіру процесі. Осы процесті орындау кезінде роботтың навигациялық жүйесі жұмыс кеңістігінің қандай екенін түсінуге тырысады. Процестің негізгі аспектілері – сенсорлардан деректерді түсіндіру, сонымен қатар қоршаған орта туралы мәліметтерді ұсыну. Орналасу (локализация) – бұл кеңістіктегі роботты анықтау процесі. Оны жергілікті және глобальды деп бөлуге болады. Жергілікті роботтың бастапқы орналасқан жерінің белгілі координаттары бар кеңістіктегі нақты уақыттағы орынға жауап береді. Глобальді локализация роботтың орналасқан аймағын анықтау, мысалы GPS трекинг ретінде қолданылуы. Осылайша, SLAM арқылы робот қоршаған ортаның қандай екендігі туралы сұраққа жауап бермес бұрын (бірқатар бақылауларға сүйене отырып), ол осы бақылаулардың қайда

жасалғанын білуі керек. Сонымен қатар, картасыз роботтың қазіргі жағдайын бағалау қиын. 1.4 суретте SLAM жүйесінің алгоритмі айқын көрсетілген



Сурет 1.4 – SLAM жүйесінің алгоритмі

2 БАҚША РОБОТЫНЫҢ ЖОБАЛАУЫН ҚАРАСТЫРУ

2.1 Бақша роботын құрастыруына арналған компоненттер

Бақша роботын жобалау мақсатында екі құрамдас бөлікті құрастыра отырып, Ардуино Uno және Nano микроконтроллерін қолдануы қарастырылады. Суаруды қашықтан Bluetooth HC-06 модулін қосу арқылы басқаруға болады, яғни су сорғысын қосуға немесе өшіруге болады, сонымен қатар робот серво жетегіне орнатылған ультрадыбыстық сенсордан тұратын қарапайым басқаруымен көгалдарды кесу режимінде өздігінен жұмыс істейді.. Қосымша бөлімінде температура мен ылғалдылық сенсоры және сұйық кристалды дисплей сияқты қосымша элементтерді қосқан кезде, атмосферадағы температураны бақылау және өлшеу процесстері, егер қажетті параметрлер орнатылып, температура қажетті диапазоннан ауытқып кетсе, автоматты суару жүйесі өздігінен іске қосылады.

Бақша роботын құру үшін келесі элементтер мен компоненттер қажет:

- Arduino UNO R3 және Arduino Nano микроконтроллері;
- Arduino motor shield L293D;
- тұрақты ток электр қозғалтқышы, 12 В 280 айн/мин;
- тұрақты ток электр қозғалтқышы, 6В, 1:48;
- 12V, 5W, 240 л/сағ электр суасты шағын су сорғысы;
- 1 арналы 5 В KY-019 релелік модуль сорғының іске қосылуын және тоқтатылуын қамтамасыз ету үшін;
- суға арналған 3 литрлік пластикалық ыдыс;
- HC-06 4Pin сымсыз Bluetooth қабылдағыш модулі қашықтан басқаруға арналған;
- LCD I2C 1602 өлшемді сұйық кристалды дисплей;
- HC-SR04 ультрадыбыстық толқын детекторы маршрутты құру үшін;
- Tower Pro 9g SG90 серво жетегі;

- DHT11 температура мен ылғалдылық сенсоры;
- литий-ионды 18650 аккумулятор 3,7 В, 30 А;
- контактілерді қосуға арналған сымдар.

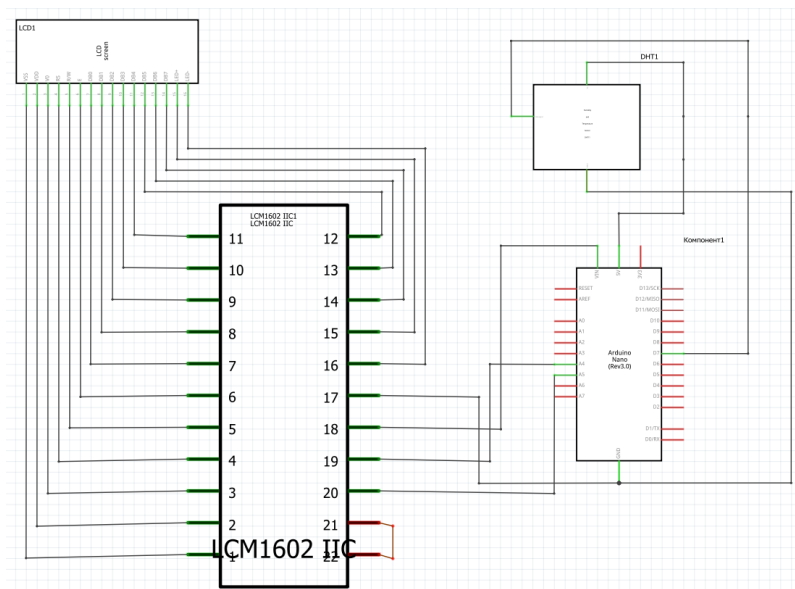


Сурет 2.1 – Қажетті компоненттердің суреті

2.2 Arduino Nano микроконтроллерінде жиналған метеостанция

Робототехника біздің өміріміздің күннен күнге ажырамас бөлігіне айналууда. Компьютерлер, автомобильдер, кір жуғыш машиналар, роботтарды күнде өмірде жиі байқаймыз, олармен араласамыз. Олар біздің күнделікті өмірімізде ерекше орын алатын технологияға айналды. Метеостанция роботын метеорология және география сияқты салаларда қолдануға болады, сонымен қатар адамдардың күнделікті өмірінде және күнделікті өмірінде кеңінен қолдануға болады[8]. Arduino Nano микроконтроллерлермен жұмыс процесі жеңіл, қарапайым түсінікті бағдарламалау ортасы және көптеген кеңейту тақталары бар. Бұл қоршаған физикалық ортамен тығыз әрекеттесетін электронды құрылғыларды жобалау құралы, бағдарламалық жасақтаманы жазу үшін қазіргі заманғы ортамен физикалық процестерді басқаруға арналған платформа.

Бақша роботындағы метеостанция қуат блогымен, контроллердің негізгі тақтасымен және термометр (бөлме температурасын анықтау) және гидрометр (ылғалдылық деңгейін анықтау) функцияларын орындайтын бірнеше сенсорлармен жабдықталған. Датчиктерден алынған сигнал компьютерге немесе ұялы телефонға орнатуға болатын серверге жіберіледі, содан кейін алынған оқулар құрылғының экранында көрсетіледі. Ол үшін температура мен ылғалдылық сенсоры, LSD экраны және I2C интерфейс шинасы қажет.



Сурет 2.2 – Fritzing бағдарламасында жиналған роботтың сұлбасы



Сурет 2.3 – Arduino Nano микроконтроллерінде құрастырылған бақша роботындағы метеостанция

Жобамен жұмыс жасау нәтижесінде адам өмірінің көптеген салаларында қызметті айтарлықтай жеңілдететін, пайдаланушыға түсінікті интерфейс пен функционалдылыққа ие роботтың бөлігі жасалынды.

3 РОБОТТЫҢ АППАРАТТЫҚ БӨЛІМІ

3.1 Қажетті датчиктер мен аспаптарды таңдау

Ауылшаруашылық қызметінде сенсорлар мен датчиктерді пайдалану ақылды ауылшаруашылық өндірісін құру жолындағы маңызды қадам болып табылады.

Ауыл шаруашылығына арналған робот – шығындарды азайту және сапалы әрі қауіпсіз өнім алу мақсатында ауыл шаруашылығының өнімін алу процесіне датчиктер, IoT, GPS, автоматтандырушы жүйелер және т. б. заманауи технологияларды енгізуге негізделген.

Бақша роботтарды ауыл шаруашылығына енгізілетін технологияларды ескере отырып, бірнеше негізгі бағыттарды атап өткен жөн:

1. Спутниктік навигация – техниканы жергілікті жерде бағдарлау және жануарларды бақылау;

2. Датчиктер мен сенсорлар – егіннің, ауа-райының, топырақтың және т. б. жай-күйінің мониторингі.;

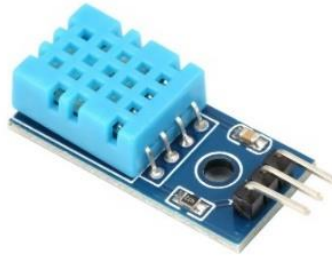
3. IoT платформалар – датчиктерден, сонымен бірге техникадан және басқа құрылғылардан келетін деректерді бақылау;

4. Big Data – ауыл шаруашылығы үшін пайдалы білімді бөлу үшін датчиктерден барлық уақытта алынатын деректерді талдау[9].

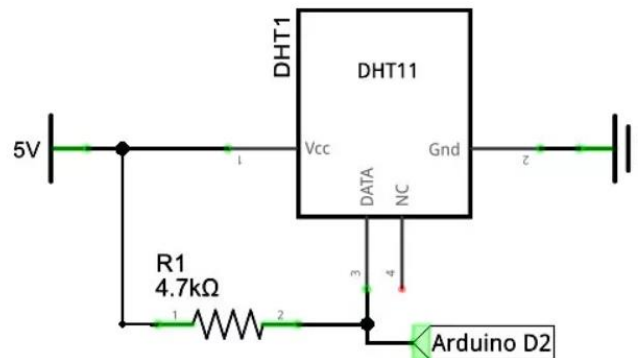
Сыртқы температура, топырақ, ауа немесе су сенсоры – жергілікті агрономиялық ауа-райын болжауды жүзеге асыратын және топырақтың салыстырмалы ылғалдылығы мен температурасын, жауын-шашын, жапырақ ылғалдылығын, күн белсенділігі, атмосфералық қысым, желдің жылдамдығын мен бағыты сияқты бірқатар басқа параметрлерді тіркейтін аспаптық бақылауға арналған.

Сенсорлардың саны шешілетін мәселенің күрделілігімен және бақылауға қажетті параметрлер жиынтығымен шектеледі. Датчиктерден алынған деректер серверге келеді. Пайдаланушы бағдарламада өзіне қажетті барлық ауа-райы деректерін өзіне ыңғайлы визуалды түрде көреді: графиктер мен диаграммалар түрінде немесе одан әрі жиынтық талдау үшін қажет кесте түрінде. Серверде ауа-райы деректерін сақтау мерзімі шектелмейді.

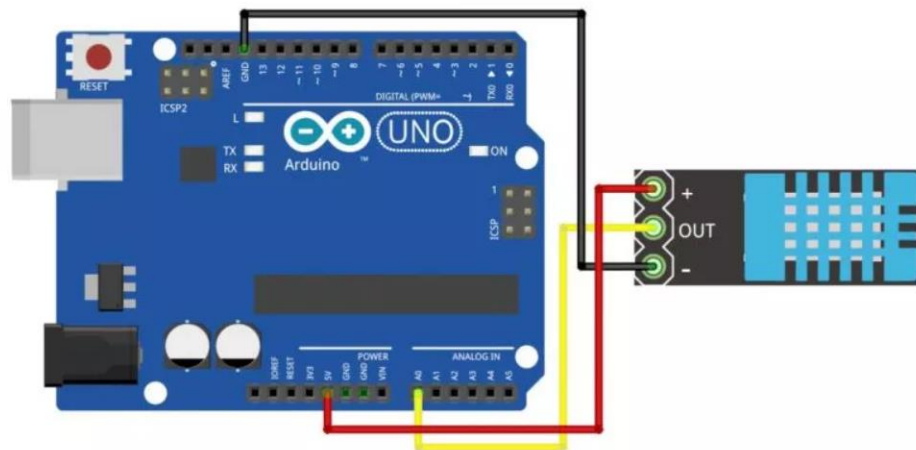
DHT11 – калибрленген сандық шығуды тудыратын ылғалдылық пен температура сенсоры Arduino және Raspberry Pi сияқты кез-келген микроконтроллер үшін интерфейс бола алатын және тез нәтиже алуға арналған датчик[10]. Датчиктің ішінде сыйымды ылғалдылық сенсоры, сонымен бірге кіретін аналогтық сигналдарды сандыққа айналдыратын чип, термистор орналасқан. Температураны өлшеу диапазоны: 0-ден + 50 °C-қа дейін; ылғалдылықты өлшеу дәлдігі: 5.0%.



Сурет 3 – DHT11-ылғалдылық және температура сенсоры



Сурет 3.1– микроконтроллерге қосылу кезіндегі принципиялдық сұлбасы



Сурет 3.2 – Arduino UNO R3 микроконтроллеріне қосылу сұлбасы

Техникалық процесс тұрғысынан бақша роботтары орындайтын маңызды және ең қажетті операциялар мен функциялар бұл – суару жүйесі, яғни гүлдерді, жасыл алаңдарды және сол сияқты өсімдіктерді сумен қамтамасыз ету. Егер де өсімдіктерді адамға зиян пестицидтермен бүрку қажет болса, робот адамның әрекеттесуінсіз өзара қойылған тапсырмаларды

орындауы міндет. Бұл процесс үшін басқару жүйесі және ең қажетті су сорғысы жауап береді.

Су сорғысы – кинетикалық энергияны қолдана отырып, сұйықтық ағынын шығара алатын құрылғы. Олар көптеген жобалар мен құрылғыларда жиі қолданылады. Өнеркәсіптен су беру машиналарына, автоматты суару жүйелеріне, жаңбырлатуға, сумен жабдықтау жүйелеріне, тазарту қондырғыларына және т. б. Су сорғысы тұрақты магниттік ротор және жоғары тиімді керамикалық білікпен жабдықталған. Ось динамикалық емес, статикалық тығыздағышпен жабылған, бұл ағып кету мәселелерін болдырмайды.

Су сорғысының жұмыс принципі туралы талқылайтын болсақ, Bluetooth модулі микроконтроллерге қосылады, сол кезде адамның өзі реленің көмегімен су сорғыны қоса алады. Осыдан қорытынды жасасақ, егер адам, мысалы, бақшаны суаратын болса, суару құралын алып, оны сумен толтырып, әр бақшаны өзі суару керек, бірақ бақша роботын пайдаланатын болса уақыт пен күш үнемдейтінін байқауға болады.

3.1 кесте – суасты сорғының параметрлері мен сипаттамалары

Параметрлер	Сипаттамасы
Мерзімі	200000 сағаттан артық
Төмен деңгейдегі шу	40 дБ-ден кем
Өлшемі	55 (ұзындығы) x 34 (ені) x 41 (биіктігі) мм
Номиналды кернеу	12 В тұрақты ток
Номиналды ток	400 мА
Қуатты тұтыну	4,8 Вт
Шығыны	240 л/сағ
Салмағы	65 г

3.3 суретте су сорғысының сыртқы пішіні көрсетілген

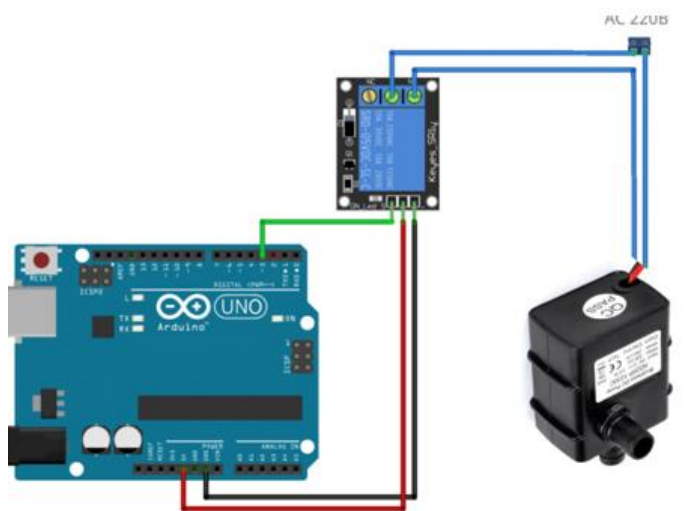


Сурет 3.3 - Су сорғысы

Сорғыны сандық пиндарға қосуға болмайды, өйткені ол үлкен токты тұтынады және индуктивті жүктеме болып табылады. Коммутация мақсатында сорғыны реле көмегімен қосуға болады. Реле – белгілі бір тізбектің параметрлері берілген мәндерді қабылдаған кезде арнайы мақсатпен электр тізбегін ашуға немесе жабуға арналған кілт. KY-019 5В 1 каналды релелік модуль микроконтроллердің макеттік платасының модулі ғана емес, сонымен қатар тұрмыстық техниканы бақылау ретінде де қолданыла алады. Реленің ерекшелігі тұрақты немесе айнымалы ток сигналын ғана емес, сонымен қатар 220 В айнымалы кернеуді де басқара алады.

Сипаттамасы:

- іске қосу тогы: 5мА;
- жұмыс кернеуі: 5В/12В;
- DC +: оң қуат көзі (VCC);
- DC -: теріс қуат көзі (GND).



Сурет 3.4 – су сорғысын Arduino UNO R3-мен біріктіру

3.2 Жетектерді таңдау

Робот қозғалтқыштары жетектердің бөлігі болып табылады. Бірінші қадамда роботты жобалау кезінде керекті сенсорлар мен құрылғылар туралы ақпарат алсақ, екінші қадамда роботтың қозғалу заңдылықтарын орнату керек. Робот үшін қозғалтқышты таңдау робот тиісті міндеттерді орындауға тікелей байланысты. Қозғалтқыш (мотор) жетектің құрамына кіруі немесе бөлек жетек болуы мүмкін. “Жетек дегеніміз не?” – деген сұраққа жауап табатын болсақ, жетек бұл электрлік энергияны, физикалық энергияға айналдыратын құрылғы ретінде түсіндіруге болады.

Робот жетектерін басқару күрделі техникалық міндетке айналды, осы міндетті жартылай өткізгіш құрылғылар мен микроконтроллерлерді пайдалану жолымен шешу өте қарапайым.

Жетектердің басым көпшілігі айналмалы немесе сызықты қозғалыс жасайды. Мысалы, моторды алатын болсақ бұл жетектің түрі. Робот үшін жетектерді дұрыс таңдау жетектердің қол жетімді екенін түсінуді қажет етеді.

Ал, айналу жетектері – бұл электр энергиясын айналмалы қозғалысқа түрлендіретін жетектердің түрі.

3.3 Роботтытехникада кең таралған жетектердің түрлері

Роботты жобалау мен жасаудағы ең бастысы – дұрыс электр қозғалтқышын таңдау, өйткені бұл роботтың қаншалықты жылдам қозғалатындығына, ауыр салмақтың мөлшерін көтеруге, оның қызмет ету мерзімі мен сенімділігіне байланысты болады. Қазіргі таңда жетектердің түрлері жылдан жылға көбейуде, соған байланысты роботтытехникада қандай жетектер алдыңғы орында екенін қарастырсақ:

1. Тұрақты ток қозғалтқышы: ең қарапайымы, жақсы жылдамдық пен айналмалы момент береді. Әр түрлі айналу жылдамдығы бар. Бөлшектердің негізгі қозғалысы үшін қолданылады. Пайдалану оңай, бірақ көбінесе жалпы кейбір мақсаттар үшін орындау ретінде қолданылады.

2. Коллекторсыз тұрақты ток қозғалтқышы: жылдамдығы өте жоғары, минутына 1000 айналым жасайды. Дрондарда, әуе кемелерде қолданылады. Өте сынғыш, оларды жару оңай.

3. Серво қозғалтқышы: бұрыштық позицияны, жылдамдықты және үдеуді дәл бақылауды қамтамасыз етеді. Ол басқарылатын қозғалыс үшін қолданылады, мысалы, роботтың қолын немесе аяғын белгілі бір дәрежеде бұру, белгілі бір позицияны ұстау. Олардың айналмалы моменті онша көп емес, сондықтан ауыр көтеруді жоспарласаңыз, оны таңдамаған жөн.

4. Қадамдық қозғалтқыш: олар белгілі бір мағынада серво жетектеріне ұқсас, бірақ механизмнен өте ерекшеленеді. Олар белгілі бір бұрыштық қадамдармен қозғалады, 0,9 градус, 1,8 градус және т.б. Олардың серво қозғалтқышпен салыстырғанда үлкен айналу моменттері бар. Сонымен қатар, олар сервоға қарағанда толық шеңберлерде айнала алады. Серво жетектері максималды 180 градусқа айналуы мүмкін, бірақ ешқашан толық айналым жасамайды.

5. Асинхронды қозғалтқыштар: робототехникада көп қолданылмайтын, ауыр өнеркәсіптік айнымалы қозғалтқыштар. Олар өте берік, жоғары моменті бар. Оларды қолданғанда стартерлер мен жылдамдық реттегіштері қажет.

3.4 Бақша роботына арналған электрқозғалтқышы

Тұрақты қозғалтқыштар әртүрлі пішіндер мен өлшемдерге ие. Олардың көпшілігі цилиндрлік иі. Олардың жоғары жылдамдықта айналатын шығыс білігі бар, әдетте минутына 5000-нан 10000-ға дейін. Жылдамдықты азайту және моментті арттыру үшін редукторларды қосуға болады. Қозғалтқышты роботқа орнату үшін қозғалтқыш корпусқа бекіту керек. Сол себептен

көбінесе қозғалтқыштың алдыңғы жағында орналасқан бекіту тесіктері болады. Сондықтан оларды бетіне перпендикуляр орнатуға болады.

Тұрақты қозғалтқыштар сағат тілімен және сағат тіліне қарсы, яғни реверсивті жұмыс істей алады. Біліктің бұрыштық қозғалысын кодерлер немесе потенциометрлер көмегімен өлшеуге болады.

Бақша роботын жобалауында электр қозғалтқышы ретінде ең жақсы таңдау – 12 В тұрақты ток электр қозғалтқышы, минутына 280 айналым жасайды, редукторлы және реверсивті. Қозғалтқыштың айналуын сағат тілімен немесе сағат тіліне қарсы басқару оң және теріс электродтарды қосу әдісімен жүзеге асырылады. Бұл қозғалтқыш жылдамдықты реттеуді қолдайды. Қозғалтқыш жылдамдығын жылдамдық реттегіші арқылы өзгертуге болады. Сондай-ақ, Arduino жобасында жылдамдықты импульстік модулятор (ШИМ) арқылы реттеу әдісі бар.



Сурет 3.5 – JGA25-370 электр қозғалтқышы

- номиналды ток кернеуі 12В;
- жүктеме жоқ кездегі жылдамдық 280 айн/мин;
- жүктеме тогы 0,3А;
- номиналды момент 0,4 кг/см;

4 РОБОТТЫҢ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

4.1 Электрқозғалтқыштарын басқаруға арналған Arduino Motor Shield L293D

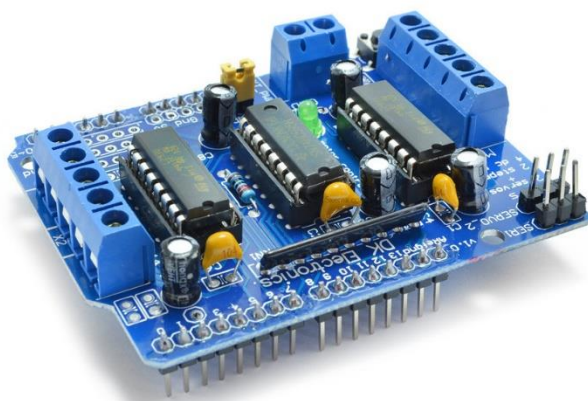
Егер роботты жобалауды ойласақ, алдымен әртүрлі қозғалтқыштарды басқаруды үйрену керек, бұл тұрақты ток қозғалтқышы немесе сервожетек болуы мүмкін. Ең қарапайым және арзан әдістердің бірі – L293D негізіндегі Motor Shield пайдалану, оны Arduino UNO тақтасына оңай орнатуға болады.

Техникалық параметрлері:

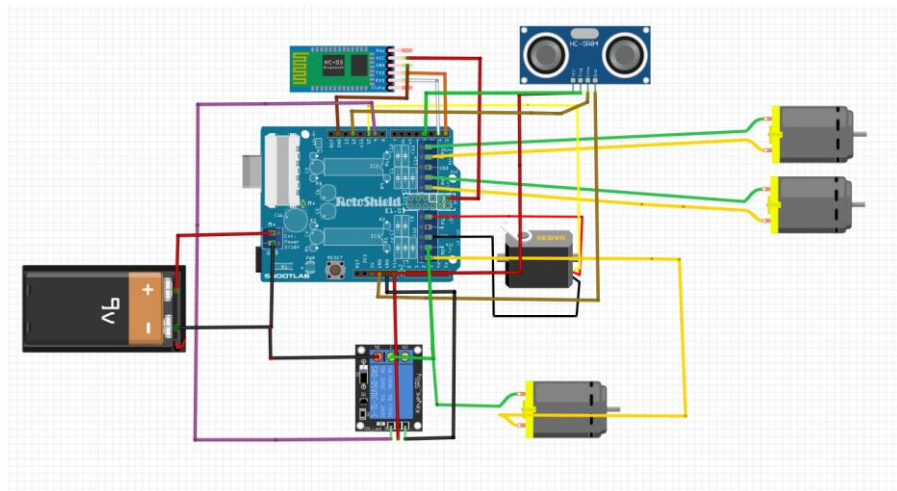
- қозғалтқыштардың қуат кернеуі: 5-36 В;
- кернеу қуат тақтасы: 5 В;
- рұқсат етілген жүктеме тогы: бір арнаға 600 мА;
- максималды (ең жоғары) жүктеме тогы: бір арнаға 1,2 А;
- платаның мөлшері: 70x54x20 мм.

Motor shield екі Н-көпірден тұратын L293D чипіне салынған, оның көмегімен екі тұрақты қозғалтқышты немесе бір қадамдық қозғалтқышты басқаруға болады. Shield екі L293D чипі орнатылғандықтан, төрт тұрақты қозғалтқышты бірден басқара алуға болады. Сондай-ақ, shield-де 74HC595 чипі бар, ол Arduino 4 сандық контактісін екі L293D чипінің 8 басқару контактілеріне дейін кеңейтеді. Оған қоса, shield-де екі 3 істікшелі қосқыштар бар, оларға екі серво жетегін қосу деген мүмкіндік бар[11].

4.1 суретте Arduino Motor Shield L293D көрсетілген



Сурет 4.1 – Arduino Motor Shield L293D



Сурет 4.2 – Fritzing бағдарламасында бақша роботының сұлбасы

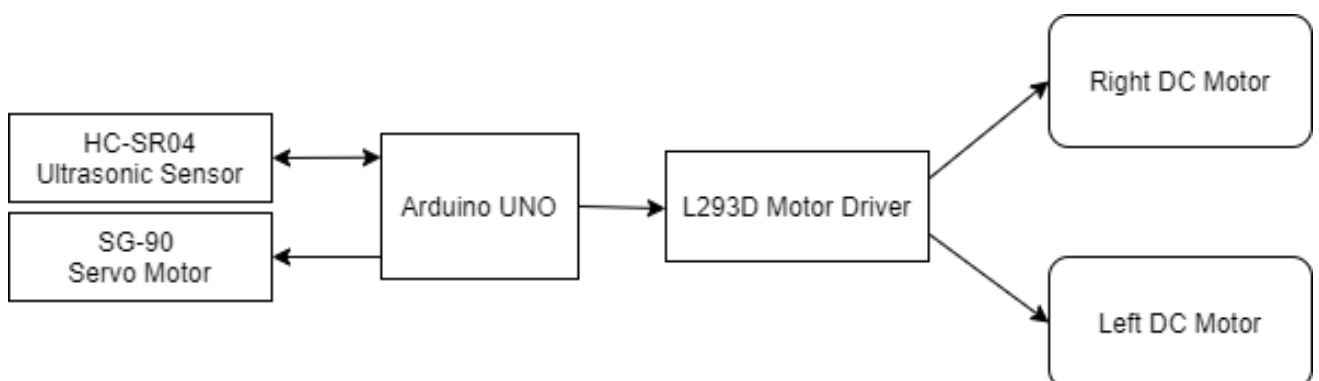
Басқару жүйесіне жауап беретін компоненттер – ультрадыбыстық сенсор, қозғалтқыш драйвері және сервожетек.

Ультрадыбыстық сенсор (HC-SR04) сенсор мен жолдағы заттар арасындағы қашықтықты есептеу үшін қолданылады. Ультрадыбыстық датчикте жиілігі 40 кГц 8 импульстен тұратын таратқыш модулінен дыбыстық сигнал жіберіледі. Ультрадыбыстық сенсордан жіберілген сигнал заттың бетіне тигеннен кейін қайта оралады және қабылдағыш сигналды анықтайды.

L293D қозғалтқыш драйвері Arduino UNO-ның үстіне орнатылатын қозғалтқыш драйвері және ол екі тұрақты электр қозғалтқышы үшін екі бағытты қозғалысты (алдыңғы және артқы) қамтамасыз ету үшін қолданылады.

Сервожетек Tower Pro 9g SG90 өз осін белгіленген бұрышқа бұру үшін қолданылады, сондықтан оған орнатылған ультрадыбыстық сенсор қашықтықты өлшеу үшін сигнал жібереді.

4.3 суретте бақша роботының құрылымдық сұлбасы көрсетілген



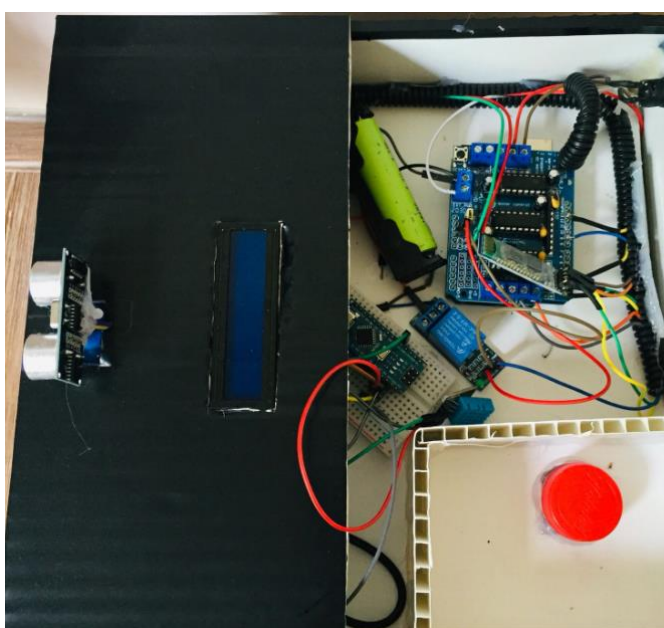
Сурет 4.3 – басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы

4.2 Бақша роботының құрылысы

Барлық компоненттерді дұрыс қосу барысында, бақша роботы жүзеге асырылған болатын. Роботтың басқару жүйесінде Arduino микроконтроллері таңдалынды. Кез – келген жұмыс істейтін роботтың негізгі компоненті-бағдарлама. "Бақша роботы" метеорологиялық көрсеткіштерді тез жазып, оларды орнатылған құрылғылардан, сапалы суару жүйесінен оқи алатындай етіп бағдарламаланған.



Сурет 4.4 – бақша роботының алдынан түсірілген сурет



Сурет 4.5 – Бақша роботының электроникалық бөлімінің суреті

Жобамен жұмыс жасау нәтижесінде тіпті қиын жобаларды кез-келген ересек адам немесе студент орындай алады. Сонымен, жобада температура мен ылғалдылықты өлшей алатын, өсімдіктерді суаратын, автономды жұмыс режимінде робот жасай алдық, бұл адамның өмірі мен оның көптеген салалардағы қызметін айтарлықтай жеңілдетеді. Болашақта жобаны жетілдіру ойы бар. Жұмыстың қосымша мүмкіндіктерін зерттеу және оның функционалдығын кеңейту басты мақсат.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бақша роботы бұл ауылшаруашылық роботтары өсімдіктермен жұмыс істеуге арналған, олар адамның ауыр жұмысын ауыстыруға және уақытты үнемдеуге көмектеседі. Қазіргі уақытта бағбандар роботтарының саны өсуде және олардың әрқайсысы әртүрлі функциялар мен міндеттерді орындайды. Бұл роботтардың өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Қашықтан басқарылатын бақша роботы мектепке немесе ауылшаруашылық жұмыстарының үлкен көлемін орындау қажет кез-келген басқа жерге қолданған өте пайдалы болады.

Бақша роботының жобалау кезінде Arduino Uno R3 және Arduino Nano микроконтроллері таңдалынды, электр қозғалтқыштарының энергия шығыны, өсімдіктерді суару үшін су шығыны зерттелді. Сонымен қатар, оңтайлы және өзекті жұмыс үшін ультрадыбыстық датчиктер, температура мен ылғалдылық, құрылғымен байланысуға және оны қашықтан басқаруға арналған Bluetooth модулі сияқты қажетті компоненттер мен датчиктер қолданылды. Роботтың тиімді жұмыс істеуі үшін тұрақты электр қозғалтқыштары таңдалды, сонымен қатар олар ақаулықсыз жұмыс істеу үшін Arduino Motor Shield L293D драйвері қосымша қосылды.

Сондай-ақ, жұмыс барысында тұрақты электр қозғалтқыштарына автоматты шөптің кесу жүйесі қосу туралы шешім қабылданды, өйткені қазір автоматты суаруға арналған басқарудың көптеген қарапайым жүйелері бар, олар тек бір функцияны орындайды, бірақ робот әртүрлі функцияларды орындауы қажет.

Роботты автоматты басқару үшін алгоритмдік блок-схема жасалынды, роботты бағдарламалау Arduino IDE ортасы үшін қолданылды, құрылғының бағдарламалау тілі C / C++ негізделген және AVR Libc кітапханасымен құрастырылған және оның кез-келген функцияларын пайдалануға мүмкіндік береді, бұл бағдарлама микроконтроллерлерде құрылғыларды бағдарламалаудың ең ыңғайлы әдісі болып табылады.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] <https://zen.yandex.ru/media/zaggoru/robotsadovnik-skosit-travu-polet-rasteniia-uberet-na-uchastke-i-podejurit-nochiu-v-kachestve-ohrannika-6064e66994673832dc585e28>
- [2] <https://habr.com/ru/company/selectel/blog/529504/>
- [3] <https://7dach.ru/FrolovaEkaterina/roboty-dlya-dachi-nastoyashee-i-budushee-51978.html>
- [4] <https://www.hisour.com/ru/agricultural-robot-40798/>
- [5] <https://school-science.ru/5/11/34212>
- [6] <https://apni.ru/article/3596-navigatsiya-mobilnikh-robotov-metod-slam>
- [7] [https://ru.wikipedia.org/wiki/SLAM_\(метод\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/SLAM_(метод))
- [8] <https://obuchonok.ru/node/4691>
- [9] <https://agriecomission.com/base/datchiki-dlya-umnogo-rastenievodstva>
- [10] <https://arduinoplus.ru/arduino-datchik-vlazhnosti-temperaturi/>
- [11] <https://robotchip.ru/obzor-motor-shield-1293d/>
- [12] Computerized Obstacle Avoidance Systems for the Blind and Visually Impaired // Editors: Teodorescu, H.N.L. and Jain, L.C., CRC Press // Publication Date: 12/26/00, pp. 414-448.
- [13] Ultrasonic Aid for Visually impaired Person // Ramchandani P, Maheshwari K // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology // Vol. 5, Issue 5 , May 2018.
- [14] Бекешев А. З. Основы робототехники на Arduino [Текст] : учеб. пособие / А. З. Бекешев, Г. Б. Абдыгалиева, В. Н. Казагачев. - Алматы: New book, 2021. - 242 с.:
- [15] Робототехника және Arduino платформасында бағдарламалау: оқу құралы / А. Д. Тулегулов, А. О. Тлеубаева, А. О. Тохаева ; ҚР білім ж-е ғылым мин-гі, Қазақ технол. ж-е бизнес ун-ті. - Алматы: Лантар Трейд, 2020. - 121 б.