

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары кафедрасы

Базарбаева Гулжан Серикбайқызы

«Қиын жерлерде тиімді қозғалу үшін мобильді өрмекші роботты жобалау»

дипломдық жобаға

ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

6B07111 - Робототехника және мехатроника

Алматы 2025

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



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары кафедрасы

6B07111 - Робототехника және мехатроника

БЕКІТЕМІН
РТЖАТҚ кафедра меңгерушісі
техника ғылымының кандидаты,
профессор
К.Ә. Өжікенов
«25» 06 2025 ж

Дипломдық жобаны орындауға арналған
ТАПСЫРМА

Білім алушы Базарбаева Гүлжан Серикбайқызы

Тақырыбы: Қиын жерлерде тиімді қозғалу үшін мобильді өрмекші роботты жобалау

Университет ректорының 2025 жылғы «_» қараша № _-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «___» мамыр 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: Arduino, SolidWorks.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) роботты қолданудың маңыздылығы мен болашағын түсінуге мүмкіндік беретін жан-жақты және терең зерттеу болып табылады

б) роботтың пайдалану мүмкіндіктері

в) роботтың пайдасын дәлелдеу

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайтарда 10 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 20 атаулардан

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



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
РТжАТК кафедра меңгерушісі
техника ғылымының кандидаты,
профессор
Қ.Ә. Өжікенов
«07» 06 2025 ж

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБАҒА
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

Тақырыбы: «Қиын жерлерде тиімді қозғалу үшін мобильді өрмекші роботты жобалау»

6B07111 - Робототехника және мехатроника

Орындаған

Базарбаева Г.

Рецензент

Ғылыми жетекшісі

Абай атындағы ҚазҰПУ,

Физика кафедрасының қауым. проф.ма.

техника ғылымдарының кандидаты

Жаменкеев Е. К.

«07» 06 2025 ж.

техника ғылымдарының магистрі,
аға оқытушы

Бигалиева Ж.

«07» 06 2025 ж.

Алматы 2025

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

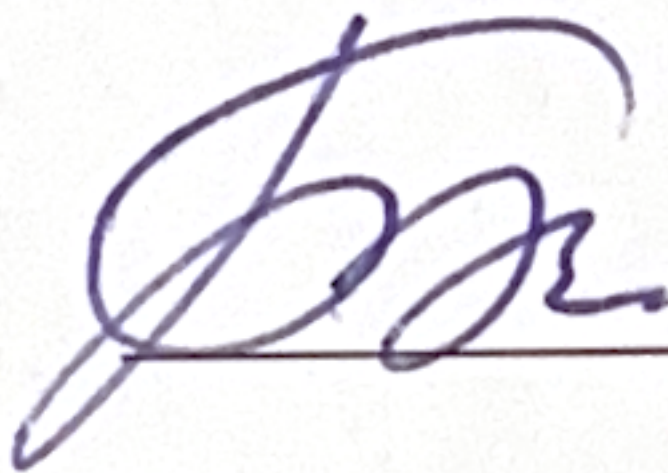
Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	16.01-12.02.2025 ж	Орындалды
Зерттеу бөлімі	20.03-17.04.2025 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	17.04-20.05.2025 ж.	Орындалды

Аяқталған дипломдық жұмыс (жоба) үшін, оған қытысты бөлімдердің жұмыстарын (жобасын) көрсетумен, кеңесшілері мен қалып бақылаушының

ҚОЛДАРЫ

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкеснің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Игембай Е.А. техника ғылымдарының магистрі, оқытушы	05.06.2025	

Ғылыми жетекшісі

 Бигалиева Ж.С.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

 Базарбаева Г. С.

Күні

« 05 » 06. 2025 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс төрт аяқты, әр аяғында үш еркіндік дәрежесі бар мобильді өрмекші роботты әзірлеуге және жүзеге асыруға арналған. Жұмыста роботтың құрылымдық ерекшеліктері, компоненттерді таңдау, бағдарламалық қамтамасыз ету, қозғалыс пен тепе-теңдікті сақтау алгоритмдері қарастырылған. ESP32 [4] микроконтроллері, PCA9685 [4], MPU6050 [4] және HC-SR04 [4] модульдері қолданылады. Робот автономды және қашықтан басқаруға, кедергілерді айналып өтуге және тепе-теңдікті сақтауға қабілетті. Сынақ нәтижелері платформаның функционалдығын және жүйені одан әрі дамыту мүмкіндігін көрсетеді.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена разработке и реализации мобильного робота-паука с четырьмя ногами, каждая из которых имеет три степени свободы. В работе рассмотрены конструктивные особенности, выбор компонентов, программное обеспечение, алгоритмы движения и балансировки. Используется микроконтроллер ESP32 [4], модули PCA9685 [4], MPU6050 [4] и HC-SR04 [4]. Робот способен к автономному и дистанционному управлению, а также преодолению препятствий и сохранению равновесия. Результаты тестирования подтверждают функциональность платформы и возможность дальнейшего развития системы.

ANNOTATION

This thesis is devoted to the development and implementation of a four-legged mobile spider robot, each leg having three degrees of freedom. The work discusses structural features, component selection, software, movement and balancing algorithms. The ESP32 [4] microcontroller, PCA9685 [4], MPU6050 [4] and HC-SR04 [4] modules are used. The robot is capable of autonomous and remote control, obstacle avoidance and balance maintenance. The testing results confirm the platform's functionality and potential for further system development.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ

1	Жаяу жүретін роботтар саласындағы қолданыстағы шешімдерге шолу	5
1.1	Негізгі параметрлер бойынша салыстыру	6
1.2	Жаяу жүретін роботтардың даму тенденциялары мен перспективалары	7
1.3	Қолданыстағы құрылымдардың артықшылықтары мен кемшіліктері	8
1.4	Жобаланған роботқа арналған тұжырымдар мен тапсырмалар	9
2	Өрмекші робот дизайнының теориялық негіздемесі	11
2.1	Конфигурацияны таңдау	11
2.2	Көп аяқты механизмдердің кинематика принциптері	12
2.3	Қозғалыс кезіндегі тұрақтылық пен тепе-теңдікті есептеу	13
2.4	Ықтимал қозғалыс траекторияларын талдау	14
3	Роботты жобалау	16
3.1	Роботтың жалпы орналасуы	16
3.2	Аяқтың механикалық құрылымы	17
3.3	Қолданылатын материалдар	18
3.4	Электроника және басқару жүйесі	19
3.5	Навигация жүйесі	20
4	Өрмекші робот аяғының кинематикасы	22
4.1	Роботтың әр аяғында дәрежелер	22
4.2	Тікелей кинематика	23
4.3	Кері кинематика	24
4.4	Микроконтроллерді таңдау	25
5	БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ	27
5.1	Қозғалыс алгоритмдері	27
5.2	Жүйенің жұмыс алгоритмі	28
5.3	Басқаруды іске асыру	29
5.4	Оператор интерфейсі (бар болса)	30
5.5	Сенсорлардан деректерді өңдеу	31
6	Тәжіриелік бөлім	33
6.1	Прототипті құрастыру	33
6.2	Өртүрлі жағдайларда сынақтар жүргізу	34
6.3	Критерийлер бойынша аналогтармен салыстыру	35
6.4	Қателерді талдау және жақсарту бойынша ұсыныстар	36

ҚОРЫТЫНДЫ

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

ҚОСЫМШАЛАР

КІРІСПЕ

Робототехниканың қарқынды дамуы жағдайында күрделі, қиылысқан және тұрақсыз ландшафттарда тиімді қозғалуға қабілетті мобильді роботтарды жасауға ерекше назар аударылады. Мұндай жағдайларда дәстүрлі Доңғалақты және шынжыр табанды платформалар тиімділіктің төмендеуін көрсетеді, әсіресе қиын жерлерде. Ең перспективалы бағыттардың бірі-жаяу жүретін роботтарды, әсіресе көп аяқты конструкцияларды қолданатын өрмекші морфологиясы бар роботтарды дамыту. Мұндай архитектура жоғары тұрақтылық пен ептілікке қол жеткізуге мүмкіндік береді, бұл әсіресе тасты, Батпақты, орманды жерлерде немесе қираған ғимараттарда жұмыс істегенде өте маңызды.

Жаяу жүретін Роботтар аяқтарының бетіне қатысты орналасуын реттеу қабілетінің арқасында кәдімгі доңғалақты немесе шынжыр табанды Роботтар өтпейтін тастар, шағын баспалдақтар және соққылар сияқты кедергілерді тиімді жеңе алады. Бұл ерекшеліктер оларды іздеу-құтқару жұмыстарында, қол жетпейтін аудандарда барлауда және әртүрлі жағдайларға жоғары автономия мен бейімделуді қажет ететін әскери және өндірістік салаларда қолдануға тамаша үміткерлер етеді.

Мұндай роботтарды әзірлеу бірнеше күрделі тапсырмаларды қамтиды, мысалы, көп аяқты платформаның динамикасы мен кинематикасын ескере отырып, қозғалысты басқару жүйесін құру, сондай-ақ беттің күйін бағалау және ықтимал төтенше жағдайлардың алдын алу үшін тиімді сенсорларды әзірлеу. Маневрдің жоғары дәрежесі бұл роботтарға біркелкі емес және күрделі ландшафттарда қозғалуға ғана емес, сонымен қатар өзгермелі жағдайларға бейімделуге мүмкіндік береді, бұл оларды тұрақты белгісіздік жағдайында таптырмас етеді.

Бұл жұмыстың мақсаты-жылжымалы платформалардың осы түрінің барлық ерекшеліктерін ескере отырып, өрескел жерлерде тиімді қозғалуға қабілетті мобильді өрмекші роботтың жобасын жасау.

Жұмыс міндеттері: жаяу жүретін роботтар саласындағы қолданыстағы шешімдерді талдау, роботтық платформаны құру үшін қолайлы технологиялар мен компоненттерді таңдау және қиын жағдайларда тапсырмаларды орындауда максималды тиімділікке жету үшін басқару және навигация алгоритмдерін әзірлеу.

Мұндай робот дәстүрлі көмек көрсету әдістері мүмкін емес аймақтарда қолжетімділікті қамтамасыз ете отырып, іздеу-құтқару операцияларының тиімділігін арттыруға ықпал етеді. Бұл сонымен қатар таулы аймақтарды, ормандарды, сондай-ақ жоғары автономия қажет болатын жағдайларды қоса алғанда, қол жетімді емес аумақтарды зерттеу саласында жаңа перспективалар ашады.

1 Жаяу жүретін роботтар саласындағы қолданыстағы шешімдерге шолу

Жаяу жүретін роботтар - бұл аяқтарын пайдаланып, өрескел жерлерде қозғалуға қабілетті мобильді Роботтар класы, бұл оларды доңғалақты немесе шынжыр табанды платформалар тиімділігін Жоғалтатын жағдайларда ерекше құнды етеді. Соңғы онжылдықтарда аяқтардың саны, басқару механизмі, автономия дәрежесі және мақсаты бойынша ерекшеленетін көптеген прототиптер мен коммерциялық модельдер жасалды.

1. Boston Dynamics - BigDog және Spot

BigDog (2005): DARPA-мен бірге әскери жағдайда жүк тасымалдауға арналған Қашыр роботы ретінде жасалған. Оның 4 аяғы бар, соққылар мен беткейлерде тепе-теңдікті сақтау мүмкіндігі бар.

Spot (2015 ж.): коммерциялық қол жетімді модель. Тұрақтандыру жүйесімен, лидарлармен жабдықталған және оны құрылыста, қорғауда, зерттеуде қолдануға болады.

Мүмкіндіктер: гидравликалық жетектер (BigDog), электр жетектері (Spot). Тегіс емес беттердегі тұрақтылық. Бағдарламалау үшін SDK ашылған модульдік (Spot).

2. ANYbotics ANYmal [6] (Швейцария)

Өнеркәсіптік тексеруге арналған төрт аяқты робот. Ол мұнай-газ объектілерінде, энергетикада қолданылады. Онда аі деректерін өңдеу, жоғары дәлдіктегі визуализация, лазерлік сканерлеу бар.

Мүмкіндіктер: автономияның жоғары деңгейі. Күшті корпус және судан қорғау. Маршруттарды өз бетінше құру

3. Hexapod Robots (алты аяқты Роботтар)

Мысалдар: PhantomX AX, Lynxmotion Hexapod, CH3-R Hexapod

Білім беру, ғылыми жобалар, прототиптеу мақсатында қолданылады

Мүмкіндіктер: алты тірек нүктесі арқылы тұрақтылық. Arduino [4], Raspberry Pi, ROS [6] көмегімен басқару. Жүру алгоритмдерін қарапайым іске асыру (трипод, толқындық жүріс)

4. RHex (University of Pennsylvania)

Секіруге және тегіс емес жерлерде қозғалуға арналған 6 икемді аяғы бар Робот. Икемді элементтері бар қарапайым басқарылатын мотор дөңгелектерімен жабдықталған.

Мүмкіндіктер: экстремалды жағдайларға қолайлы. Тайғақ бетке төзімді. Әскери және құтқару міндеттері үшін қолданылады.

5. Robug IV (UK Nuclear Engineering)

Қауіпті аймақтардағы инспекцияларға арналған (мысалы, ядролық реакторлар). Төрт аяқпен, манипулятор жүйесімен, камералармен жабдықталған

Ерекшеліктері: радиациялық ортада жұмыс істеу. Қашықтан басқару және автономия

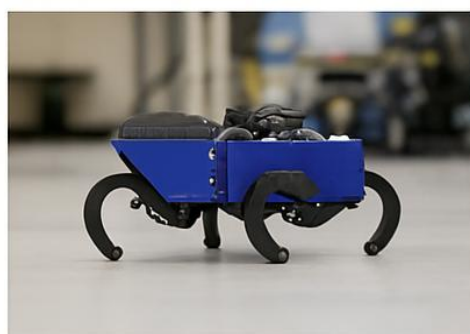
1.1 Негізгі параметрлер бойынша салыстыру

Кесте 1.1 – Роботтардың түрлері мен параметрлері

Модель	Аяқ саны	Басқару түрі	Қолданылуы	Ерекшелігі
BigDog	4	Гидравликалық	Әскери тапсырмалар	Күші, өткізгіштігі
Spot	4	Электржетектер	Коммерциялық қолдану	SDK, датчиктер, автономдылығы
ANYmal	4	ROS + ЖИ	Өнеркәсіптік тексеріс	Навигация, карта, автоматты тапсырмалар
Hexapods	6	Arduino/RPi	Білім беру, хобби	Тұрақтылығы, қарапайымдылығы
RHex	6	Гибридті	Жорықтар, құтқару жұмыстары	Секіру, маневрлік
Robug IV	4	Қашықтықтан	Ядролық станциялар	Радиациядан қорғану, миниатюралық



Hexapod Robots



RHex (University of

1.1-сурет – Роботтардың түрлері

Кесте 1.2 - Жаяу жүретін роботтар саласындағы соңғы жетістіктер мен зерттеулер

Робот атауы	Ерекшеліктері	Қолдану саласы
Atlas (Boston Dynamics)	Қозғалыс пен тепе-теңдіктің жоғары деңгейі; Күрделі маневрлер; Басқару алгоритмдерін сынау	Гуманоидты роботтардағы зерттеулер мен тестілеу
Микрожаяу робот (Корнелл университеті)	Көрінетін жарықпен әрекеттесу; Магниттік басқару; Биомедициналық қолдану	Микро деңгейдегі биомедициналық зерттеулер

Төрт аяқты роботтарға шолу	Биомиметикалық дизайн; Тұрақтылық пен ептілік; Іздеу-құтқару операциялары	Құтқару және қиын жерлерді зерттеу
Walkon suit F1 экзоскелеті	Серуендеуге көмектесу; Баспалдақпен көтерілу; 12 мотор мен сенсор арқылы әрекетті болжау	Параплегиямен ауыратындарға көмек
Полярлық роботты хаски	–40°C-та жұмыс; 100 кг жүк тасу; Мұз жарықтарын анықтайтын сенсорлар	Антарктикалық экспедициялар, ауыр жүк тасымалдау

1.2 Жаяу жүретін роботтардың даму тенденциялары мен перспективалары

Жаяу жүретін роботтар саласындағы заманауи зерттеулер мен әзірлемелер осы жүйелердің автономиясын, бейімделуін және функционалдығын арттыруға бағытталған. Рельефтің қиын жерлерін еңсеру қабілетінің арқасында жаяу жүретін Роботтар медицинадан қорғаныс өнеркәсібіне дейін әртүрлі салаларда қолдану үшін өзекті бола түсуде. Төменде осы саладағы негізгі тенденциялар мен перспективалар қарастырылған:

1. Миниатюризация және микротехника

Микроөндіріс технологиялары мен MEMS жүйелерінің (микроэлектромеханикалық жүйелер) дамуымен микроскопиялық жаяу жүретін роботтарды жасауға көбірек көңіл бөлінеді. Бұл құрылғылар келесі салаларда қолданылады:

Биомедицина: Микроботтар дәрі-дәрмектерді жеткізу, нүктелік хирургия немесе диагностика үшін адамның ішкі мүшелерімен жүре алады.

Нанотехнология: нанобөлшектерді манипуляциялау және атом деңгейінде құрастыру үшін микро сымды роботтарды пайдалану.

Ғылыми зерттеулер: микроорганизмдерді, жасушаларды және басқа биологиялық құрылымдарды микроб зерттеушілерінің көмегімен зерттеу.

2. Адам мен машинаның өзара әрекеттесуін жақсарту

Дамудың маңызды бағыттарының бірі-қадамдық механизмдер адамның күнделікті өміріне интеграцияланатын жүйелерді құру:

Экзоскелеттер: адамның қозғалысын күшейтетін жаяу құрылымдар. Олар медицинада (жарақаттан кейін оңалту, мүгедектерге көмек көрсету), сондай-ақ әскери және өнеркәсіптік салаларда (физикалық төзімділікті арттыру, ауырлықты көтеру) қолданылады.

Гуманоидты роботтар: антропоморфты архитектурасы бар роботтар, олар баспалдақтар мен тегіс емес беттерде қозғалып қана қоймай, сонымен қатар тұрмыстық және кәсіби жағдайда адамдармен қарым-қатынас жасай алады.

3. Төтенше жағдайларда қолдану

Жаяу жүретін Роботтар әсіресе адам қолы жетпейтін немесе қауіпті жерлерде жұмыс істеуге қатысты:

Полярлық аймақтар: төмен температураға төзімділік және мұз бен қарда қозғалу қабілеті оларды Арктика мен Антарктиканы зерттеуге тамаша үміткер етеді.

Апат аймақтары: зардап шеккендерді анықтау және доңғалақ платформаларын пайдалану мүмкін емес қираған аймақтарға гуманитарлық көмек жеткізу.

Ғарыш: айды, Марсты және басқа аспан денелерін зерттеуге арналған жаяу жүретін роботтарды әзірлеу, мұнда рельеф қозғалыстардың жоғары бейімделуін қажет етеді.

Әскери қосымшалар: жүктерді барлау және тасымалдау дәстүрлі машиналар ептілігін Жоғалтатын таулы және орманды аймақтарда.

4. Жасанды интеллект және оқыту

Жаяу жүретін роботтар жасанды интеллект технологиясы мен машиналық оқытудың интеграциясы арқылы автономды бола бастады:

Бейімделу мінез-құлқы: Роботтар жаңа беттік типтер мен ортаға бейімделу арқылы өз тәжірибелерінен "үйрене" алады.

Тану және жауап беру: сенсорларды, камераларды және нейрондық желілерді пайдалану роботтарға күрделі ортада шарлауға және нақты уақытта шешім қабылдауға мүмкіндік береді.

5. Энергия тиімділігі және тұрақтылық

Батареяның қызмет ету мерзімін жақсарту үшін ерекше назар аударылады: Қозғалыс алгоритмдерін оңтайландыру: жәндіктер мен өрмекшілердің қозғалысына еліктейтін биомиметикалық қадам модельдерін жасау.

Баламалы энергия көздерін пайдалану: Күн батареяларын енгізу, қозғалыс энергиясын қалпына келтіру және қысқа мерзімді жүктемелер үшін суперконденсаторлар.

Заманауи жаяу жүретін роботтар екі бағытта дамиды: өнеркәсіптік / мамандандырылған шешімдер (Spot, ANYmal [6], Robug IV) және ашық зерттеу платформалары (Hexapods, RHex). Өзіңіздің жаяу жүретін роботыңызды жасау тапсырма мен жұмыс ортасын ескере отырып, аяқ-қолдардың, буын механикасының, микроконтроллерлердің және басқару алгоритмдерінің сәйкес санын таңдауды талап етеді.

1.3 Қолданыстағы құрылымдардың артықшылықтары мен кемшіліктері

Кесте 1.3 – Роботтардың артықшылықтары мен кемшіліктері

Сипаттамасы	Алтыаяқты роботтар	Сегізаяқты роботтар
Тұрақтылығы	Орташа (кемінде 3 тірек аяқтың үйлесімі қажет)	Жоғары (әрқашан 4–5 тірек нүктесін сақтау мүмкіндігі)

Жылдамдығы	Жоғары (аяқ саны аз және инерциясы төмен)	Төмен (әсіресе толқындық жүріс кезінде)
Басқару күрделілігі	Орташа ($6 \text{ аяқ} \times 3 \text{ DOF} = 18 \text{ DOF}$)	Жоғары ($8 \text{ аяқ} \times 3 \text{ DOF} = 24 \text{ DOF}$)
Жүк көтергіштігі	Орташа	Жоғары (салмақ көп аяққа бөлінеді)
Қолданылуы	Оқу, зертханалық мақсаттағы роботтар	Экстремалды, тұрақсыз ортаға арналған роботтар
Даму құны	Төмен	Жоғары (көп компонент қажет)

Алты аяқты роботтар негізгі тапсырмалар үшін ыңғайлы және демонстрациялық мақсаттар мен зерттеулер үшін жақсы жұмыс істейді. Сегіз аяқты конструкциялар тұрақтылықты арттырады, әсіресе тұрақсыз және қиын жағдайларда, бұл оларды далалық миссияларда, мысалы, іздеу-құтқару жұмыстарында қолдануға перспективалы етеді.

1.4 Жобаланған роботқа арналған тұжырымдар мен тапсырмалар

Қолданыстағы шешімдерді талдау негізінде келесі қорытындылар жасауға болады:

- Жоғары тұрақтылық пен рельефке бейімделу қажеттілігі сегіз аяқты архитектураны таңдауды талап етеді.

- Қолданыстағы платформалар зертханалық қолдануға бағытталған немесе көбейту үшін тым күрделі және қымбат.

- Құтқару, әскери немесе зерттеу мақсатында нақты пайдалану жағдайларына арнайы бейімделген платформалар аз.

Жобаланған роботқа арналған тапсырмаларды қою:

- Тастарды, көлбеу беттерді және кедергілерді қамтитын өрескел жерлерде қозғалуға қабілетті сегіз аяқты мобильді роботтың дизайнын жасау.

- Масса центрін есептеу және позиция датчиктерін қолдана отырып, нақты уақыт режимінде тұрақтылық пен тепе-теңдікті қамтамасыз ету.

- Жағдайларға бейімделген әр түрлі қақпалармен жүру алгоритмдерін жүзеге асыру (балама, толқындық, статикалық).

- Беріктікті қамтамасыз ететін, бірақ энергия шығынын төмендететін қол жетімді және жеңіл материалдарды пайдаланыңыз.

- Автономды және қашықтан басқаруға мүмкіндік беретін Arduino [4] немесе ESP32 [4] негізіндегі басқару жүйесін әзірлеу.

- Модельдеу мен физикалық тестілеуді қоса алғанда, нақты сценарийлерде өткізгіштік пен тұрақтылықты бағалау.

2 Өрмекші робот дизайнының теориялық негіздемесі

Мобильді жаяу жүретін роботты құру конфигурацияны тандауды, кинематиканы талдауды, тұрақтылықты есептеуді, сондай-ақ ықтимал қозғалыс траекторияларын анықтауды қамтитын Мұқият теориялық негіздемені қажет етеді. Кешенді тәсіл роботтың әртүрлі жағдайларда, әсіресе қиын және қатал жерлерде тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

2.1 Конфигурацияны тандау

Дизайнның негізгі кезеңдерінің бірі - роботтың оңтайлы конфигурациясын анықтау. Конфигурация тірек элементтерінің (аяқтардың) санын, олардың орналасуын, буындардың (буындардың) түрін, сондай-ақ құрылыс элементтері жасалған материалдарды білдіреді.

Аяқ саны

Бұл жұмыс өрмекшінің морфологиясына еліктейтін сегіз аяқты архитектураны қарастырады. *Бұл тәсіл мыналарды қамтамасыз етеді:*

- жоғары тұрақтылық: қозғалыс кезінде кез-келген уақытта кем дегенде үш тірек нүктесін ұстауға болады;
- бір немесе екі аяғы істен шыққан кезде де қозғалысты жалғастыруға мүмкіндік беретін тіректердің артық болуы;
- әр түрлі алгоритмдерді (альтернативті, толқындық және т.б.) іске асыру мүмкіндігі мен ептілігін арттырды.

Артикуляция түрі және қозғалғыштық дәрежесі.

Әр аяқта әдетте 2-ден 3-ке дейін еркіндік (DOF) болады:

- *Dof1-алға/артқа қозғалыс (сагиттальды жазықтық);*
- *Dof2 – Көтеру/түсіру (тік жазықтық);*
- *Dof3 (міндетті емес) – көлденең жазықтықтағы бұрылыс (yaw осі).*

Бұл конфигурация кедергілерге тиімді қозғалыс пен бейімделуді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Құрылыс материалдары

Материалдарды таңдағанда жеңіл, берік және қол жетімді компоненттерге артықшылық беріледі:

- *тірек қаңқасы:* алюминий қорытпалары немесе көміртекті элементтер;
- *аяқтар мен буындар:* PLA / ABS пластик (3D прототиптеу кезінде);
- *инсульт жетектер:* құрылымды жылжыту үшін жеткілікті моменті бар серво жетектері.

Таңдау қажетті жүк көтергіштігімен, жер бедерінің түрімен, батареяның қызмет ету мерзімімен және пайдалану ерекшеліктерімен анықталады.

2.2 Көп аяқты механизмдердің кинематика принциптері

Кинематика жаяу жүретін роботтың қозғалысының негізі болып табылады. Бұл роботтың денесіне қатысты әр аяқтың орналасуы мен бағытын анықтауға, сондай-ақ әр аяқтың қозғалыс траекториясын есептеуге мүмкіндік береді.

Тікелей және кері кинематика

Тікелей кинематика: берілген артикуляция бұрыштарында аяқтың кеңістіктегі орнын есептеуге мүмкіндік береді.

Термин кері кинематика: кеңістіктегі берілген нүктеге жету үшін қажетті артикуляция бұрыштарын анықтайды.

Қарастырылып отырған аяқ моделі үш дәрежелі еркіндік манипуляторына ұқсас көп буынды механизм ретінде ұсынылады. *Есептеу үшін әдістер қолданылады:*

- тригонометриялық талдау;
- матрицалық координаталық түрлендіру (Денавит-Хартенберг әдісі);
- нақты уақыт режимінде жұмыс істеу кезінде позицияларды оңтайландырудың сандық әдістерін қолдану.

2.3 Қозғалыс кезіндегі тұрақтылық пен тепе-теңдікті есептеу

Жаяу жүретін роботтың тұрақтылығы оның қозғалу кезінде тепе-теңдікті сақтау қабілетін білдіреді. Бұл тірек нүктелерінің санына, олардың орналасуына және құрылымның масса центріне байланысты.

Тұрақтылық көпбұрышы

Қозғалыс кезінде роботтың масса орталығы (cm) аяқтың бетімен жанасу нүктелерінен пайда болған тірек көпбұрышының ішіне жобалануы керек.

Сегіз аяқты робот үшін қозғалыс алгоритмдерін уақыттың әр сәтінде үш, төрт немесе бес тірек нүктелерімен жүзеге асыруға болады, бұл тіпті көлбеу және тегіс емес беттерде тұрақтылықты қамтамасыз етеді.

Тұрақтылықты арттыру әдістері:

- ауырлық центрінің төмендеуі;
- аяқтың симметриялы орналасуы;
- массаның адаптивті қайта бөлінуі;
- беттің күйіне байланысты қадам мен қозғалыс жылдамдығын реттеу.

Қозғалыс сценарийлерін қарастыру:

- жоғары көтерілу;
- көлбеу жазықтық бойынша жылжу;
- бұрылыстар орнында.

2.4 Ықтимал қозғалыс траекторияларын талдау

Көп аяқты роботты басқарудың негізгі аспектілерінің бірі-аяқтың қозғалыс траекторияларын (қақпалар немесе жүру үлгілері) жобалау және оңтайландыру. Әр түрлі кадамдық модельдер бар, олардың әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен шектеулері бар.

Траекториялардың негізгі түрлері:

1. Балама

Қозғалыс кезінде ауыспалы төрт аяқтан тұратын екі топ қолданылады. Жақсы тұрақтылық пен жоғары жылдамдықты қамтамасыз етеді.

2. Толқын

Әр аяғы кезектесіп қозғалады. Баяу, бірақ ең тұрақты режим (әсіресе беткейлерде пайдалы).

3. Статикалық кадам

Крем бір уақытта бір аяқты көтереді, қалғандары тұрақтылықты қамтамасыз етеді. Лат өте күрделі бетке немесе дәл орналасу қажет болған жағдайда қолданылады.

4. Динамикалық кадам

Бір уақытта бірнеше аяқты жұлып алыңыз. Датчиктер мен АІ көмегімен тепе-теңдікті үнемі түзетуді қажет етеді.

Траекторияларды құру:

Әр аяқтың қозғалысын анықтау үшін:

- Bezier-тегіс траектория құру үшін қисықтар немесе сплайндар;
- масса центрін қолайлы диапазонда ұстауға арналған тірек нүктелерінің центроидтары;
- адаптивті кадамды түзетуге арналған сенсорлық деректер.

Траекторияны таңдауға әсер ететін факторлар:

- бетінің күйі;
- кедергілердің болуы;
- қажетті қозғалыс жылдамдығы;
- энергетикалық шығындар;
- кеңістіктегі теңдестіру және бағдарлау алгоритмдері.

Жаяу жүретін өрмекші роботты жобалаудың теориялық негіздемесі конфигурацияның, кинематиканың, тұрақтылықтың және қозғалысты басқарудың маңызды аспектілерін қамтиды. Талдау негізінде сегіз аяқты архитектура тұрақтылық пен өтімділік тұрғысынан ең оңтайлы болып таңдалды. Қозғалыс модельдері мен тұрақтандыру алгоритмдерін әзірлеу прототипті құрастыруды және шындыққа жақын жағдайларда сынақтарды қоса алғанда, жобаның практикалық бөлігін одан әрі іске асыруға мүмкіндік береді.

3 Роботты жобалау

Мобильді өрмекші роботты жобалау процесі механика, электроника, басқару жүйелері және бағдарламалау туралы білімді біріктіретін пәнаралық тәсілді қажет етеді. Бұл тараудың негізгі мақсаты-құрылған роботтың архитектурасын, компоненттері мен принциптерін негіздеу және сипаттау.

Барлық шешімдер тұрақтылықты, энергия тиімділігін, өрескел жерлерге бейімделуді және техникалық іске асыруды ескере отырып қабылданады.

3.1 Роботтың жалпы орналасуы

Жобаланған робот-бұл электроника блогы мен қайта зарядталатын батареясы бар орталық корпусы бар сегіз аяқты платформа. Төрт аяқтың әрқайсысы денеге радиалды түрде бекітіліп, симметрияға және салмақтың біркелкі таралуына мүмкіндік береді. Бұл орналасу тұрақты 4-5 тірек нүктесінің болуына байланысты тегіс емес беттерде жоғары тұрақтылықты қамтамасыз етеді.

Орналасу ерекшеліктері:

- орталық бөлігі: жеңіл және берік материалдан жасалған (мысалы, алюминий, көміртек немесе PLA/ABS), микроконтроллерді, аккумуляторды, сенсорларды және байланыс модульдерін ұстайды.

- аяқ модульдері: дененің периметрі бойынша біркелкі орналастырылған, үш дәрежелі еркіндік буындарына қосылған.

- өлшемділік: дизайн аяқтардың санын көбейтуге, сілтемелердің ұзындығын өзгертуге немесе бекітпелерді жаңа жетек түрлеріне бейімдеуге мүмкіндік береді.

3.2 Аяқтың механикалық құрылымы

Әр аяқта үш еркіндік дәрежесі бар, бұл күрделі қозғалыстарды — көтерілуді, алып кетуді және қолдауды қамтамасыз етеді.

Артикуляция схемасы:

1. Соха (жамбас бөлігі) — аяқтың көлденең айналуы, MG996R сервомоторымен немесе соған ұқсас.

2. Femur (жамбас) — жоғары/төмен тік қозғалыс, сонымен қатар сервомотормен басқарылады.

3. Тибия (жіліншік) — аяқ-қолды алып тастау, Көтеру/түсіру бұрышы. Қозғалтқыштар мен жетектер:

Металл берілістері бар сервомоторлар қолданылады (мысалы, MG996R, MG995 немесе dynamixel AX-12 қымбат нұсқалары үшін).

Диск жетектер инерцияны азайту және "төменгі аяққа" жүктемені азайту үшін роботтың денесіне жақын орналасқан.

Айналмалы моменті арттыру үшін редуктор қажет болған жағдайда қолданылады.

Бекіткіштер мен топсалар:

Мойынтіректері бар топсалар немесе ең үлкен жүктеме орындарында күшейтілген 3D басып шығарылған конструкциялар қолданылады.

Барлық сілтемелер оңай ауыстыру және теңшеу үшін бұрандалы бекітпелермен қосылады.

3.3 Қолданылатын материалдар

Материалдарды таңдау роботтың массасына, құрылымның беріктігіне және жалпы энергия тиімділігіне әсер етеді. Негізгі критерийлер-жеңілдік, дірілге төзімділік, иілу және қысу беріктігі.

Материалдар:

– *Корпус:* 6061-T6 алюминий немесе көміртекті пластик (прототипті 3D басып шығару кезінде PLA болуы мүмкін).

– *Аяқтар:* пластикалық (PLA, PETG, нейлон) немесе композиттік (көміртекті пластик, шыны талшық).

– *Буындары:* металл пластик немесе алюминий кірістірулер.

Бекіту: тот баспайтын болаттан жасалған бұрандалар, бұрандалы жеңдер.

Таңдаудың артықшылықтары: PLA бастапқы прототиптеуге жарамды. Көміртекті пластик төмен салмақта максималды беріктік береді. Алюминий сенімді және күрделі өндеуді қажет етпейді.

3.4 Электроника және басқару жүйесі

Басқарудың орталық бөлігі - барлық атқарушы және сенсорлық Модульдер қосылған микроконтроллер. Электрондық архитектура модульдік болып табылады, бұл жөндеуді және масштабтауды жеңілдетеді.

Микроконтроллер:

ESP32 [4] – екі ядролы, Wi-Fi/Bluetooth қолдауымен, сервомоторларды, сенсорларды және байланыс модульдерін басқаруға жеткілікті GPIO.

Шартты балама: Arduino [4] Mega немесе STM32 қажет болған жағдайда жақсартылған өнімділік және нақты уақытты басқару.

Серво: PWM модулі арқылы басқару (мысалы, 16 арнаға PCA9685 [4]). Сервомоторлардың қуаты жеке қорек көздерін (6В–7.4 В) DC-DC төмендету түрлендіргіші арқылы жүзеге асырылады.

Датчиктер: IMU (MPU6050 [4] / MPU9250) – бағдар мен үдеуді бақылау. HC-SR04 [4] ультрадыбыстық сенсорлары-кедергілерді анықтау. Сенсорлары-позициялау және калибрлеу үшін. Ток/кернеу модульдері-қуат мониторингі.

Қоректену: BMS және қорғаныс жүйесі бар 7.4 в 2200 мАч литий-ионды батарея. Әр түрлі кернеу деңгейлеріне арналған қуат тұрақтандырғыштары (AMS1117, LM2596) (3.3 В, 5В, 6В).

Қосымша: Bluetooth модулі HC-05 немесе ESP32 [4] арқылы Wi-Fi байланысы. Навигация және бейне талдау үшін камераны қосу мүмкіндігі (OV7670 / ESP32 [4]-CAM).

3.5 Навигация жүйесі

Роботты кеңістікте тиімді жылжыту үшін сенсорлық ақпарат пен маршрутты жоспарлау алгоритмдеріне негізделген негізгі навигациялық жүйе қарастырылған.

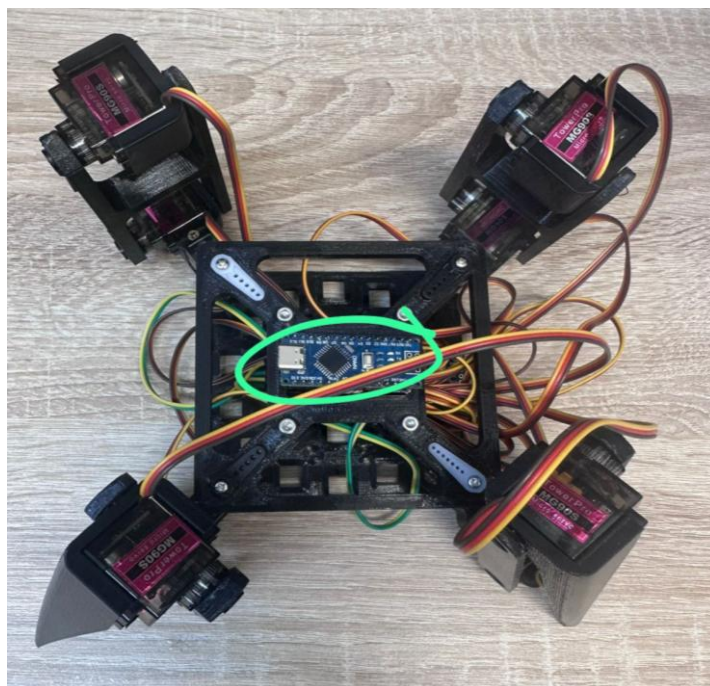
Навигация компоненттері: IMU-көлбеуді бағалауға және ауырлық центрін түзетуге арналған модуль. Объектілерге дейінгі қашықтықты өлшеуге арналған ультрадыбыстық датчиктер.

Балама: LiDAR (перспективалық нұсқаларда) немесе камера + кескінді өңдеу (computer vision). Логикалық конструкциялар арқылы немесе A* / D* Lite алгоритмі негізінде жүзеге асырылатын кедергілерді айналып өту алгоритмдері.

Жоспарланған жақсарту: ROS [6] (Robot Operating System) және Slam (Simultaneous Localization and Mapping) картасын құру және жабық кеңістікте офлайн навигация үшін пайдалану. Ашық кеңістіктерге арналған GPS модулімен интеграция (міндетті емес).



3.1-сурет – Роботтың жалпы көрінісі



3.2-сурет – Роботтың жалпы үстінгі көрінісі

3 Өрмекші робот аяғының кинематикасы

3.1 Роботтың әр аяғында дәрежелер

Роботтың әр аяғында 3 дәрежелі еркіндік бар делік: Соха (жамбас): көлденең жазықтықта айналу. Femur (жоғарғы аяқ): көтеру/түсіру. Tibia (төменгі аяқ): алға-артқа иілу. Аяқ моделі.

Белгілеу:

- L_1 -соха ұзындығы (жамбас, көлденең артикуляция)
- L_2 -Femur ұзындығы (аяқтың жоғарғы бөлігі)
- L_3 -тибияның ұзындығы (аяқтың төменгі бөлігі)
- θ_1 -Соха айналу бұрышы
- θ_2 -Femur бүктеу бұрышы
- θ_3 -Tibia бүктеу бұрышы

3.2 Тікелей кинематика

Аяқтың (табанның) соңғы нүктесінің координаталары:

$$\begin{aligned}x &= \cos(\theta_1) \cdot (L_2 \cdot \cos(\theta_2) + L_3 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3)) \\y &= \sin(\theta_1) \cdot (L_2 \cdot \cos(\theta_2) + L_3 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3)) \\z &= L_2 \cdot \sin(\theta_2) + L_3 \cdot \sin(\theta_2 + \theta_3)\end{aligned}$$

3.3 Кері кинематика

Егер табанның координаталары (x, y, z) белгілі болса, қажетті бұрыштарды табамыз:

Алдымен горизонталь жазықтықтағы бұрылу бұрышын θ_1 табамыз:

$$\theta_1 = \arctan2(y, x)$$

Содан кейін нүктеге дейінгі қашықтықты горизонталь проекцияда табамыз:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

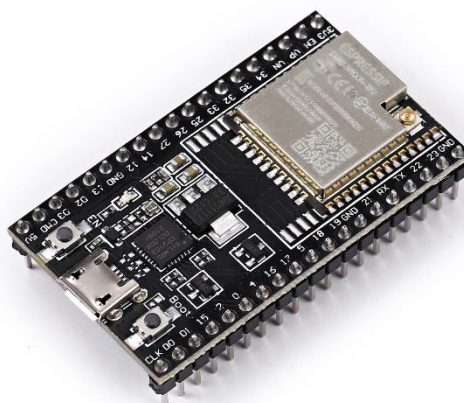
Вертикаль қашықтықты z ескере отырып, θ_2 және θ_3 бұрыштарын триангуляция формулаларымен табамыз (косинустар мен синустар теоремасы):

$$D = (r^2 + z^2 - L_2^2 - L_3^2) / (2 \cdot L_2 \cdot L_3) \Rightarrow \theta_3 = \arccos(D)$$

$$\theta_2 = \arctan2(z, r) - \arctan2(L_3 \cdot \sin(\theta_3), L_2 + L_3 \cdot \cos(\theta_3))$$

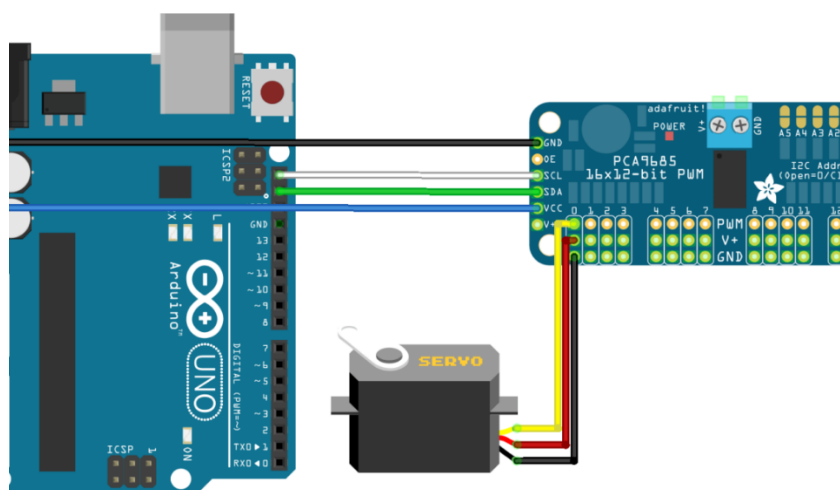
3.1 Компоненттерді тандау

ESP32 (DevKitC) – Bluetooth және Wi-Fi модульдері бар ESP32WROOM негізіндегі шағын басқару тақтасы. Бағдарламалау және қоректендіру үшін USB-C немесе microUSB порты бар.



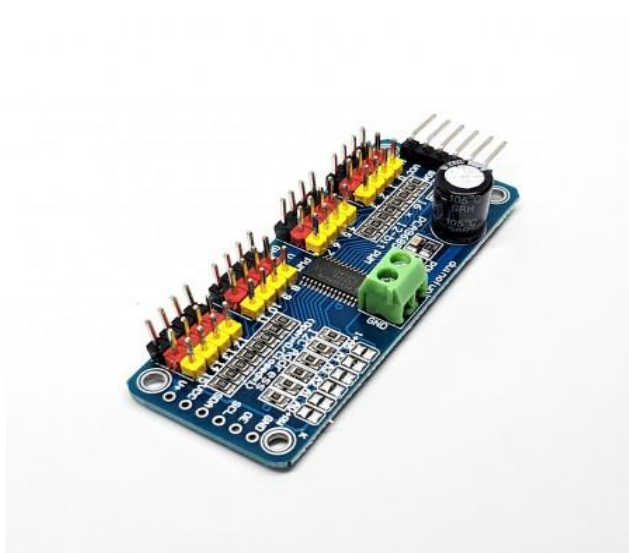
3.1-сурет – ESP32 (DevKitC) шағын басқару тақтасы

PCA9685 – 16-каналды ШИМ (PWM) модулі – ESP32-ге I²C шинасы арқылы қосылады. Әрбір сервомоторға дәл ШИМ сигналын беру арқылы басқаруға мүмкіндік береді. 16 арнаға дейін қолдайды.



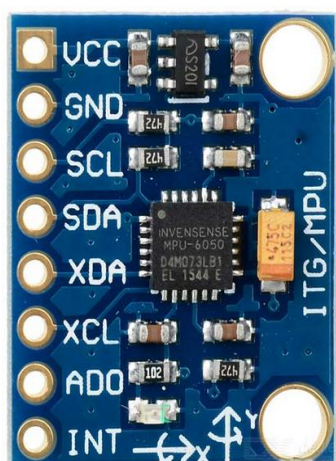
3.2-сурет – PCA9685 – 16-каналды ШИМ (PWM) модулі

MG995 серводвигатели – Металл редукторы бар сенімді және қуатты сервомотор. 5–6 В кернеуде жұмыс істейді, айналу моменті – шамамен 15 кг·см.



3.3-сурет – MG995 сервомотор

MPU6050 (GY-521) – Гироскоп және акселерометр біріктірілген IMU модулі. I²C арқылы ESP32-ге қосылып, роботтың еңісін, жылдамдығын және бағытын анықтауға мүмкіндік береді.



3.4-сурет – MPU6050 (GY-521) модуль

HC-SR04 ультрадыбыстық датчигі – Қарапайым, бірақ тиімді қашықтық өлшеу модулі. Trig және Echo пиндері арқылы сигнал жіберіп, тосқауылға дейінгі арақашықтықты есептейді.



3.5-сурет – HC-SR04 ультрадыбыстық датчигі

Кесте 3.1 – Компоненттердің сипаттамалары

Критерилер	Сипаттамасы
Басқару қажеттілігі	18 сервожетек (6 аяқ × 3 DOF)
Сенсорлармен жұмыс	IMU, ультрадыбыстық, LiDAR қосу мүмкіндігі
Қуат тұтыну	Төмен
Интерфейстер	SPI / I2C сенсорлар үшін
Байланыс	Wi-Fi, Bluetooth немесе UART
Таңдалған МК	ESP32
Процессор	240 МГц, 2 ядро
Байланыс	Wi-Fi + Bluetooth
GPIO және I2C қолдауы	Жеткілікті
Артықшылығы	Arduino IDE-мен үйлесімді
PWM модулі	PCA9685
PWM арналары	16 тәуелсіз
Басқару	I2C арқылы
Кеңейтілуі	62 модульге дейін (992 сервоға дейін)
Артықшылығы	PWM сигналдарын бөлек модульге шығару арқылы МК-ны жүктемейді

4 БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Жаяу жүретін роботтың бағдарламалық жасақтамасы оның Дербес функцияларын жүзеге асыруда шешуші рөл атқарады. Ол аяқтың қозғалысын үйлестіруді, сыртқы жағдайларға бейімделуді, Сенсорлардан деректерді өңдеуді, кері байланысты және оператормен өзара әрекеттесуді қамтамасыз етеді. Бағдарламалық жасақтаманың икемділігі, модульділігі және тұрақтылығы роботтың нақты жұмыс жағдайында, әсіресе өрескел жерлерде қозғалу кезінде тиімділігін анықтайды.

4.1 Қозғалыс алгоритмдері

Қозғалыс алгоритмдерінің негізгі міндеті-қозғалыстың тұрақтылығын, тегістігін және жүру механизмінің әр түрлі беттерге бейімделуін қамтамасыз ету.

Жаяу жүру алгоритмдерінің түрлері:

– Альтернативті жүру-алты аяқты және сегіз аяқты роботтар үшін ең көп таралған әдіс. Бір уақытта аяқтың жартысы (төрт) көтеріліп, қозғалады, ал қалған төртеуі тірек береді.

– Толқындық жүріс-аяқтар бірінен соң бірі көтеріледі. Максималды тұрақтылықты, бірақ төмен жылдамдықты қамтамасыз етеді.

– Өрмекшінің адаптивті жүрісі - жер бетімен жанасу туралы Сенсорлық ақпаратқа негізделген. Ол сырғанау мүмкін болатын тұрақсыз немесе жұмсақ жерде қозғалу кезінде қолданылады.

Траекторияны басқару: Әр аяғы алып кету (swing) және тірек (stance) фазасында жеке траектория бойынша қозғалады. Траектория Безье функциясы немесе синусоидалы қисық арқылы беріледі.

Векторлық басқару: Қисықтағы нүктелерді есептеу кедергілерге байланысты нақты уақыт режимінде жүзеге асырылады.

Рельефке бейімделу: Беттің көлбеу бұрышын анықтау үшін IMU және сенсорлық Сенсорлардан алынған ақпарат қолданылады. Нақты уақыттағы кадам кадамның биіктігі мен ұзындығын реттейді. Тірек аяқтарының санының азаюымен/ұлғаюымен жүрісті бейімдеуге болады.

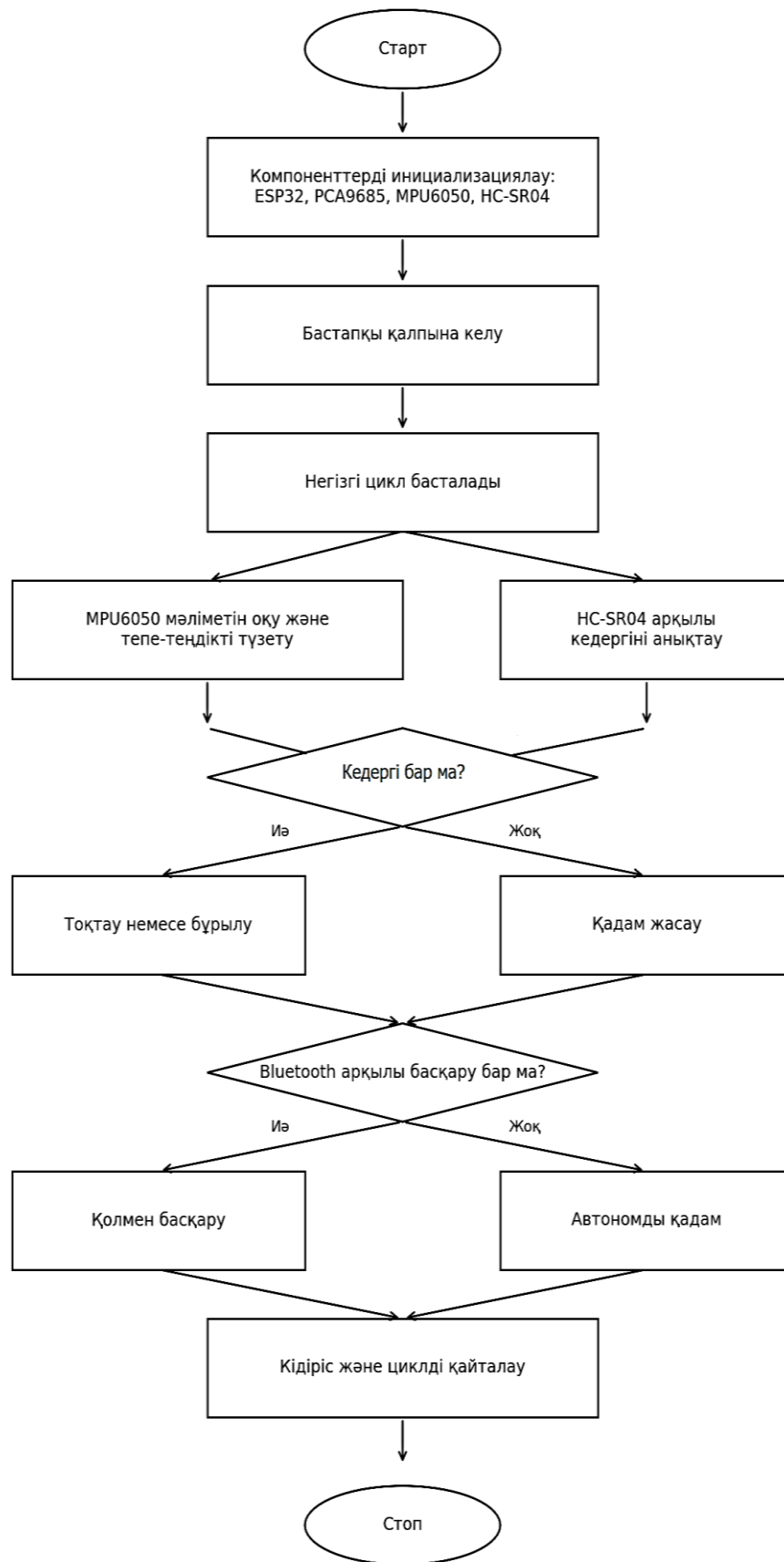
4.2 Жүйенің жұмыс алгоритмі

Инициализация кезеңі:

1. ESP32 [4] микроконтроллерін инициализациялау
Жүйенің негізгі басқарушы бөлігі ретінде ESP32 [4] іске қосылып, бастапқы конфигурациялар орындалады.
2. I2C шинасын инициализациялау
Бұл шина арқылы келесі модульдер байланысады:

- MPU6050 [4] – гироскоп пен акселерометр модулі, ол роботтың бұрыштық жылдамдығы мен үдеуін өлшейді.
 - PCA9685 [4] – PWM сигналдарын көбейтетін контроллер, сервомотормен байланыс орнатады.
3. HC-SR04 [4] ультрадыбыстық датчигі үшін GPIO пиндерін баптау
- Trig (импульс жіберу пині) – шығыс ретінде конфигурацияланады.
 - Echo (импульс қабылдау пині) – кіріс ретінде бапталады.
- Негізгі жұмыс циклі (цикл ішінде үздіксіз орындалады):*
1. MPU6050 [4] модулінен мәліметтерді оқу
 - Жүйе роботтың ағымдағы еңіс бұрыштары мен үдеуін өлшейді.
 - Бұл деректер тепе-теңдікті сақтау және қозғалысты басқару үшін пайдаланылады.
 2. HC-SR04 [4] ультрадыбыстық датчигінен арақашықтықты өлшеу:
 - Trig пиніне қысқа уақыттық импульс жіберіледі (шамамен 10 мкс).
 - Echo пині арқылы қайтып келген дыбыс сигналы күтіледі.
 - Сигналдың кідіру уақыты арқылы арақашықтық есептеледі:

$$\text{қашықтық} = (\text{уақыт} * \text{дыбыс жылдамдығы}) / 2$$
 3. Сенсорлық мәліметтер негізінде әрекет орындау:
 - MPU6050 [4] және HC-SR04 [4] модулдерінен алынған мәліметтерді талдау.
 - Алынған мәліметтер негізінде:
 - Роботтың қозғалыс бағытын анықтау.
 - Сервомоторлардың (MG995) қажетті бұрыштарын есептеу.
 4. Сервомоторларға басқару сигналдарын жіберу:
 - I2C арқылы PCA9685 [4] модуліне PWM командалары жіберіледі.
 - PCA9685 [4] модулі 12 сервомоторды (MG995) жеке-жеке басқаруға мүмкіндік береді (PWM0–PWM11 арналарымен).
 5. Қозғалысты басқару және тепе-теңдікті сақтау:
 - Тепе-теңдік өзгерісі немесе кедергілердің пайда болуына қарай роботтың қозғалыс жылдамдығы мен бағыты реттеледі.
 - Қажет болса, қозғалыс тоқтатылады немесе бағыты өзгереді.
 6. Мәліметтерді сыртқа жіберу (қосымша функция):
 - ESP32 [4] көмегімен мәліметтерді Bluetooth немесе Wi-Fi арқылы сыртқы құрылғыларға (смартфон, ноутбук) жіберуге болады.
 - Бұл функция арқылы бақылау, диагностика және қашықтан басқару іске асады.



4.1-сурет – Алгоритмдік блок-схемасы

Компоненттердің қысқаша сипаттамасы:

- ESP32 [4] - орталық басқарушы контроллер, мәліметтерді қабылдайды, өндейді және командалар береді.
- MPU6050 [4] - IMU датчигі: акселерометр мен гироскоп біріктірілген модуль.
- HC-SR04 [4] - ультрадыбыстық қашықтық өлшеу датчигі.
- PCA9685 [4] - PWM сигналдарын кеңейтетін I2C модулі.
- MG995 - роботтың аяқтарын басқаруға арналған серводвигательдер.

4.3 Басқаруды іске асыру

Қозғалысты дәл және тұрақты басқаруды қамтамасыз ету үшін кері байланыс пен адаптивті бақылаудың заманауи әдістері қолданылады.

PID реттегіштері [2]:

Берілген траектория бойынша әр аяқтың орнын тұрақтандыру үшін қолданылады. Сыртқы әсер ету кезінде мақсатты позициядан ауытқуларды өтеуге мүмкіндік береді (мысалы, бетінің кедір-бұдырлығы).

Кері байланыс:

Әр аяқтың орналасуы мен үдеуі кодерлер немесе позиция датчиктері арқылы бақыланады. Қадамды нақты уақыт режимінде түзету алынған мәліметтер негізінде жүзеге асырылады.

Адаптивті басқару:

Жаңа жағдайларда оңтайлы жүрісті дамыту үшін күшейтілген оқыту алгоритмдерін немесе нейрондық желілерді қолдануға болады. Масса центрі мен тірек аймағына негізделген тұрақтылықты бағалау функциясын қолдану (мысалы, Zero Moment Point).

Үзілістер және көп ағынды: Нақты уақыттағы тапсырмаларды басқару үшін ESP32 [4] негізіндегі RTOS немесе FreeRTOS [4] пайдалану.

Жеке тапсырмалар: сервомоторларды басқару, сенсорлардан деректерді оқу, басқару интерфейсінен командаларды өндеу.

4.4 Оператор интерфейсі (бар болса)

Егер роботты қолмен немесе жартылай автоматты басқару қажет болса, оператордың пайдаланушы интерфейсі жүзеге асырылады.

Интерфейстің функционалдығы: Жұмыс режимін таңдау (авто/қолмен/тест). Қозғалыс бағыты мен жылдамдығын басқару.

Робот күйін бақылау: заряд деңгейі, температура, белсенді сенсорлар. Аяқтың орналасуын және кедергілер картасын визуализациялау (кеңейтілген нұсқада).

Іске асыру тәсілдері: Bluetooth/Wi-Fi арқылы Android-де мобильді қосымша (мысалы, MIT App Inventor немесе Flutter). ESP32 [4] негізіндегі

WebSocket арқылы веб-интерфейс. ДК - Python-да Serial Monitor немесе GUI арқылы бағдарлама (PyQt, Tkinter, Matplotlib).

4.5 Сенсорлардан деректерді өңдеу

Сенсорлар роботтың автономиясы мен бейімделуін қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Деректерді дұрыс және жылдам өңдеу сыртқы өзгерістерге тиімді жауап беруге мүмкіндік береді.

Өңделетін сенсорлар: IMU (MPU6050 [4]/9250): кеңістіктегі бағдар, масса центрін түзету, көлбеу өтемақы. Ультрадыбыстық датчиктер (HC-SR04 [4]): кедергілерге дейінгі қашықтықты анықтау. ИҚ сенсорлары мен ұштары: беттің жанасуын бекіту, иілуден қорғау.

Ток және кернеу датчиктері: қуат күйін және шамадан тыс жүктемені бақылау.

Деректер интеграциясы: бірнеше сенсорлардан ақпаратты біріктіру (sensor fusion).

Шешім қабылдау логикасы: шекті мәндер, шартты құрылымдар, математикалық модельдер.

Реакциялардың мысалдары: Кедергіні анықтаудағы қадам-қадамның траекториясын өзгерту. Тұрақтылық төмендеген кезде-тірек нүктелерін қайта бөлу. Қызып кету кезіндегі жағдай-автоматты тоқтату және операторға хабарлау.

5 Тәжіриелік бөлім

Тәжіриелік бөлім нақты жұмыс жағдайында жасалған роботтың жұмысын тексеруге бағытталған. Ол прототипті құрастыру кезеңін, әртүрлі сценарийлерде сынақтар жүргізуді, сондай-ақ нәтижелерді бар аналогтармен салыстыруды қамтиды. Сонымен қатар, тарау аясында туындаған мәселелерге талдау жасалады және дизайн мен басқару алгоритмдерін одан әрі жақсарту бойынша ұсыныстар жасалады.

5.1 Прототипті құрастыру

Компоненттерді дайындау, механикалық бөлік: жақтау жасау, жетектері бар аяқ-қолдарды (аяқтарды) орнату, топсалар мен бекіткіштерді орнату.

Электроника: микроконтроллерді орнату (мысалы, ESP32 [4]), сервомоторларды орнату (SG90/MG996R), сенсорларды орналастыру (IMU, ультрадыбыстық, байланыс датчиктері), батарея.

Қуат: Li-Ion 2S немесе 3S аккумуляторын, DC-DC тұрақтандырғыштарын логика мен қуат бөлігін бөлек қуаттандыру үшін пайдалану.

PCB: қуат сымдары, сенсорлар мен драйверлерді қосу үшін реттелетін немесе нан тақталарын орнату.

Құрастыру және теңшеу: Барлық құрылымдық түйіндерді кезең-кезеңімен құрастыру. Бұл нөлдік координаттардағы аяқ-қолдардың орналасуын реттейді. Әр басқару арнасының жұмысы тексерілді, сенсорлар калибрленді.

5.2 Әртүрлі жағдайларда сынақтар жүргізу

Сынақтардың мақсаты: Рельефтің өзгеруіне тұрақтылықты, маневрлікті, патенттілікті және реакцияны тексеріңіз. Нақты жұмыс жағдайына жақын жағдайда роботтың мінез-құлқын бағалау.

Тестілеу шарттары: Тегіс бет (асфальт / плитка): Жүрістің тұрақтылығын бағалау. Өлшем максималды және орташа жылдамдықты өлшейді.

Тегіс емес рельеф (тастар, қиыршық тас, шөп): Көлбеу беттердегі тұрақтылықты талдау. Адаптивті қадам алгоритмдерін тексеру.

Кедергілер (төмен блоктар, ағаш тақтайшалар): Кедергілерді айналып өтуді немесе өтуді тексеру. Объектілермен соқтығысуға реакция.

Жұмсақ топырақ (құм/жер): Аяқтың сырғанау сынағы. Шөгу кезіндегі мінез-құлық.

Өлшеу әдістемесі: Жол мен уақытты есептеу үшін белгілер орнатылды.

Бұл қозғалыстарды кейінгі талдау үшін бейнежазбаны пайдаланды. IMU және сенсорлардан алынған деректер SD картасына жазылды немесе Wi-Fi арқылы жіберілді.

5.3 Критерийлер бойынша аналогтармен салыстыру

Кесте 5.1 – Аналогтармен салыстыру

Параметр	Өрмекші робот (прототип)	Аналог 1 (алтыаяқты Hexapod)	Аналог 2 (дөңгелекті робот)
Қозғалу жылдамдығы	~0.3 м/с	~0.4 м/с	~0.6 м/с
Өтімділігі	Жоғары (кұм, тас)	Орташа	Төмен (кедір-бұдыр жерде)
Тұрақтылығы	Жоғары	Жоғары	Орташа
Маневрлік қабілеті	Орташа	Орташа	Жоғары
Беткейге бейімділігі	Бейімделгіш	Жартылай бейімделгіш	Бейімделмеген

Салыстыру: Өзірленген робот күрделі беттерде жақсы тұрақтылық пен трафикті көрсетеді. Жылдамдық доңғалақ аналогтарынан төмен, бұл жаяу жүретін платформаларға тән. Рельеф жүрістің бейімделуі гетерогенді рельефте қозғалу кезінде артықшылықты қамтамасыз етеді.

5.4 Қателерді талдау және жақсарту бойынша ұсыныстар

Анықталған мәселелер: Сервомоторлардың қызып кетуі тегіс емес жерде ұзақ уақыт жұмыс істегенде. Батареяның шектеулі сыйымдылығы, ұзақ мерзімді миссиялар үшін жеткіліксіз. Жоғары жылдамдықта күрделі рельефте аяқтың қозғалысын синхрондау қиындықтары. IMU өлшеудің төмен дәлдігі күшті тербелістерде.

Жақсарту бойынша ұсыныстар: Қуатты және щеткасыз кері байланыс жетектерін пайдалану. Тепе-теңдікті жоғалтқан кезде жүрісті қалпына келтіру алгоритмін енгізу. Зарядтауды басқару жүйесі (BMS) бар сыйымдылығы жоғары батареяны орнату. Дәлірек сенсорларды қолдану-мысалы, GPS және барометрмен біріктірілген IMU. Wi-Fi арқылы жаңа алгоритмдерді жаңарту және жүктеу мүмкіндігі бар модульдік бағдарламалық жасақтама.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмыс аясында өрескел және күрделі жерлерде тиімді қозғалуға арналған өрмекші морфологиясы бар мобильді жаяу жүретін роботтың прототипін әзірлеу және енгізу жүзеге асырылды. Теориялық зерттеулер, инженерлік есептеулер мен практикалық сынақтар кешені таңдалған архитектураның жұмыс қабілеттілігін және қолданылған шешімдердің дұрыстығын растауға мүмкіндік берді.

Мобильді жаяу жүретін роботтардың қолданыстағы конструкциялары мен технологияларын талдау олардың күшті және әлсіз жақтарын анықтады, бұл жобаланған құрылғыға қойылатын талаптарды қалыптастыруға негіз болды. Теориялық негіздеу процесінде оңтайлы конфигурация таңдалды — алты аяқты платформа, көп аяқты жүйелердің кинематикалық және динамикалық модельдерін құру принциптері, сонымен қатар тұрақтылық есептеулері мен қозғалыс траекторияларын талдау жүргізілді.

Жұмыстың құрылымдық бөлігі қажетті еркіндік дәрежесі бар аяқтың механикалық құрылымын әзірлеуді, жетектерді таңдауды, микроконтроллерге негізделген басқару жүйесін жобалауды, бағдар мен қашықтық датчиктерін біріктіруді қамтыды. Бағдарламалық жасақтама негізгі жорық алгоритмдерін, рельефке бейімделу жүйесін, сенсорлар арқылы кері байланысты және қозғалыс параметрлерін PID реттеуді жүзеге асырды.

Эксперименттік сынақтар әртүрлі жағдайларда әзірленген прототиптің жоғары тұрақтылығын, бейімделуін және өткізгіштігін растады, бұл қолданыстағы аналогтармен салыстырмалы талдауға және таңдалған шешімдердің тиімділігін растауға мүмкіндік берді. Жұмыстың практикалық маңыздылығы прототипті іздеу-құтқару операцияларында, барлау миссияларында, әскери және өнеркәсіптік қосымшаларда, сондай-ақ білім беру және ғылыми мақсаттарда пайдалану мүмкіндігі болып табылады. Бағдарламалық жасақтаманың модульдік дизайны мен икемділігінің арқасында робот әртүрлі тапсырмаларға оңай бейімделеді — алгоритмдерді өзгертуден бастап қосымша сенсорларды орнатуға дейін.

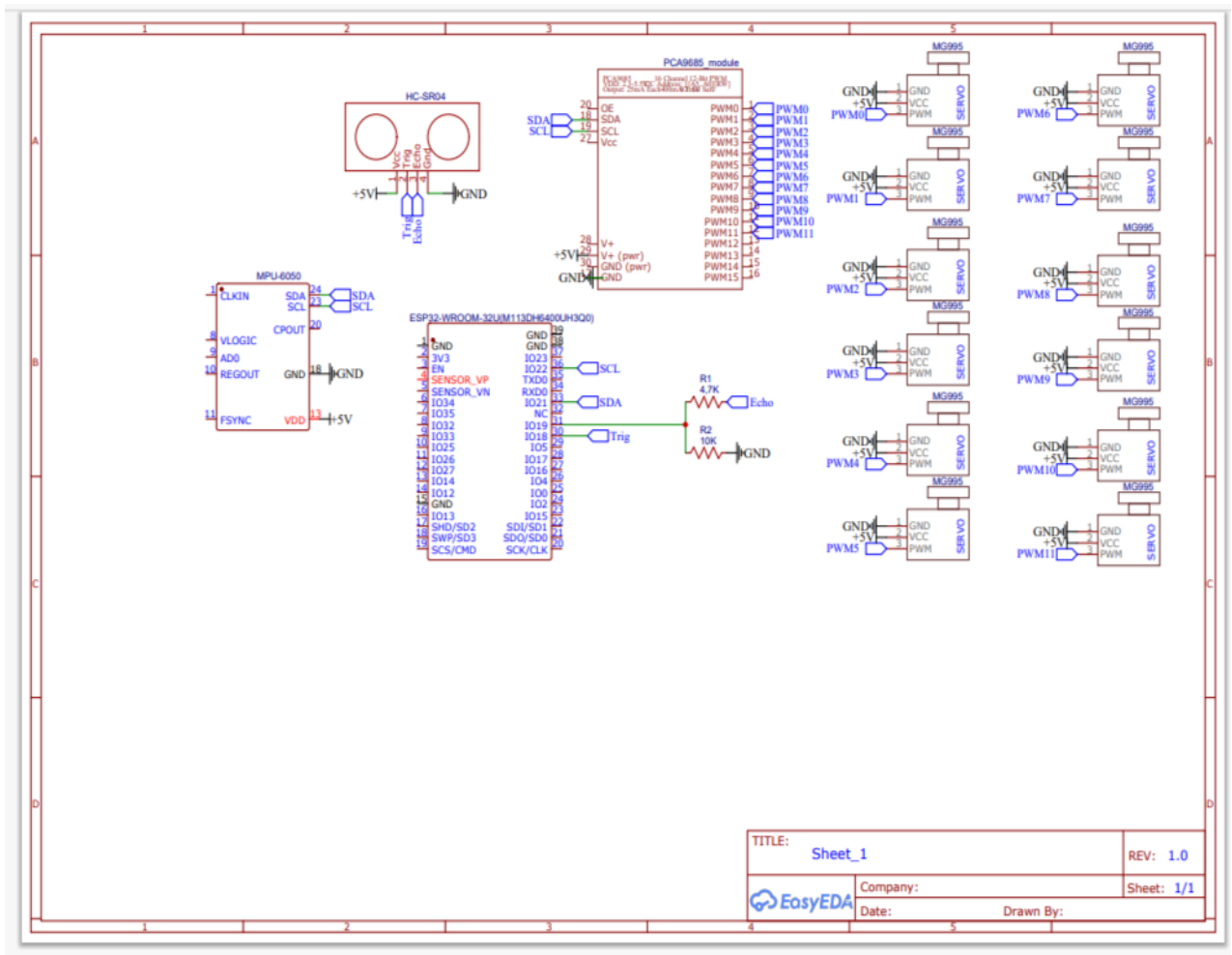
Әрі қарай зерттеу перспективасында мынадай бағыттарды іске асыру жоспарлануда: рельефті тану және шешім қабылдау үшін жасанды интеллектті интеграциялау; Slam және GPS технологияларын пайдалана отырып, автономды навигация жүйесін жетілдіру; бірнеше Роботтар (swarm robotics) арасындағы өзара іс-қимыл жүйесін әзірлеу; күн батареяларын немесе суперконденсаторларды пайдалану арқылы энергия тиімділігін арттыру; жұмсақ жетектер мен сенсорлық жетектерді қоса алғанда, биоинспирацияланған шешімдерді енгізу тері.

Жүргізілген жұмыс мобильді робототехниканы одан әрі дамыту және жаңа буынның сенімді, бейімделгіш және интеллектуалды көп аяқты роботтарын жобалау үшін тұрақты негіз жасайды.

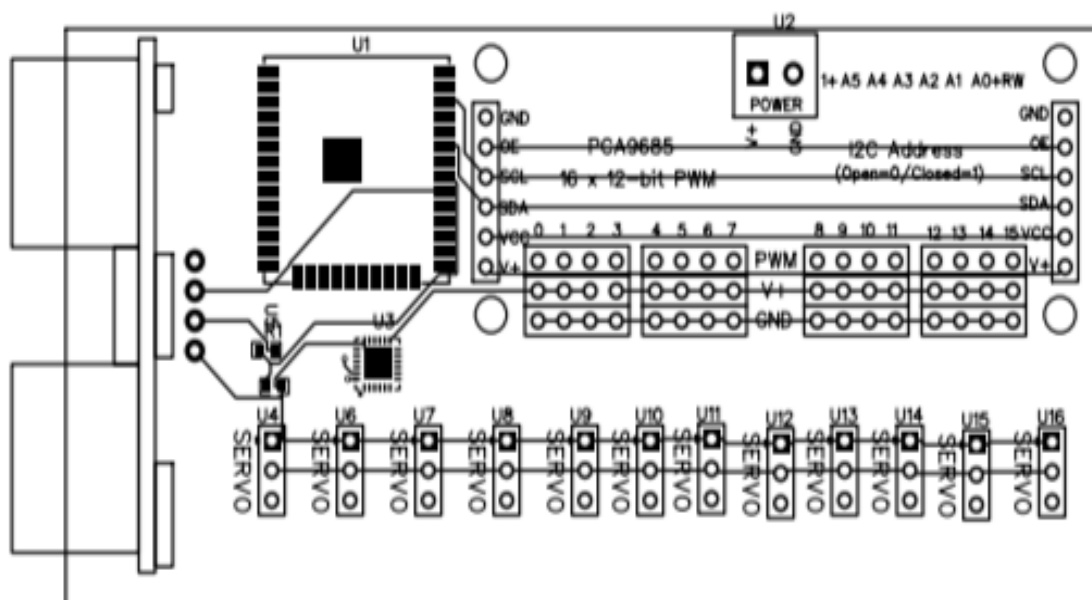
ПАЙДАЛАНҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Siciliano B., Khatib O. Springer Handbook of Robotics. Springer, 2016.
- [2] Albu-Schäffer A., Ott C. Legged Robots: Modeling, Design, and Control. Springer, 2018.
- [3] Lee H., Kim Y. Development of an Autonomous Walking Robot Using Servo Motors // Journal of Robotics. 2020. Vol. 7, No. 3. P. 102–115.
- [4] Arduino I. Arduino Robotics: Building Legged Robots. Arduino Press, 2019.
- [5] Kolvenbach H. et al. Control strategies for legged robots // Advanced Robotics. 2019.
- [6] Hutter M. et al. ANYmal - a highly mobile and autonomous quadrupedal robot // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. 2016.
- [7] Zhao Y. et al. A study on gait planning of six-legged robots in complex terrain // Robotics and Autonomous Systems. 2020.
- [8] Yang L. et al. Gait analysis and optimization of quadruped robots // Journal of Field Robotics. 2021.
- [9] Bogue R. Exoskeletons in the industrial workplace // Industrial Robot: An International Journal. 2015.
- [10] Ren L. et al. Walking pattern generation for adaptive legged robots // IEEE Transactions on Robotics. 2022.

Қосымша А



Қосымша Б



Қосымша С

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_PWMServoDriver.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
Adafruit_PWMServoDriver pwm = Adafruit_PWMServoDriver();
#define SERVO_MIN 150
#define SERVO_MAX 600
const int NUM_LEGS = 4;
int legs[NUM_LEGS][3] = {
  {0, 1, 2}, {3, 4, 5}, {9, 10, 11}, {6, 7, 8}
};
int femurUp = 0;
int femurDown = 60;
int tibiaBent = 0;
int tibiaStraight = 30;
int coxaCenter = 90;
int coxaForward = 60;
int coxaBackward = 120;
// --- Wi-Fi ---
const char* ssid = "chungang changa";
const char* password = "123456789";
// --- Telegram ---
const char* botToken =
  "6765768582:AAGGwNbNmmxEdgUfXHFFhSawg66bsfRILb0";
// ← сюда вставь токен бота
const char* chatId = "1628510201"; // ← сюда вставь свой chat_id
WiFiServer server(80);
String header = "";
char currentMode = 's';
unsigned long lastStepTime = 0;
int currentLeg = 0;
// --- Servo helpers ---
int angleToPulse(int angle) {
  return map(angle, 0, 180, SERVO_MIN, SERVO_MAX);
}
void setCoxa(int i, int angle) {
  pwm.setPWM(legs[i][0], 0, angleToPulse(angle));
}
void setCoxaSmooth(int i, int fromAngle, int toAngle) {
  int step = (toAngle > fromAngle) ? 1 : -1;
  for (int angle = fromAngle; angle != toAngle; angle += step) {
    pwm.setPWM(legs[i][0], 0, angleToPulse(angle));
  }
}
```



```

delayMicroseconds(3000);
}
pwm.setPWM(legs[i][0], 0, angleToPulse(toAngle));
}
void moveLeg(int i, bool up) {
pwm.setPWM(legs[i][1], 0, angleToPulse(up ? femurUp : femurDown));
pwm.setPWM(legs[i][2], 0, angleToPulse(up ? tibiaBent : tibiaStraight));
}
void stepSingleLeg(int leg, bool forward) {
moveLeg(leg, true);
delay(150);
int from = coxaCenter;
int to = forward ? coxaForward : coxaBackward;
setCoxaSmooth(leg, from, to);
moveLeg(leg, false);
delay(150);
setCoxaSmooth(leg, to, coxaCenter);
delay(150);
}
void resetAllLegs() {
for (int i = 0; i < NUM_LEGS; i++) {
setCoxa(i, coxaCenter);
moveLeg(i, false);
}
}
// --- Telegram send function ---
void sendTelegramMessage(String message) {
String url = "https://api.telegram.org/bot" + String(botToken) +
"/sendMessage";
String payload = "chat_id=" + String(chatId) + "&text=" + message;
HTTPClient http;
http.begin(url);
http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
int httpResponseCode = http.POST(payload);
http.end();
}
void setup() {
Serial.begin(115200);
pwm.begin();
pwm.setPWMFreq(50);
delay(10);
resetAllLegs();
WiFi.begin(ssid, password);
Serial.print("Connecting to WiFi");

```



```

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("\nWiFi connected. IP: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
// Отправляем IP в Telegram
sendTelegramMessage("📡 ESP32 подключён!\nIP: " +
  WiFi.localIP().toString());
server.begin();
}

void loop() {
  WiFiClient client = server.available();
  if (client) {
    String currentLine = "";
    while (client.connected()) {
      if (client.available()) {
        char c = client.read();
        header += c;
        if (c == '\n') {
          if (currentLine.length() == 0) {
            // Команды
            if (header.indexOf("GET /?cmd=") >= 0) {
              int start = header.indexOf("cmd=") + 4;
              char cmd = header.charAt(start);
              if (cmd == 'u') for (int i = 0; i < NUM_LEGS; i++)
                moveLeg(i, true);
              else if (cmd == 'd') for (int i = 0; i < NUM_LEGS; i++)
                moveLeg(i, false);
              else if (cmd == 's') { currentMode = 's'; resetAllLegs(); }
              else if (cmd == 'f') { currentMode = 'f'; currentLeg = 0;
                lastStepTime = millis(); }
              else if (cmd == 'b') { currentMode = 'b'; currentLeg = 0;
                lastStepTime = millis(); }
            }
            // HTML-ответ
            client.println("HTTP/1.1 200 OK");
            client.println("Content-type:text/html");
            client.println("Connection: close");
            client.println();
            client.println("<!DOCTYPE html><html><head><meta charset='UTF8'>");
            client.println("<title>Spider Control</title>");
            client.println("<style>");
            client.println("body { font-family: Arial; text-align: center;

```



```

});
client.println("button { font-size: 24px; padding: 20px 40px;
margin: 10px; }");
client.println("</style>");
client.println("</head><body><h1> 🕷 Spider Control</h1>");
client.println("<p>");
client.println("<button
onclick=\"sendCmd('f')\">Вперёд</button>");
client.println("<button
onclick=\"sendCmd('b')\">Назад</button><br>");
client.println("<button
onclick=\"sendCmd('s')\">Стоп</button>");
client.println("<button
onclick=\"sendCmd('u')\">Поднять</button>");
client.println("<button
onclick=\"sendCmd('d')\">Опустить</button>");
client.println("</p>");
client.println("<script>");
client.println("function sendCmd(cmd) {");
client.println("  fetch('/?cmd=' + cmd).then(r =>
console.log('Sent:', cmd));");
client.println("}");
client.println("</script>");
client.println("</body></html>");
client.println();
break;
} else {
currentLine = "";
}
} else if (c != '\r') {
currentLine += c;
}
}
}
header = "";
client.stop();
}
if (currentMode == 'f' || currentMode == 'b') {
unsigned long now = millis();
if (now - lastStepTime > 700) {
lastStepTime = now;
stepSingleLeg(currentLeg, currentMode == 'f');
currentLeg = (currentLeg + 1) % NUM_LEGS;
}
}

```


Пікір

Базарбаева Гүлжан Серікбайқызының дипломдық жұмысына
Тақырыбы: «ESP32 микроконтроллері негізінде өсімдіктерді суару мен
микроклиматты бақылаудың интеллектуалды жүйесін әзірлеу»

Диплом жұмысын орындау барысында білім алушы зерттеу мен жобалау кезеңдерінде жоғары деңгейде өз бетімен жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Ғылыми-техникалық әдебиеттермен және заманауи ақпараттық дереккөздермен жұмыс істей алу дағдысы қалыптасқан. Зерттеу барысында тақырыптың өзектілігі дұрыс негізделіп, теориялық және тәжірибелік аспектілері ұтымды үйлестірілген.

Жұмыстың аясында микроконтроллер ретінде ESP32, сондай-ақ температура, ылғалдылық, жарықтандыру деңгейін өлшейтін сенсорлар, сервожетектер, реле, және суару жүйесінің атқарушы құрылғылары қолданылып, нақты инженерлік шешімдер ұсынылды. Бағдарламалық қамтамасыз ету Arduino IDE ортасында әзірленіп, Telegram API арқылы басқару мен мониторинг жүзеге асырылған. Сонымен қатар, кинематикалық және логикалық алгоритмдер құрастырылып, жүйе бірнеше сынақтан өткізілді. Тәжірибелік сынақтар нәтижесі жүйенің тұрақты және тиімді жұмыс істейтінін растады.

Білім алушы:

- ғылыми-зерттеу дағдыларын жақсы меңгерген;
- жобалау мен алгоритмдерді құрастыру және іске асыру бойынша жоғары дайындық көрсеткен;
- техникалық терминологияны сауатты қолданып, нақты инженерлік есептеулерді жүргізген;
- микроконтроллерлік жүйелермен жұмыс істеу қабілетін және заманауи технологияларды қолдану мүмкіндігін меңгергенін дәлелдеген;
- жүйені тәжірибеде іске қосу мен параметрлерін талдау бойынша практикалық білімін көрсете білген.

Жұмыстың құрылымы мен мазмұны ғылыми талаптарға толықтай сәйкес келеді, дипломдық жоба өзектілігі, жаңашылдығы және тәжірибелік маңыздылығы бойынша жоғары бағаланады.

Қорытынды: Базарбаева Гүлжан Серікбайқызы диплом жұмысын толық көлемде орындап шықты, қойылған мақсаттарға толықтай қол жеткізді. Өзінің жауапкершілігі мол, шығармашылық және ізденімпаз студент екенін дәлелдеді. Жұмыс қорғауға ұсынылады және «өте жақсы» деген бағаға лайық.

Ғылыми жетекші

ҚазҰТЗУ т.ғ.м., аға оқытушы  Бигалиева Ж.С.

«5» маусым 2025 ж.

**«Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ»
КОММЕРЦИЯЛЫҚ ЕМЕС АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ
Базарбаева Гүлжан Серікбайқызының**

«Қиын жерлерде тиімді қозғалу үшін мобильді өрмекші роботты жобалау»

тақырыбындағы диплом жұмысына

СЫН ПІКІР

Диплом жұмысы өзектілігі жоғары инженерлік-ғылыми бағыттағы мәселені – күрделі рельеф жағдайында тиімді қозғалатын мобильді өрмекші роботты жобалау және жүзеге асыруды қарастырады. Жұмыста роботтың конструктивті ерекшеліктері, кинематикалық есептеулер, басқару жүйесі мен алгоритмдері, сондай-ақ сенсорлық жүйелер мен бағдарламалық қамтамасыз ету негізінде жүзеге асырылуы жан-жақты қарастырылған.

Жұмыстың құрылымы мен мазмұны жүйелі түрде құрылған, теориялық бөлімде жаяу жүретін роботтарға шолу беріліп, әртүрлі конфигурациялар мен технологиялардың артықшылықтары мен кемшіліктері салыстырмалы түрде талданған. Тәжірибелік бөлімде құрастырылған прототиптің сынақ нәтижелері мен аналогтармен салыстыру жүргізілген. Бағдарламалық қамтамасыз ету бөлімі нақты кодтық логикаға, деректерді өңдеуге және автономды қозғалыс алгоритмдеріне сүйенген.

Жұмыстың артықшылықтары:

- Зерттеу тақырыбының жоғары практикалық және ғылыми маңыздылығы;
- Робототехниканың қазіргі тенденцияларына сай құрылымдық және алгоритмдік шешімдер;
- Прототипті дайындау мен сынақтан өткізу арқылы жұмыстың нәтижелілігін дәлелдеуі;
- Әдебиеттермен жақсы жұмыс және заманауи ғылыми дереккөздерді қолдану.

Кемшіліктері:

- Прототиптің энергия тиімділігі мен ұзақ мерзімді жұмысқа жарамдылығы толық ашылмаған;
- Алгоритмдерді басқаруда жасанды интеллект элементтерін қолдану келешекке ұсынылғанымен, бұл бөлім нақты іске аспаған.

ҚОРЫТЫНДЫ: Жалпы, диплом жұмысы қойылған мақсат пен міндеттерге толықтай сай келеді, ғылыми жаңашылдығы және практикалық қолдану мүмкіндігі жоғары. Жұмыс жоғары деңгейде орындалған және «өте жақсы» деген бағаға лайық.

Рецензент:

Абай атындағы ҚазҰПУ,
Физика кафедрасының қауым.проф.ма
техника ғылымдарының кандидаты.

Жаменкеев Е. К.

«02» 06 2025 ж.



Отчет подобия

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Қиын жерлерде тиімді қозғалу үшін мобильді өрмекші роботты жобалау

Автор

Научный руководитель / Эксперт

Базарбаева Гулжан СерикбайқызыЖанар Бигалиева

Подразделение

ИАиИТ

Объем найденных подобиий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание!Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

5071

Количество слов



КЦ

41321

Количество символов

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв	Б	1
Интервалы	A→	0
Микропробелы	·	0
Белые знаки	Б	0
Парафразы (SmartMarks)	a	4

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://dl.acm.org/doi/10.1016/j.csl.2015.03.003	13 0.26 %
2	https://official.satbayev.university/download/document/37213/%D2%92%D0%B0%D1%80%D1%8B%D1%88%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%81%D1%8B%20%D0%B6%D3%99%D0%BD%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%D0%BB%D0%B0%D1%80%D1%8B%207%D0%9C07138.pdf	13 0.26 %

3	http://file.scirp.org/Html/3-7403812_83203.htm	12 0.24 %
4	https://www.mdpi.com/2079-9292/8/6/605/htm	10 0.20 %
5	https://link.springer.com/article/10.1007/s40747-023-01174-5	10 0.20 %
6	https://www.mdpi.com/2079-9292/12/23/4770	10 0.20 %
7	https://official.satbayev.university/download/document/37213/%D2%92%D0%B0%D1%80%D1%8B%D1%88%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%81%D1%8B%20%D0%B6%D3%99%D0%BD%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%D0%BB%D0%B0%D1%80%D1%8B%207%D0%9C07138.pdf	9 0.18 %
8	http://file.scirp.org/Html/3-7403812_83203.htm	7 0.14 %
9	https://official.satbayev.university/download/document/37213/%D2%92%D0%B0%D1%80%D1%8B%D1%88%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%81%D1%8B%20%D0%B6%D3%99%D0%BD%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%D0%BB%D0%B0%D1%80%D1%8B%207%D0%9C07138.pdf	7 0.14 %
10	https://official.satbayev.university/kk/teachers/sadykov-bakhtiyar-madenovich	6 0.12 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из программы обмена базами данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из интернета (2.13 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://official.satbayev.university/download/document/37213/%D2%92%D0%B0%D1%80%D1%8B%D1%88%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%81%D1%8B%20%D0%B6%D3%99%D0%BD%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%D0%BB%D0%B0%D1%80%D1%8B%207%D0%9C07138.pdf	34 (4) 0.67 %
2	http://file.scirp.org/Html/3-7403812_83203.htm	19 (2) 0.37 %
3	https://www.mdpi.com/2079-9292/8/6/605/htm	16 (2) 0.32 %
4	https://dl.acm.org/doi/10.1016/j.csl.2015.03.003	13 (1) 0.26 %
5	https://link.springer.com/article/10.1007/s40747-023-01174-5	10 (1) 0.20 %
6	https://www.mdpi.com/2079-9292/12/23/4770	10 (1) 0.20 %
7	https://official.satbayev.university/kk/teachers/sadykov-bakhtiyar-madenovich	6 (1) 0.12 %

Список принятых фрагментов

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
	https://official.satbayev.university/download/do... 	34 (0.67%)

https://dl.acm.org/doi/10.1016/j.csl.2015.03.003 	13 (0.26%)
https://link.springer.com/article/10.1007/s40747... 	10 (0.20%)
https://official.satbayev.university/kk/teachers... 	6 (0.12%)