

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

Жәңгірхан Динмухамед Ысқақұлы

«Құтқару жұмыстарына арналған жылан роботын жасау»

Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

6B07111 – Робототехника және мехатроника

Алматы 2023

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



КОРҒАУА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі РТжАТК
Техника ғылымының кандидаты
Ж.Ө. Өжікенов
«31» мамыр 2023 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

Тақырыбы: «Құтқару жұмыстарына арналған жылан роботын жасау»

6B07111 – Робототехника және мехатроника

Орындаған

Қауымдастырылған профессор
міндетін атқарушы.

Техника ғылымының кандидаты

Жаменкеев Е.К.

Қолы аты-жөні
«30» мамыр 2023 ж.

Жәңгірхан Д.Ы.

Ғылыми жетекшісі

Техника ғылымдарының магистрі,

аға оқытушы

Баянбай Н.А.

«31» мамыр 2023 ж.

Алматы 2023

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



Кафедра меңгерушісі РТЖАТК
техника ғылымының кандидаты
К.Ә. Өжікенов
2023 ж. мамыр

Дипломдық жобаны орындауға арналған
ТАПСЫРМА

Білім алушы Жәңгірхан Динмухамед Ысқақұлы

Тақырыбы: Құтқару жұмыстарына арналған жылан роботын жасау

Университет ректорының 2022 жылғы «23» № 408-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «___» мамыр 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: Arduino Nano, SolidWorks

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) қауіпті жағдайларда іздеу-құтқару операцияларының мәселесін сипаттау, зерттеу, жұмыстарды жүргізу әдістеріне шолу
- б) құтқару роботтарының қолданыстағы түрлеріне шолу
- в) жылан роботының жасалу технологияларына және әдістеріне шолу
- г) іске асырылатын бөлшектер мен жүйелеріне шолу, бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу
- д) жылан роботын құру және жобалау процесі

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайтарда 10 көрсетілген

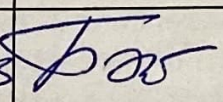
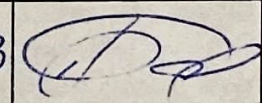
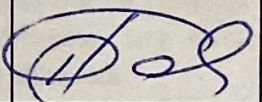
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 14 атаулардан

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

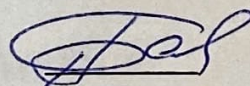
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	18.01-14.02.2023 ж	Орындалды
Бағдарламалық бөлім	17.02-15.03.2023 ж.	Орындалды
Зерттеу бөлімі	16.03-20.04.2023 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	24.04-16.05.2023 ж.	Орындалды

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

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Ж. С. Бигалиева, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы	31.05.23	
Негізгі бөлім	Баянбай Н.А, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы	30.05.23	
Есептеу бөлім	Баянбай Н.А, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы	30.05.23	

Ғылыми жетекшісі



Баянбай Н.А.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды



Жәңгірхан Д.Ы.

Күні

« 31 » Мамыр 2023 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс құтқару операцияларында қолданылатын жылан роботын жасауға арналған. Жұмыстың зерттеу бөлігінде құтқару жұмыстарында қолданылатын жылан роботтары мен басқа да жылжымалы жүйелерге шолу жасалды. Өртүрлі конструкциялар мен жұмыс заңдылықтарының артықшылықтары мен кемшіліктері талданылды. Зерттеудің екінші бөлімінде құтқару жұмыстарына тән талаптарды ескере отырып, жылан роботының қозғалыс және икемділік механизмдері әзірленіп, оңтайландырылды. Математикалық есептеулері жүргізіліп, кинематикаға талдау және модельдеу жасалды.

Жұмыстың практикалық бөлігі жылан роботының прототипінен, оның аппараттық және бағдарламалық қамтамасыздандырылуынан, сондай-ақ оңтайлы компоненттерді таңдаудан тұрады. Зерттеудің осы бөлігінің аясында жылан роботының жұмысының тиімділігін барынша қамтамасыз ететін оңтайлы формадағы 3D модельдері жасалды.

Бұл прототип сынақтан өтті және жыланның қозғалысын толығымен қайталау арқылы ұсақ кедергілерді еңсеру қабілетін көрсетті.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена разработке робота-змеи для спасательных операций. В исследовательской части работы был проведен обзор существующих роботов-змей и других подвижных систем, применяемых в спасательных операциях. Осуществлен анализ преимуществ и недостатков различных конструкций и принципов функционирования. Во второй части исследования были разработаны и оптимизированы механизмы движения и гибкости робота-змеи с учетом требований, характерных для спасательных операций. Были выполнены математические расчеты, проведено моделирование и анализ кинематики.

Практическая часть работы представляет разработанный прототип робота-змеи, его аппаратное и программное обеспечение, а также выбор оптимальных компонентов. В рамках данной части исследования были разработаны 3D модели оптимальной формы для тела робота-змеи, обеспечивающие максимальную эффективность его функционирования.

Этот прототип прошел испытания и продемонстрировал свою способность преодолевать мелкие преграды, полностью имитируя движение змеи.

ANNOTATION

This diploma project is dedicated to the development of a snake robot for rescue operations. The research part of the project involved a review of existing snake robots and other mobile systems used in rescue operations. An analysis of the advantages and disadvantages of various designs and operational principles was conducted. In the second part of the research, the mechanisms of motion and flexibility of the snake robot were developed and optimized, taking into account the requirements specific to rescue operations. Mathematical calculations, modeling, and kinematics analysis were performed.

The practical part of the project presents the developed prototype of the snake robot, including its hardware and software components, as well as the selection of optimal components. Within this research phase, 3D models of the snake robot's optimal body shape were developed to ensure maximum operational efficiency.

This prototype has undergone testing and has demonstrated its ability to overcome small obstacles while fully emulating snake-like movement.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Зерттеу бөлімі	8
1.1 Қауіпті жағдайларда іздеу-құтқару операцияларының мәселесінің сипаттамасы	8
1.2 Статистика және мәселені зерттеу	9
1.3 Авариялық-құтқару және басқа да шұғыл жұмыстарды жүргізу әдістеріне шолу	14
1.4 Құтқару роботтарының қолданыстағы түрлеріне шолу	18
1.5 Жылан тәріздес роботтардың түрлері және олардың прототиптері	21
2 Жылан роботының дамуы: технологиялар мен әдістері	21
2.1 Дамуы бойынша зерттеулерге шолу	22
2.2 Жылан тәріздес роботтың қозғалыс кинематикасын талдау	25
3 Практикалық бөлім	26
3.1 Іске асырылатын бөлшектер мен жүйелер	29
3.2 Бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу	30
3.3 Жылан роботын құру және жобалау процесі	32
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	
Қосымша А	
Қосымша В	

КІРІСПЕ

Адамдарды әртүрлі жағдайларда іздеуге және құтқаруға байланысты заманауи құтқару жұмыстары құтқарушылардың айтарлықтай күш-жігері мен уақытын қажет ететін күрделі міндет болып табылады. Жер сілкінісі және ғимараттардың құлауы сияқты кейбір апатты жағдайлар, оқиға орнына жетуде қиындықтар тудыруы және құтқарушылардың өміріне қауіп төндіруі мүмкін. Осыған байланысты көптеген робототехника зерттеушілері құтқару жұмыстарына көмектесетін, олардың тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыратын арнайы роботтарды әзірлеу үстінде. Осындай роботтардың бірі – жылан роботы, ол тегіс емес жерлерде қозғалып және тар жолдарға енеді.

Бұл жұмыстың мақсаты – Arduino платформасында құтқару жұмыстарына арналған жылан роботын жасау. Осы мақсатқа жету үшін құтқару жұмыстарына арналған жылан роботтарын дамытудың ең тиімді әдістері мен технологияларына шолу және талдау жүргізу қажет. Сондай-ақ, жобаланған роботтың өнімділігі мен оның тиімділігін бағалау, және құтқару роботтарының басқа түрлерімен салыстыру қажет. Ол үшін жылан роботының негізгі сипаттамалары, функционалдығы және дизайн талаптары зерттеліп, басқару алгоритмдері жасалып және Arduino платформасы үшін C++ тілінде бағдарламалық код жазылады.

1 Зерттеу бөлімі

1.1 Қауіпті жағдайларда іздеу-құтқару операциялары проблемасының сипаттамасы

Табиғи және техногендік апаттар көбінесе іздестіру-құтқару жұмыстарын жүргізуді қажет ететін апатты жағдайларға әкеледі. Бұл операциялар адам құтқарушылары үшін күрделі және қауіпті, өйткені олар көбінесе қауіпті жағдайларда және тұрақсыз құрылымдарда қозғалумен байланысты. Сонымен қатар, құлаған ғимараттар немесе жер асты туннельдері сияқты жабық кеңістіктердегі құтқару жұмыстары қол жетімділіктің шектеулі болуына байланысты ерекше қиындықтар туғызады.

Осы мәселені жеңу үшін, жету қиын жерлерде жұмыс істей алатын мобильді роботтарға сұраныс артуда. Осы мақсатқа жету үшін көптеген роботтар жасалды және олардың дамуы жалғасуда. Бұрын роботтарды тасымалдаудың негізгі құралы доңғалақты немесе шынжыр табанды көлік модульдері, кейде жаяу жүретін модульдер болды. Дегенмен, табиғатта роботтарды жасауда қолдануға болатын әртүрлі қозғалыс режимдері бар.

Мобильді роботтарды дамытуға мүмкіндік беретін жабайы табиғаттың ең қызықты мысалдарының бірі – жыландар. Жыландардың көптеген қызықты ерекшеліктері бар, бірақ біз қазір олардың мобильді мүмкіндіктерін қарастырамыз. Жыландар топырақтың кез-келген түрінде, тіпті сұйық ортада да еркін қозғала алады. Сондықтан да көптеген әлемдік ғылыми орталықтар серпентіндік қозғалысты пайдалана отырып, автоматтандырылған автономды көп буынды роботтарды әзірлеуде бионикалық тәсілді қолданады.

Механикалық көп буынды жылан роботтарының басты артықшылығы олардың кез-келген жағдайға бейімделу қабілеті. Олар кез-келген беткейде қозғала алады, ал модульділік, бөлінген масса және артық мөлшер ақауларға төзімді модельдер жасауға мүмкіндік береді. Мұндай роботтардың барлық қозғалыстары модульдерді қосатын модульдердің немесе буындардың бүгілуі мен кеңеюіне байланысты.

1.2 Статистика және мәселені зерттеу:

2022 жылғы статистика жылан роботтары мен басқа да құтқару роботтарын қолдануды қажет етуі мүмкін табиғи және техногендік апаттардың айтарлықтай санын көрсетеді. Бұған CRED халықаралық табиғи және техногендік апаттарды зерттеу орталығынан (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) мәліметтер келтіруге болады. [1]

Кесте 1 – 2022 жылғы ірі әлемдік қасіреттердің статистикасы

Апаттардың атауы	Апаттар саны	Адам құрбандарының саны
Жер сілкінісі	31	1626
Құрғақшылық	22	2601
Төтенше температура	12	16416
Су тасқыны	176	7954
Көшкін	17	403
Құрғақ массалық қозғалыс	0	0
Дауыл	108	1611
Вулкандық белсенділік	5	6
Орман өрті	15	76

Бақылаусыз өрттер 2022 жылғы ең үлкен қиындықтардың бірі болды. Халықаралық орман өрттерін зерттеу орталығының (Wildfire Interdisciplinary Research Center) мәліметтері бойынша 2022 жылы әлемнің әртүрлі аймақтарында 120 мыңнан астам өрт оқиғасы тіркелген. Бұл өрттер халықтың ауқымды эвакуациясын тудырды және қоршаған ортаға, экономикаға және инфрақұрылымға айтарлықтай зиян келтірді. Сондай-ақ әртүрлі елдерде су тасқынының айтарлықтай саны болды. CRED [1] зерттеу орталығының есебіне сәйкес, 2022 жылы 50-ден астам елге әсер еткен 700-ден астам су тасқыны болды. Бұл су тасқыны жаппай эвакуацияға, инфрақұрылымның бұзылуына, адам мен материалдық шығынға әкелді.

2022 жылы жер сілкінісі, дауыл, торнадо және басқа да табиғи апаттар сияқты бірқатар басқа апаттар байқалды. Мысалы, Еуропалық Жерорта теңізі сейсмикалық орталығының (European-Mediterranean Seismological Centre) [3] мәліметтері бойынша, 2022 жылы магнитудасы 4.0-ден асатын 16000-нан астам жер сілкінісі болды, бұл әлемнің әртүрлі аймақтарында қирау мен шығынға әкелді.

2022 жылғы деректер мен статистика әртүрлі апатты жағдайларда құтқару операциялары үшін тиімді технологиялар мен жылан роботтарын әзірлеу қажеттілігін көрсетеді. Жылан роботтарын қолдану адамдарға қауіп-қатерді азайтуға, апат аймағында тезірек және тиімді көмек көрсетуге, өмір мен материалдық шығындарды азайтуға көмектеседі.

1.3 Авариялық-құтқару және басқа да шұғыл жұмыстарды жүргізу әдістеріне шолу

Авариялық-құтқару және шұғыл жұмыстар табиғи және техногендік апаттар сияқты төтенше жағдайлар саласындағы қызметтің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Бұл жұмыстарды құтқару операцияларының әртүрлі түрлерін жүргізудің белгілі бір әдістері мен техникалық құралдары бар мамандандырылған қызметтер мен ұйымдар орындайды. Бұл бөлімде іздестіру-құтқару, тау-кен құтқару, газдан құтқару, мұнай құбырларының атқылауына

қарсы (мұнай ұңғымаларында), өртке қарсы және медициналық-санитариялық (1.1-сурет) сияқты әдістер халықаралық зерттеулер мен мақалалардың сенімді ақпаратына сүйене отырып қаралатын болады.



1.1 - сурет – Авариялық-құтқару жұмыстары әдістерінің блок схемасы

1. Іздеу-құтқару: бұл әдіс үйінділер, су тасқыны, өрт және т.б. сияқты қауіпті жағдайға тап болған адамдарды іздеуді және құтқаруды қамтиды. Іздеу және құтқару үшін жылу түсіргіштер, гидравликалық құралдар, құтқару иттері, тіпті робототехникалық жүйелер сияқты арнайы жабдықтар мен техникалық құралдарды пайдалануға болады. Сондай-ақ, бұл әдіс құтқару қызметтері мен зардап шеккендер арасындағы егжей-тегжейлі жоспарлауды, үйлестіруді және коммуникацияны қажет етеді, әрі қарай адамдарды эвакуациялауға кіріседі.

2. Тау-кен құтқару жұмыстары: тау-кен құтқару жұмыстары шахталар, карьерлер, тау-кен қазбалары және т.б. сияқты тау-кен объектілерінде төтенше жағдайлар болған жағдайда жүргізіледі. бұл жұмыстарға бұғатталған немесе зардап шеккен кеншілерді іздеу және құтқару, сондай-ақ жарылыстар, құлау және кенжарлар сияқты төтенше жағдайларды жою жұмыстары кіреді. Тау-кен құтқару жұмыстары тау-кен құтқару аппараттары, тыныс алу аппараттары, құтқару капсулалары және төтенше жағдайда тіршілік ету жүйелері сияқты арнайы жабдықты пайдалануды қамтуы мүмкін.

3. Газдан құтқару жұмыстары: газдан құтқару жұмыстары қоршаған ортаға және адамдардың денсаулығына теріс әсер етуі мүмкін қауіпті газдардың ағуы жағдайында жүргізіледі. Мұндай жұмыстар газ детекторлары, жасанды желдету аппараттары мен жүйелері, қорғаныс костюмдері мен маскалары, сондай-ақ қауіпті заттарды залалсыздандыру мен жоюдың әртүрлі тәсілдері сияқты арнайы құралдар мен жабдықтарды пайдаланады.

4. Өртке қарсы жұмыстар: өртке қарсы жұмыстар өртті сөндіру және өрттің таралуын болдырмау мақсатында жүргізіледі. Ол үшін су ағындары, ұнтақ, көбік, газдар сияқты сөндірудің әртүрлі әдістері, сондай-ақ өрт сөндіру машиналары, қолмен және автоматты өрт сөндіргіштер, гидранттар, автоматты өрт дабылы жүйелері және т. б. сияқты арнайы құралдар мен жабдықтар қолданылады.

5. Медициналық-санитарлық жұмыстар: апаттар мен басқа да төтенше жағдайлар салдарынан зардап шеккендерге көмек көрсету үшін медициналық-санитарлық жұмыстар жүргізіледі. Мұндай жұмыстар амбулаториялар, жылжымалы госпитальдар, медициналық рюкзактар сияқты арнайы медициналық құралдар мен жабдықтарды, сондай-ақ зардап шеккендерді тасымалдау мен эвакуациялауды қоса алғанда, алғашқы медициналық көмек көрсетудің әртүрлі әдістерін пайдаланады.

6. Мұнай апаттарына қарсы жұмыстар: мұнай апаттарына қарсы жұмыстар немесе оның газ конденсатының жоғары қысымды шығарындыларымен байланысты мұнай ұңғымаларында болуы мүмкін авариялық жағдайлардың алдын алу үшін жүргізіледі. Ол үшін жабдықтар мен құбырлардың сенімділігін қамтамасыз ету жөніндегі техникалық іс-шараларды, сондай-ақ авариялық жағдайлар туындаған кезде мұнай мен газ жинауға арналған жабдықты қоса алғанда, әртүрлі әдістер қолданылады. Мұнай апаттарына қарсы жұмыстың кең таралған әдістерінің бірі – төтенше жағдайда мұнай немесе газ шығарындыларын тез және тиімді тоқтату үшін ұңғымаларға орнатылатын фонтан атқылауларына қарсы штепсельдерді қолдану.

Бұл әртүрлі апатты жағдайларда қолданылуы мүмкін авариялық-құтқару және басқа да шұғыл жұмыстарды жүргізу әдістерінің бірнешеуі ғана. Әдістерді таңдау оқиғаның сипаты мен ауқымына, қолжетімді ресурстарға, құтқару қызметтерін оқытуға және басқа факторларға байланысты және білікті ұйымдастыруды, үйлестіруді және құтқару шараларын орындауды талап етеді. Іздеу-құтқару, тау-кен құтқару және фонтанға қарсы жұмыстардың нақты әдістері апат түріне және жұмыс жағдайларына байланысты және арнайы манипуляторларды, дрондарды, суасты роботтарын, механикаландырылған және қол құралдарын және т. б. пайдалануды қамтуы мүмкін.

Авариялық-құтқару және басқа да шұғыл жұмыстарды жүргізудің әртүрлі әдістері туралы сенімді ақпарат алу үшін халықаралық азаматтық қорғаныс ұйымының (ХҚҰ) құжаттары сияқты халықаралық стандарттар мен ұсыныстарға жүгінуге болады [4].

1.4 Құтқару роботтарының қолданыстағы түрлеріне шолу

Табиғи және техногендік апаттар ауқымды іздеу-құтқару операцияларын қажет ететін апатты жағдайларға әкелуі мүмкін. Бұл операциялар құтқарушылар үшін күрделі және қауіпті, өйткені олар көбінесе қауіпті жағдайларда және қираған ғимараттар немесе жер асты туннельдері сияқты тұрақсыз құрылымдарда қозғалуға мәжбүр. Шектеулі қол жетімділік пен кеңістіктің оқшаулануы құтқару жұмыстарына ерекше қиындықтар туғызады.

Осы қиындықтарды жеңу үшін іздеу-құтқару жұмыстарына көмектесуге арналған роботтық технологиялар әзірленді. Оларды қоршаған орта түрлеріне қарай жіктейік және мұны әр типтегі роботтың мысалында көрсетейік:

1. Жердегі роботтар: бұл роботтар дөңгелектермен немесе жолдармен жабдықталған және әртүрлі рельефтік жағдайларда жұмыс істей алады. Оларды үйінділерде, үйінділерде немесе бедерлі жерлерде іздеу-құтқару жұмыстары үшін пайдалануға болады. Мұндай роботтардың бір мысалы – Сангбе Кимнің доценті Смит жасаған гепард роботы (1.2-сурет). Бұл робот секундына 6,4 метрге дейін жүгіре алады, бұрылып, орындық немесе үстел сияқты белгілі бір биіктіктерге 60 сантиметрге дейін секіре алады. Ол сондай-ақ өз жолындағы кедергілерден қалай аулақ болу немесе еңсеру керектігін анықтайтын автономды қабілетке ие [5].

Артықшылықтарға олардың өрескел жерлерде жұмыс істеу, кедергілерді жеңу және ауыр техниканы тасымалдау қабілеті жатады. Кемшіліктерге баспалдақ немесе тік беткейлер сияқты белгілі бір жағдайларда шектеулі ұтқырлық жатады.

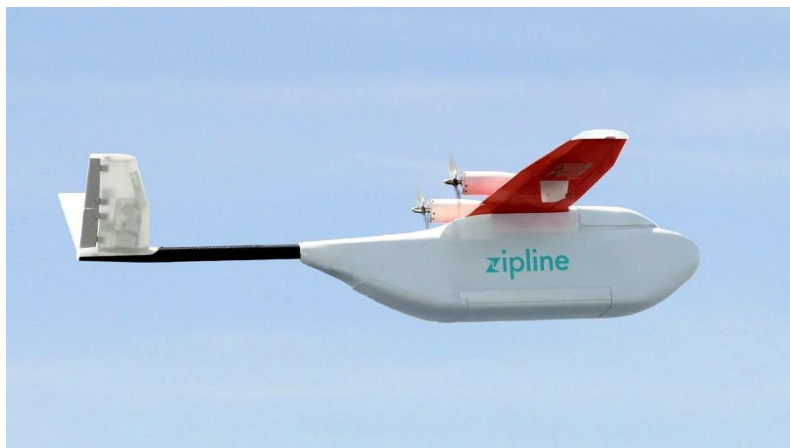


1.2 - сурет – "Vision-free MIT Cheetah" гепард роботы

2. Әуе жұмыстары: ұшқышсыз ұшу аппараттары деп те аталады, бұл роботтар әуе кеңістігінде әуе бақылауын қамтамасыз ету, іздеу-құтқару жұмыстары және жету қиын жерлерде медициналық көмек сияқты маңызды функцияларды орындай алады. Мұндай роботтардың бір мысалы – Zipline медициналық препараттар мен қанды дрондардың орташа жылдамдығынан төрт есе жоғары жылдамдықпен әлемнің ең алыс бұрыштарына жеткізуге қабілетті бекітілген қанаттағы автономды ұшақ (1.3-сурет). 128 км/сағ жылдамдықпен ұшу және 160 км қашықтыққа 1,75 кг жүкті тасымалдау мүмкіндігі Zipline-ге Руанда үкіметі алдындағы елдің батысындағы 21 ауруханаға қан, плазма және тромбоциттер жеткізу бойынша келісімшарттық міндеттемелерді орындауға мүмкіндік берді. Соңғы екі жылда Zipline жүргізген 4000-нан астам рейстерге жедел, өмірді сақтайтын медициналық миссиялардың үштен бірі кірді. [6]

Артықшылықтарға олардың үлкен аумақтарды жылдам қамту, жету қиын жерлерде жұмыс істеу және нақты уақыт режимінде визуалды ақпарат беру

мүмкіндігі кіреді. Кемшіліктерге батареяның шектеулі қызмет ету мерзімі, шудың ластануы және басқа нысандармен соқтығысу мүмкіндігі жатады.



1.3 - сурет – Робот-дрон " Zipline"

3. Су астындағы жұмыстар: Бұл роботтар су асты жағдайында жұмыс істей алады және денелерді немесе жабдықтарды алу сияқты су астындағы іздеу-құтқару жұмыстарында қолданылады. MOBI (Man overboard EMILY) – кемелерден ұшыруға арналған суасты роботының нұсқасы. Максималды жылдамдығы 18 миль/сағ, ол 18 минутқа дейін толық қуатта жұмыс істей алады. USB-ді оңай шығаруға арналған 2000 футтық таспасы бар арнайы катушка бар. MOBI теңіз жағдайында жұмыс істеуге арналған және сол және оң жақтағы жарықдиодты навигациялық шамдармен, сондай-ақ түнде айқын көріну үшін қуатты фарамен жабдықталған. Құтқару миссиялары үшін маңызды мүмкіндіктерге ыңғайлы ұстау тұтқалары, сегіз футтық экстремалды ұстау кабелі және максималды көріну үшін ұзын жалауша кіреді. [7]

Артықшылықтарға олардың су астындағы ортада жұмыс істеу, деректер мен кескіндерді жинау және заттарды алу сияқты тапсырмаларды орындау қабілеті жатады. Кемшіліктерге шектеулі батареяның қызмет ету мерзімі, шектеулі қозғалыс ауқымы жатады.



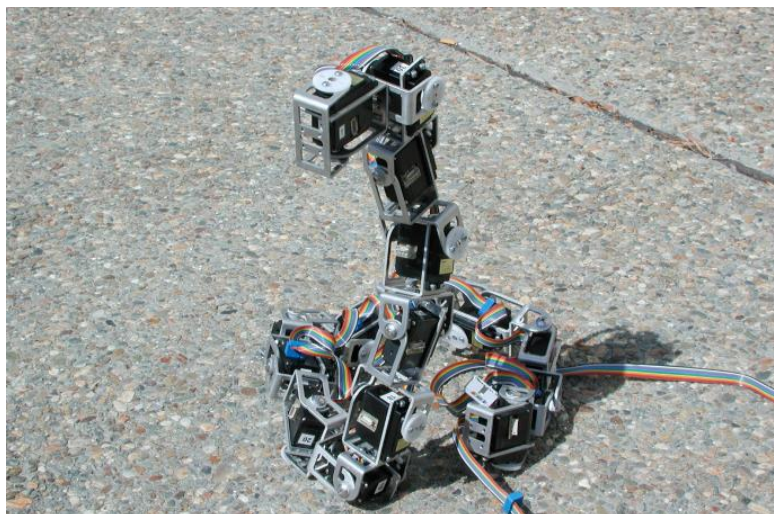
1.4 - сурет – "MOBE" автономды пилотсыз кемесі

1.5 Құтқару роботтарының қолданыстағы түрлеріне шолу

Жылан тәрізді роботтар – бұл жыландардың қозғалысы мен анатомиясынан шабыттанған роботтардың ерекше класы. Олардың икемді денелері бар, олар қисық қозғалыстар жасай алады және әртүрлі террандарға бейімделе алады. Жылан тәрізді роботтар қауіпті және қол жетімсіз жерлерді зерттеуді, іздеу-құтқару жұмыстарын, медициналық диагностиканы және басқа салаларды қоса алғанда, қолданудың кең спектріне ие. Бұл бөлімде біз жылан тәрізді роботтардың дамуын қарастырамыз және нақты прототиптердің мысалдарын келтіреміз:

Бірінші мысал ретінде біз SnakeBot деп аталатын роботқа жүгінеміз (1.5-сурет). Ол биологиялық жыландарға ұқсастығы бар биоморфты шамадан тыс робот. Ол пішіні мен өлшемі бойынша әр түрлі болуы мүмкін, биіктігі төрт қабатты үлгілерден бастап, мысалы SINTEF жасаған жер сілкінісі жағдайында жұмыс істеуге арналған серпентиндік робот, адамның кеуде қуысының ішіндегі мүшелер арасында маневр жасай алатын және қалыңдығы аз медициналық SnakeBot-қа дейін [8]. Көлемі мен дизайнына қарамастан, барлық серпентиндік роботтардың екі ортақ ерекшелігі бар. Олардың көлденеңінен ұзындыққа қатынасы тар кеңістіктерде қозғалуға және маневр жасауға мүмкіндік береді, ал дене пішінін өзгерту қабілеті баспалдақтарға немесе ағаш діндеріне көтерілу сияқты көптеген әрекеттерді орындауға мүмкіндік береді. Көптеген серпентиндік роботтар бірнеше тәуелсіз сілтемелерден тұрады, бұл оларға артық және дене бөліктері зақымдалған кезде де жұмысын жалғастыра алады. Күрделі рельефтерді жеңу қабілеті, артықтығы және робот денесін толығымен тығыздау мүмкіндігі сияқты сипаттамалар серпентиндік роботтарды практикалық қолдану үшін өте перспективалы етеді және белсенді зерттеу нысаны болып табылады.

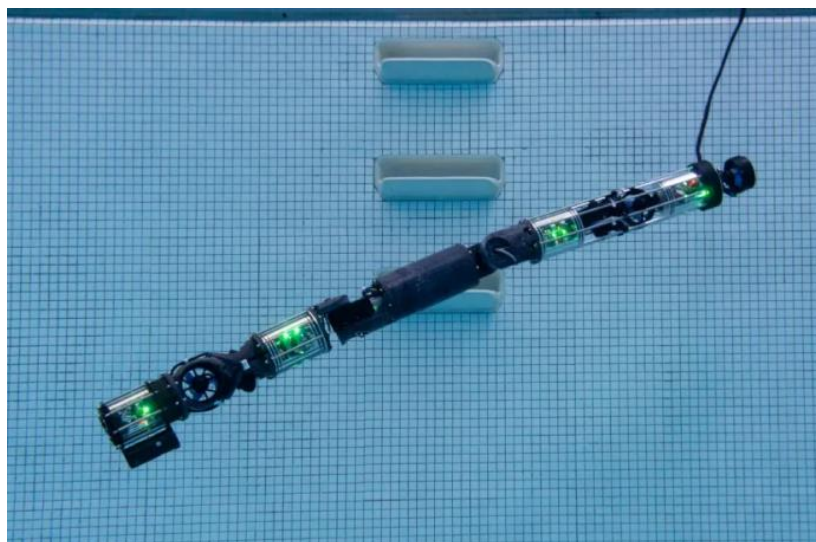
SnakeBot-тың жылан қаруы роботтарының айрықша ерекшелігі-жылан роботтарының түрлері әдетте автономды болады, ал жылан роботында әдетте қолмен немесе үлкенірек жүйемен байланысты қашықтағы механика болады.



1.5 - сурет – НАСА әзірленген жылан тәріздес робот Gen 2

SnakeBot талдауын жүргізгеннен кейін тағы бір мысал – күшейтілген қорғанысы бар су астындағы жылан тәрізді роботты (Hardened Underwater Modular robot snake - HUMRS) зерттеуге көшеміз. Бұл роботтың дамуы Карнеги Меллон университетінің (CMU) робототехника зертханасында 2020 жылдың шілдесінде басталды. Бастапқыда бұрын пайдаланылған су өткізбейтін модульдер роботтың идеалды емес жағдайда жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін бейімделген. Содан кейін оған су астында маневр жасауға мүмкіндік беретін турбиналар мен қозғалтқыштар қосылды (1.6-сурет).

Жылан тәрізді роботтың маңызды мүмкіндіктерінің бірі – оның су астында жүзу қабілеті. Бұл қабілеті оның кемелерді, сүңгуір қайықтарды және зақымдануды анықтау, инфрақұрылымды тексеру үшін пайдалануға мүмкіндік береді. Әскери ұйымдар көбінесе кеме корпусы сияқты аймақтарын тексеру мүмкіндігімен шектеледі. Жылан роботы экипажды маңызды зақым туралы дереу ескертіп және назар аударуды қажет ететін мәселелер туралы ақпаратты портқа жіберу мүмкіндігі бар. Ол экипажды маңызды зақым туралы бірден ескертіп немесе назар аударуды қажет ететін мәселелер туралы ақпаратты портқа жіберуі мүмкін.



1.6 - сурет – Жылан тәріздес робот HUMRS

Әскери міндеттерден басқа, мұндай роботтар зақымдануды немесе бітелуді анықтау, теңіздегі мұнай қондырғыларының жағдайын бағалау немесе сұйықтықпен толтырылған резервуарлардың тұтастығын тексеру мақсатында су асты құбырларын тексеру үшін пайдаланылуы мүмкін.

2 Жылан тәріздес роботтың дамуы: технологиялар мен әдістер

2.1 Дамуы бойынша зерттеулерге шолу

Жылан роботтарын жасау кезінде ескеру қажет негізгі техникалық аспектілер анықталды. Ең маңызды мәселелердің бірі – жылан роботының қозғалысының тиімділігі. Дәстүрлі доңғалақты және шынжыр табанды платформалар жер бедері мен кедергілерді жеңе алмайды, ал аяқтағы Роботтар тұрақтылық пен басқаруды қамтамасыз ету үшін күрделі дизайн мен бағдарламалауды қажет етеді.

Жылан роботтары қиын жерлерде өрмелеу және қозғалу қабілетінің арқасында бұл мәселенің шешімін ұсына алады. Оларды жер сілкінісі, көшкін, өрт және басқа да төтенше жағдайлар сияқты қиын жағдайларда қолдануға болады. Алайда, құтқару жұмыстарына арналған жылан роботының дамуы өзінің техникалық және инженерлік мәселелерін ұсынады. Мысалы, жылан роботы тар кеңістікте қозғалуға, кедергілердің айналасында маневр жасауға және қабырғалар сияқты тік беттерге көтерілуге қабілетті болуы керек.

Дизайндағы маңызды мәселелер мен шектеулерді атап өтуге болады, мысалы:

- Дененің сәулеті
- Қуат көзі
- Басқару құрылымы
- Автономия
- Мақсатына байланысты жұмыстың міндеттері
- Корпустың пішіні мен компоненттері
- Орналасқан жері және қозғалыс жылдамдығы

Жоғарыда аталған мәселелер мен шектеулер 2.1-суреттің диаграммасында көрсетілгендей осы жұмысты жобалау процесінде кіріс және шығыс ретінде қызмет ете алады.

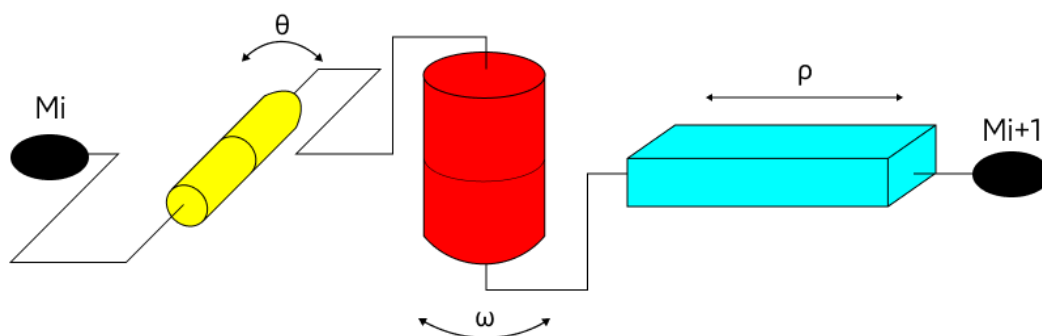


2.1 - сурет – Роботтың жобалық сұлбасы

Қолданыстағы роботтардың тәжірибесі мен талдауы көрсеткендей, жасалған әрбір жылан роботы ерекше. Серпентиндік роботтың дизайны әр түрлі нұсқаларда жасалуы мүмкін, олардың әрқайсысының өзіндік дизайн ерекшеліктері, пішіндері, артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Бұдан шығатыны, әрбір серпентиндік робот техникалық сипаттамалары бойынша бірегей. Жылан роботын жобалаудың әртүрлі тәсілдерін суреттеу және растау үшін екі мысалды қарастыруға болады.

Бірінші мысал – "Коперник" жобасы аясында Дору Михалачи ұсынған роботты басқару сұлбасы [9]. Бұл басқару сұлбасы CAN протоколының көмегімен жасалған және роботқа бірнеше сілтемелерді қолдана отырып күрделі қозғалыстар жасауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл роботқа қоршаған ортамен және сап немесе FieldBus сияқты протоколдарды қолданатын басқа құрылғылармен тиімді өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді.

Зерттеудің алғашқы мысалының объектісі ретінде Дору Михалачи ұсынған Коперник роботын басқару сұлбасын қарастырыңыз:

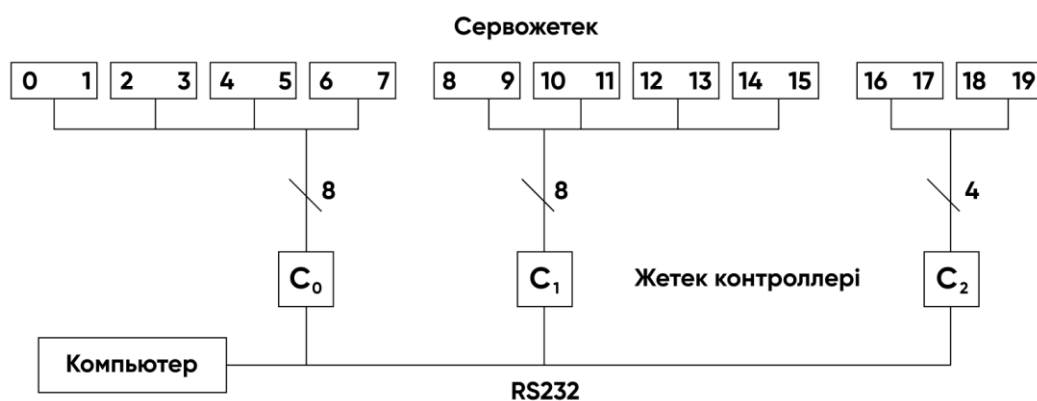


2.2 - сурет – Коперник роботының модулінің іргелі сұлбасы

Сұлбаның өзінде біз робот прототипінің әр сілтемесінде 3 серво бар екенін қарастыра аламыз. Сонымен қатар, әр модульде компьютерден тапсырма алатын және оны дискілер арасында тарататын басқару контроллері бар. Әр диск жеке арнада жұмыс істейді. Контроллерлер арасындағы байланыс үшін CAN интерфейсі қолданылады. Бағдарламалық жасақтама немесе аппараттық сүзгі түйіндерге хабарламаларды анықтауға, басымдық беруге және оларға жауап беруге мүмкіндік береді. CAN Fieldbus арқылы ақпаратты беру жоғары деңгейлі құрылғылардың күрделі іске асыру және өзара әрекеттесу сұлбаларына қатысуынсыз жүзеге асырылуы мүмкін екенін ескеру маңызды. CAN хаттамасына сәйкес, егер CAN хабарламасын бірнеше түйін арқылы жіберу басталса, онда арбитраждан кейін хабарды ең жоғары басымдықпен жіберетін түйін ғана беруді жалғастырады.

Келесі мысалды қарастырайық. «Dowling Limbless Locomotion: Snake Robot көмегімен Crawl to crawl to Learning» зерттеу жұмысынан жасалған серпентинді робот прототипі 3 микроконтроллер мен 20 сервожетекті

пайдаланады [9]. Прототипті басқару үшін RS-232 протоколы таңдалды, ол барлық сервостардың ережелерін пысықтауға жеткілікті болды. Микроконтроллерлердің әрқайсысы бірнеше арналарды пайдалану арқылы 8 сервоның жұмысын қамтамасыз ете алады. Сервожетекті іске қосу үшін сервомотордағы ақпаратты секундына 16 рет жаңартуды қамтамасыз ететін 9600 rod жылдамдықтағы 3 байтты ақпарат ағыны пайдаланылды. Робот сұлбасы 2.3 суретте көрсетілген.



2.3 - сурет – Дуолингтың жылан роботының басқару сұлбасы

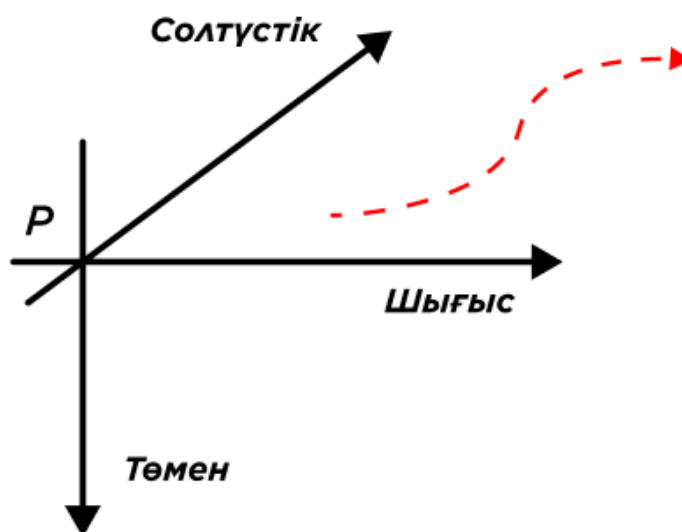
Деректер алмасу арқылы механизмді басқару принципі RS-232 протоколын пайдаланып сериялық интерфейс арқылы компьютерден диск контроллерлеріне тапсырмаларды жіберуге негізделген. Әрбір контроллер (C0, C1, C2) тапсырманы қалыптастыру кезінде берілген ақпаратқа сүйене отырып, тапсырма тағайындалған жетек нөмірін анықтайды. Тек контроллер басқаратын жетек тапсырмалары өңделеді, ал басқа дискілер туралы ақпарат еленбейді.

Осы екі роботты талдау негізінде олардың әрқайсысы өзінің дизайны мен техникалық сипаттамаларында ерекше деген қорытынды жасауға болады. Бірінші мысал CAN протоколын қолдануға негізделген және роботқа бірнеше сілтемелерді қолдана отырып күрделі қозғалыстар жасауға, сондай-ақ қоршаған ортамен және басқа құрылғылармен тиімді өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді. Екінші мысал RS-232 протоколын қолданады және қарапайым дизайнға ие, бірақ барлық серво позицияларының пысықталуын қамтамасыз етеді. Екі мысал да жылан роботтарын жобалаудың әртүрлі тәсілдерінің мүмкіндігін және шешілетін нақты тапсырмаға байланысты оңтайлы шешімді таңдаудың маңыздылығын растайды.

2.2 Жылан тәріздес роботының қозғалыс кинематикасының талдау

Жылан роботының бірнеше қозғалысы бар, ал жылан қозғалысы барлық екі өлшемді қозғалыстардың ішіндегі ең зерттелген және тиімді болып

табылады. Ол бүйірлік толқынмен қозғалады, ал қисықтың қозғалысы синусоидаға ұқсас. Фазалық және амплитудалық тербелістер уақыт бойынша өзгереді. Бұл диссертациядағы жылан роботының навигациялық алгоритмдері жоғарыда аталған қозғалысты зерттеуге негізделген. Навигациялық координаттар жүйесі (N координаттары) координаттардың басталуын осьтері солтүстікке, шығысқа және жергілікті тікке бағытталған навигациялық жүйенің Р нүктесі ретінде анықтайды. бағыт (төмен); тасымалдаушы координаттар жүйесі (b координаттары) 2.4-суретте көрсетілген; тасымалдаушы координаттар жүйесі мен жылан роботының денесі бекітілген, осьтері жылан роботының қозғалыс бағытында алға, оңға және төмен бағытталған.



2.4 - сурет – Жылан роботының навигациялық координаттар жүйесі

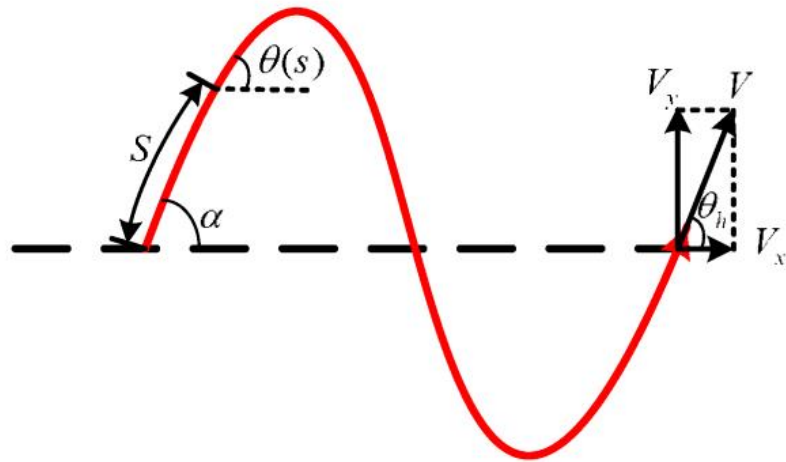
Алдымен жылан қисығы Хиросаға ұсынылды [9]; және басқалары бұл қисық бұлшықеттің үздіксіз жиырылуында ең жақсы қозғалыс тиімділігіне ие екенін дәлелдеді [10]. Серпентин қисығының қисықтық тендеуі серпентин қозғалысы ретінде көрсетіледі:

$$\rho = -\alpha \sin(bs) \quad (1)$$

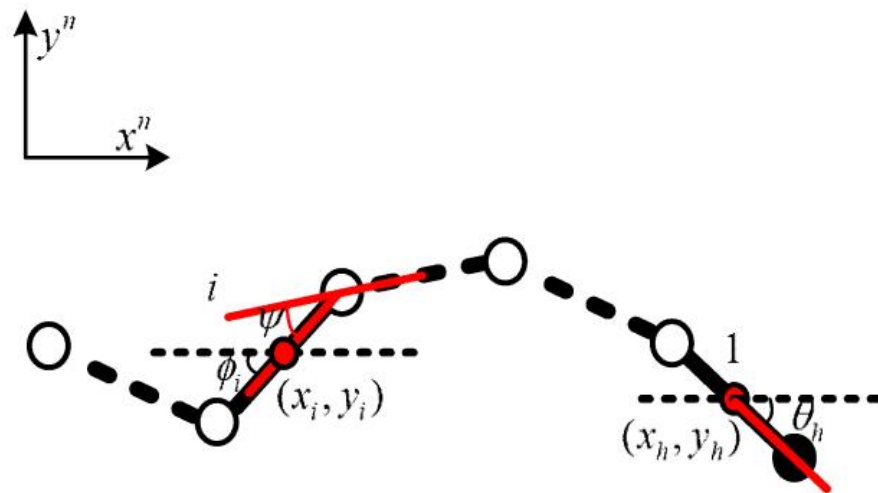
Мұндағы ρ - қисықтың қисықтығы, α - қисық амплитудасының бастапқы бұрышы, b - реттелетін тұрақты, ал s - қисықтың ұзындығы.

Біз робот $N - 1$ қозғалтқыштарымен байланысқан $2l$ ұзындықтағы N сілтемелерден тұрады деп ойлаймыз. Әрбір сілтеменің бас сілтемесін қоспағанда, m массасы бірдей; әрбір сілтеменің массасы біркелкі бөлінеді, ал масса центрі орталық нүктеде (яғни, сілтеменің екі ұшынан l қашықтықта) орналасқан. Катрушканың Шири елемей, роботтың қозғалысы 2.5-суретте

көрсетілген. Катушканың бас буынының массасы M_h , инсульт орталық позицияның бас бөлігінде орналасқан. 2.6-суретте көрсетілгендей, x_h, y_h белгілі бір уақытта катушканың басының орналасу координаттарына, ал x_i, y_i сәйкес сілтеме позициясының координаттарына сәйкес келеді i . S анықтамасы робот сілтемелерінің салыстырмалы қозғалыс бағыттары арасындағы бұрышты есептеуді жеңілдетеді, мұндағы i сілтеме $S = i \times 2l - 1$ сәйкес келеді. Бұл бұрыш 2.5-суретте $\theta(s)$ арқылы ұсынылған және оны келесідей көрсетуге болады: $\theta(s) = a \cos(bs)$



2.5 - сурет – Серпентин қозғалысының қисығы



2.6 - сурет – Қосылыстың салыстырмалы бұрышы

2.6-суретте көрсетілген қосылыстар арасындағы салыстырмалы бұрышты келесідей көрсетуге болады:

$$\psi = \theta(s + l) - \theta(s - l) = -2a \sin(bl) \sin(bs) \quad (2)$$

Жыланның қозғалыс қисығы мен S (жылан роботының ұзындығы) айнымалысына сүйене отырып, әр буын үшін кіріс бұрышы (2.5 және 2.6 суреттерінде көрсетілгендей: θ_h -бас пен қозғалыс бағыты арасындағы бұрыш, ал $\phi_i - i$ қосылыс пен қозғалыс бағыты арасындағы бұрыш):

$$\theta_h(t) = A \sin(\omega t - 0.5\vartheta) \quad (3)$$

$$\phi_i(t) = A \sin(\omega t + (i - 1)\vartheta) \quad (4)$$

мұндағы A - амплитудасы, $A = -2a \sin(bl)$, $bs = \omega t$, ω - бұрыштық жылдамдық, ϑ - фаза, $i = 1:N$, ал N - байланыстырушы байланыстардың жалпы саны. Іргелес байланыстырушы буындар арасындағы бұрыштардың өзгеруі роботтың серпентиндік қозғалысына әкеледі. 2.6-суретте көрсетілгендей, әр байланыстырушы буынның позициясы үшін түзу геометриялық өрнек:

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x_h + 2l \cos(\theta_h) + 2l \sum_{k=1}^{i-1} \cos(\theta_h + \sum_{j=1}^k \phi_j) + l \cos(\theta_h + \sum_{k=1}^i \phi_k) \\ y_i &= y_h + 2l \sin(\theta_h) + 2l \sum_{k=1}^{i-1} \sin(\theta_h + \sum_{j=1}^k \phi_j) + l \sin(\theta_h + \sum_{k=1}^i \phi_k) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Робот-жылан басының геометрия орталығының бастапқы орны координаттардың басы болып табылады. Біз Ғаламдық координаттар жүйесін жылан роботының бас позициясына және x осі бойымен қозғалыс бағытына, ал y осі x осіне перпендикуляр етіп орнатамыз.

Буынның кіріс бұрышын жоғарыдағы формуладан шығаруға болады және жылан роботының қозғалысын басқару үшін қолданылады. Жылан роботының траекториясын басқару үшін бұрыштық функцияны өзгерту әдісі орталықты реттеу әдісі деп аталады. Математикалық өрнек:

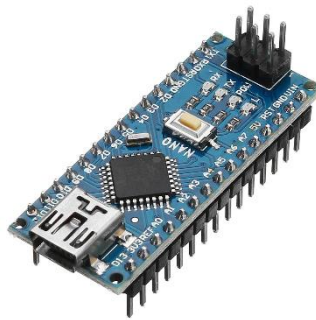
$$\left. \begin{aligned} \theta_h(t) &= A \sin(\omega t - 0.5\vartheta) + \gamma_h \\ \phi_i(t) &= A \sin(\omega t + (i - 1)\vartheta) + \gamma_i \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Егер буынның айналу бұрышы γ - ге өзгерсе, онда симметрия осінің кіріс бұрышы қажетті мәннен (нөлдік позиция) γ шамасына ауытқиды. Осылайша, катушканың қозғалыс бағыты навигация нүктелеріне жақындау үшін өзгереді. γ бағытты түзету коэффициенті деп аталады.

3 Практикалық бөлім

3.1 Іске асырылатын бөлшектер мен жүйелер

Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, басқару құрылымын жүзеге асыру үшін аппараттық платформа ретінде ең жақсы таңдау Arduino Nano екендігі анықталды (3.1-сурет). Әр түрлі микроконтроллерлерді салыстыру кезінде Arduino Nano ең жақсы нұсқалардың бірі екендігі анықталды. Бұл atmega328 микроконтроллеріне негізделген және C#/C++ негізіндегі Arduino-ның өзіндік даму ортасы мен бағдарламалау тілін қолданатын танымал және қол жетімді тақта. Бұл платформаны таңдау оның мүмкіндіктеріне және біздің басқару жүйесінің күрделілік дәрежесіне сәйкес болды.



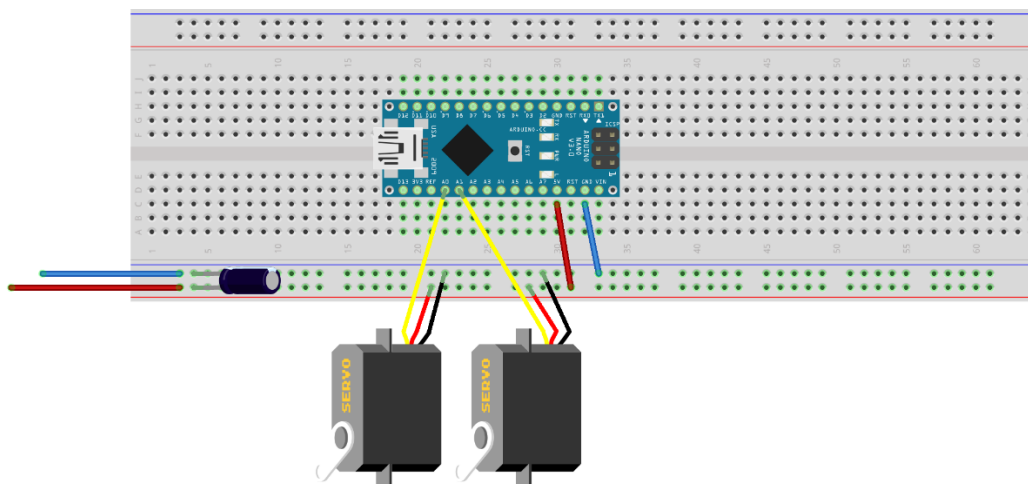
3.1 - сурет – Arduino Nano

Сондай-ақ, әзірлемедің жылан Робот сегменттерінің айналуын басқару үшін металл редукторы бар MG996R сервосы қолданылды (3.2-сурет). Бұл серво модельдің рульдері мен қақпақтарын бұру үшін автомобильдерде және авиамодельділікте қолданылуының, сондай-ақ оның жоғары дәлдігі мен орналасу жылдамдығының арқасында тамаша таңдау болды. Серво корпусының ішінде басқару модулі бар, ол кіріс басқару сигналына негізделген біліктің орнын дәл басқаруға мүмкіндік береді. Бұл жылан роботы үшін тегіс және дәл қозғалыстарды жүзеге асыруға мүмкіндік берді.



3.2 - сурет – MG996R сервожетегі

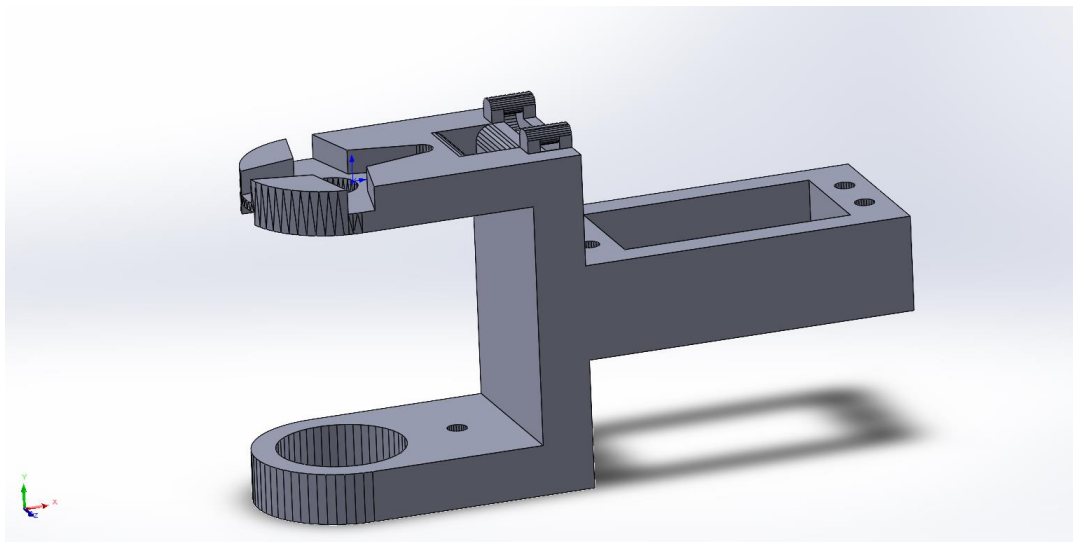
Сондай-ақ, дизайн барысында Arduino Uno тақтасы ең тиімді ток тұтынумен сипатталмайтындығы анықталды. Қосылған құрылғыларға, тиімділікке және жазылған кодты оңтайландыруға байланысты орташа есеппен шамамен 15 мА құрайды. Алайда, бұл мәселенің шешімдері бар және қуат тұтынуды 5-7 мА дейін төмендетуге болады. Серво іске қосылған кезде Arduino Nano қалпына келуін болдырмау үшін конденсаторды пайдалану керек, ол ток тұтынудың шындығын тегістейді. Қарапайым және ойластырылған архитектураның арқасында дизайн мен әзірлеу уақыты да азаяды. Сұлбада ол келесідей болады:



3.3 - сурет – Электрондық тақтаның сұлбасы

Жоғарыдағы суретте тек 2 серво көмегімен жасалған сұлбаның суреті көрсетілген. Бұл үлгі мен өмірдегі объектіден жалғыз айырмашылығы, тағы 5 сервоны параллель түрде жалғап және PWM сигналының сымдарын Arduino Nano түйреуіштеріне қосу қажет болады.

Жылан роботының прототипі қандай болатыны туралы шамамен түсінік алу үшін мен 3.4-суретке назар аударуды сұраймын, онда жылан роботының денесінің негізгі бөлшектерінің бірі көрсетілген. Көріп отырғаныңыздай, серво бөліктің төменгі бөлігінің бос жиегінде орналасады, ал жоғарғы бөлігі басқа бірдей бөліктің түбіне қосылады. Осылайша, құрылымның өзі жоғарғы бөлік төменгі бөлікке қосылу арқылы жиналады.



3.4- сурет – SolidWorks бағдарламасындағы дененің негізгі бөлшегі

3.2 Бағдарламалық кодты талдау

Біз Arduino платформасында жылан роботын басқару үшін бағдарламалық кодын жасауымыз керек. Басқару жүйесін бағдарламалау үшін біз синусоид сигналын серво тізбегі арқылы береміз. Оның қалай жұмыс істейтінін толығырақ түсіну үшін кодты қарастырайық:

Бұл код жолы синусоидқа қосып 10 сервоның әрқайсысына жазады. Негізгі бұрыш 90 градусқа тең, offset айнымалысы жыланның қозғалыс бағытын басқарады (offset=0 алға, offset=10 немесе offset=-10 оңға немесе солға бұрылу). Синусоид [-1,1] диапазонында мән береді, бұл мәнді амплитудаға көбейту арқылы арттыруға болады.

```
1  for(int j=0; j<10; j++){
2    myServos[j].write(90+offset+Amplitudesin(Speedrads+jWavelengthsShiftt
3  }
```

Серво 0-ден 180 градусқа дейінгі диапазонға ие болғандықтан, жоғарыда аталған мәндер осы диапазоннан тыс шығуға мүмкіндік бермейтініне көз жеткізуіміз керек. Келесі цикл осы шеңбердегі амплитудасын шектеу үшін қолданылады. Математикалық тұрғыдан біз бұл шартты қанағаттандыруымыз керек:

$$|\text{offset}| + |\text{amplitude}| \leq 90$$

```

1   while (MaxAngleDisplacement>90) {
2       Amplitude=abs (Amplitude) -1;
3       MaxAngleDisplacement=abs (offset)+Amplitude;
4   }

```

Синусоидтан қажетті мәнді алу үшін градустың орнына радиандарды қолдану керек. Іс жүзінде 2π радиан = 360 градус. Келесі жол осы түрлендіруді орындайды:

```

1   for (int i=0; i <360; i++) {
2       rads=i*pi/180.0;
3   }

```

Әрбір серво алдыңғыға қарағанда синусоидтан сәл алысырақ болғандықтан, біз әрбір келесі қозғалтқышты синусоид кодына ауыстыруымыз керек. Бұл келесі код жолымен көмегімен жасалады. Содан кейін shift айнымалысын жоғарыдағы for циклінде әрекетте көруге болады.

```

1   float pi=3.14159;
2   int TotalNumberofServos=10;
3   float Shift = 2*pi/TotalNumberofServos;

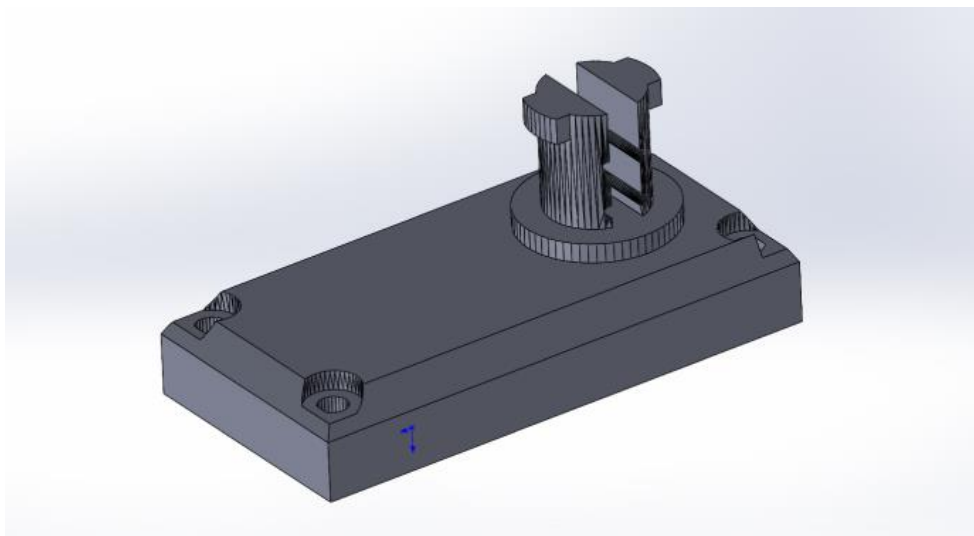
```

Жоғарыда сипатталған кодтан көріп отырғанымыздай, жыланды бағдарламалау кезінде біз оның қозғалысын басқару үшін синус толқындары мен серво тізбегін қолданамыз. Бірқатар математикалық есептеулер мен формулалардың көмегімен біз жыланның қозғалысын өзгерту үшін амплитудасы, жылдамдығы және толқын ұзындығы сияқты синусоидтың әртүрлі параметрлерін реттей аламыз. Жалпы, мұнда жылан роботын бағдарламалауға арналған кодтың негізгі нюанстары мен ерекшеліктері сипатталған. Алайда, толық код В қосымшасында жазылған, сондықтан бағдарламаның жұмысын түсіну үшін қосымшасына жүгінген жөн.

3.3 Жылан тәріздес роботын құру және жобалау процесі

Құру процесі серводы бұрап алудан басталады, ал бұрандалар сақталады, содан кейін қара пластикалық жақтаудың жоғарғы және төменгі бөліктерін алынып тастайды. Содан кейін серво 3.4-суретте көрсетілгендей, 3D басып шығарылған жақтауға орналастырылады. Серво корпусының жоғарғы бөлігі ауыстырылады және оны 6-32 1/2 төрт бұрандасымен бекітіледі. Серво жақтауының төменгі бөлігін сақталып және оны 3D басып шығарылған корпуспен ауыстырылады (3.5-сурет). Жалпы сервоның төменгі жақтауынаң

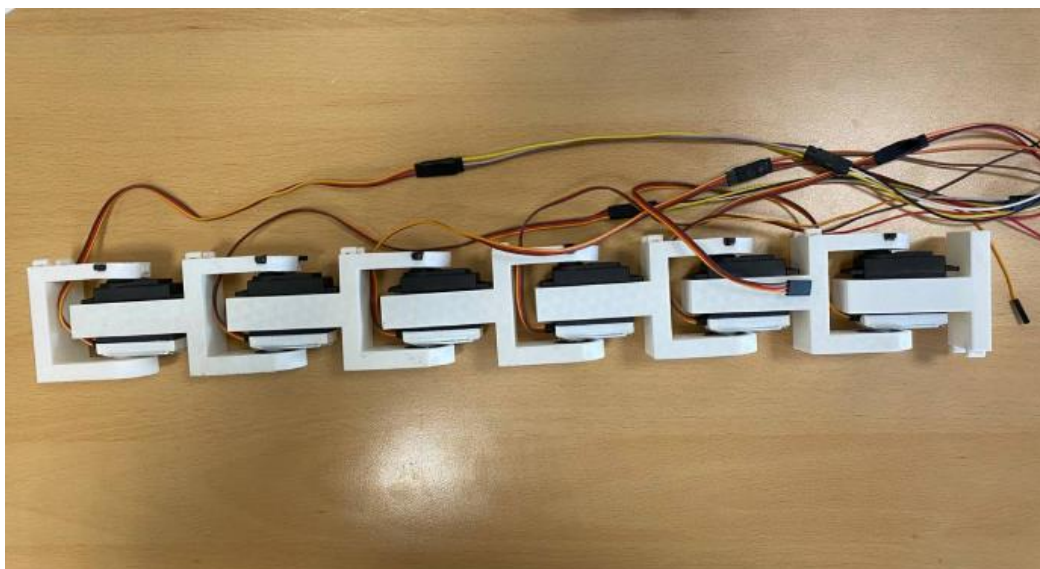
жалғыз айырмашылығы, бұл шарикті мойынтіректің сырғып кетуіне мүмкіндік беретін қосымша тұтқа. Содан кейін серво қайтадан бұралып, келесі әрекеттерді тағы 7 рет қайталанады.



3.5 - сурет – Шарикті мойынтірек тұтқасы бар серво жақтауының төменгі бөлігі

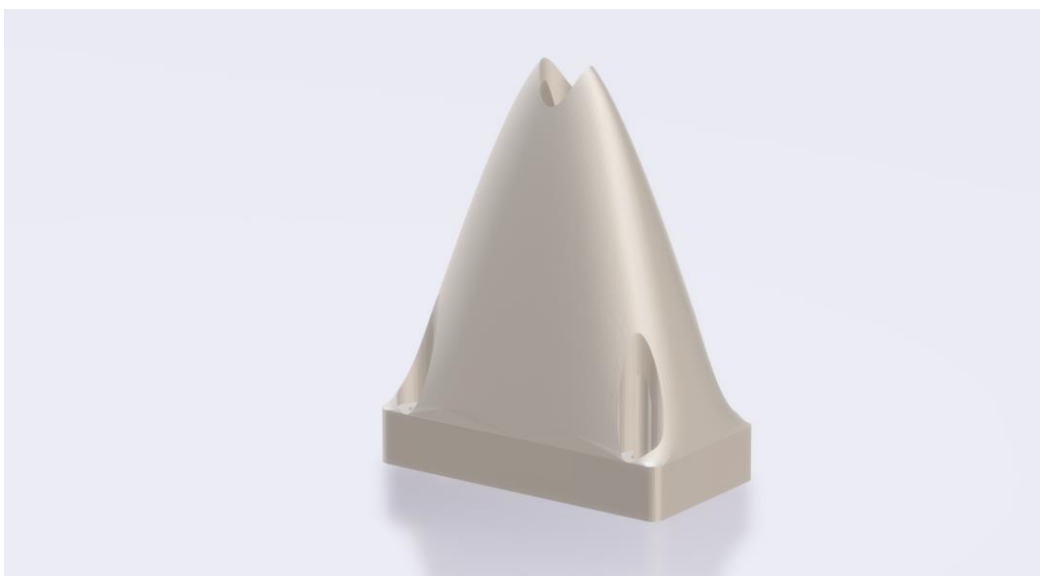
Әрі қарай, кодты Arduino-ға жүктеп, әр сервоны 90 градусқа жылжыту керек. Бұл талап орындалмаса, бірнеше сервоның немесе 3D басып шығарылған корпустың бұзылуына әкелуі мүмкін. Негізгі жұмыс бұл қызыл серво сымын Arduino-дағы 5V-ге, қоңыр сымды GND-ге, ал сары сымды 9-шы пинға қосу, содан кейін жоғарыдағы бөлімнен кодты жүктеу.

Қуат сымдарын жүргізу кезінде жылан бойымен өтетін 5V негізгі ағымдағы желісі ретінде 10 амперге төтеп бере алатындай қалың сымның бір бөлігі қолданылады. Ашық пассатиждерді қолдана отырып, 7 интервал аралығында оқшаулаудың кішкене бөлігі алынып тасталады және осы аралықтардың әрқайсысынан 3 "папа" коннекторлар тобына қысқа сым дәнекерленеді. Әрі қарай, бұл әрекет GND қара сымы мен екінші "папа" қосқышы үшін екінші рет қайталанады. Соңында 3-ші "папа" қосқышына ұзын сым дәнекерленіп, кейін бұл қосқыш PWM сигналын жыланның басындағы Arduino Nano-ға қосылған сервожетегіне жеткізіледі.



3.6 - сурет – Жиналған робот жыланның көрінісі

Содан кейін GND сымы Arduino Nano-дағы GND сымына және 5V сымы 5V сымға дәнекерленеді. Кейін тағы да Arduino Nano-дағы сымдарға PWM сигналдары бар 10 сым дәнекерленеді. Жыланның құйрығындағы серводан жыланның басына дейінгі тәртіп бойынша екі серво да келесідей қосылады. Сигнал түйреуіштерін қосу пиндары: A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6. Жалғастырмас бұрын, барлық сегменттердің сымдары еркін қозғала алатынын тексеру керек. Енді сымдарының қосылуы аяқталғаннан кейін жыланның басымен пен құйрығын арнайы қақпақтарымен жабылады (Сурет 3.7). Сондай-ақ, кабельдің шығуы үшін жыланның құйрығында бір тесік, ал басында Arduino Nano бағдарламалау кабеліне арналған екінші тесік жасалғанын ескеру қажет.



3.7 - сурет – Робот жыланның басы мен құйрығы жабатын қақпақтың 3D моделі

ҚОРЫТЫНДЫ

Құтқару жұмыстарына арналған жылан-роботты дамытуға арналған осы дипломдық жұмысты қорытындылай келе мен зерттеудің маңыздылығы мен әлеуетін атап өткім келеді. Жұмыс барысында авариялық-құтқару жұмыстары мен робототехниканы қолдану саласында ауқымды талдаулар мен зерттеулер жүргізілді.

Жұмыстың зерттеу бөлігінде құтқару жұмыстарында қолданылатын жылан роботтары мен мобильді жүйелерге шолу жасалды. Бұл әртүрлі конструкциялар мен жұмыс принциптерінің артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтауға, сондай-ақ құтқару жұмыстарына тән талаптарды анықтауға мүмкіндік берді. Құтқару операцияларының талаптарын ескере отырып, жылан роботының қозғалыс механизмдері мен икемділігін дамытуға ерекше назар аударылады. Математикалық есептеулер, модельдеу және қозғалыс кинематикасын талдау жүргізілді, бұл робот-жыланның функционалдығын оңтайландыруға мүмкіндік берді.

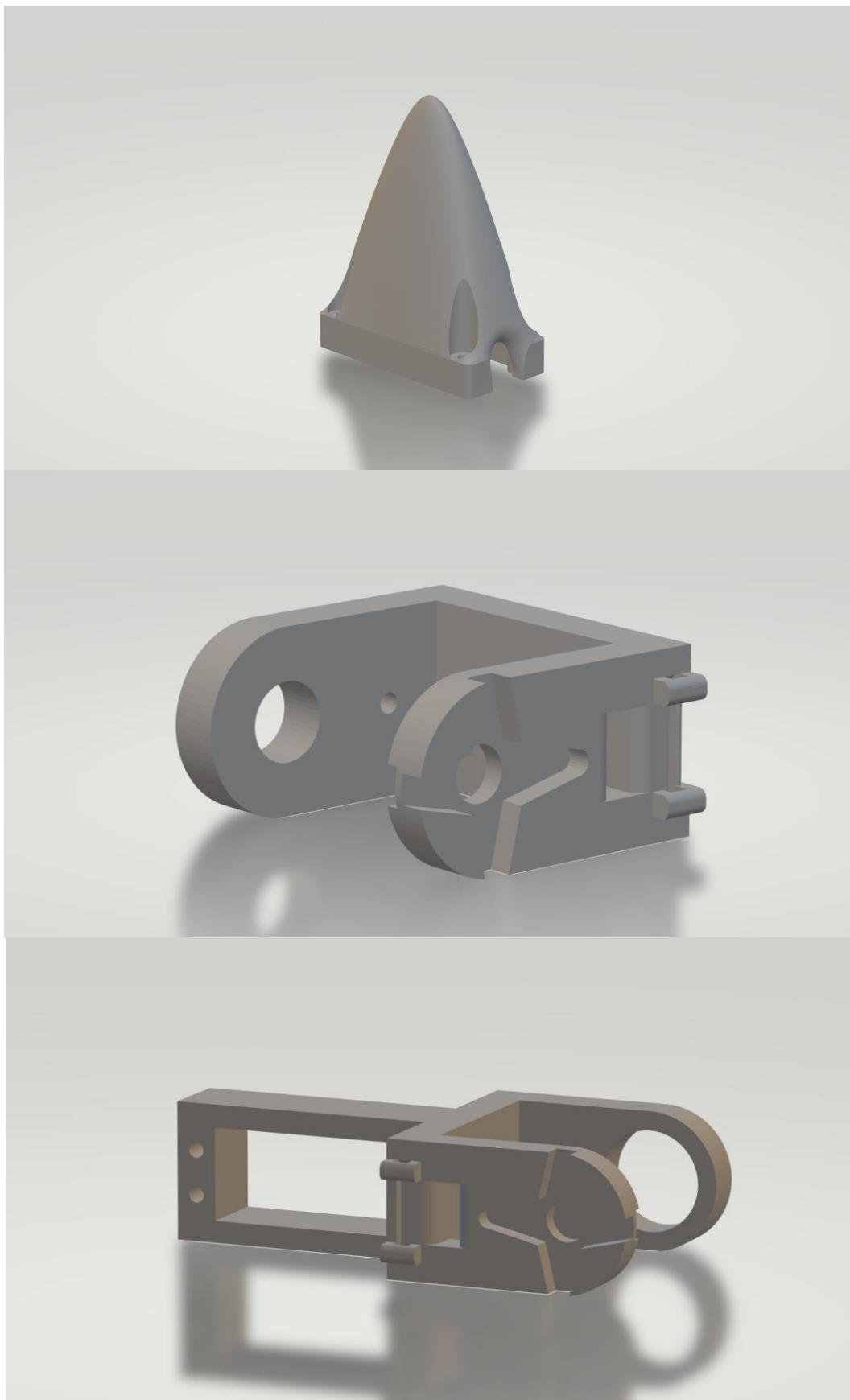
Жұмыстың практикалық бөлігінде ерекше сипаттамалары бар және жыланның қозғалысын имитациялай отырып, кедергілерді тиімді жеңе алатын жылан роботының прототипі жасалды. Сондай-ақ, жылан роботының денесі үшін оның максималды тиімділігін қамтамасыз ететін оңтайлы пішіннің 3D модельдері жасалды. Сонымен қатар, робот жыланның қозғалыстың үш түрі бар: шынжыр табанды қозғалыс, зигзаг қозғалысы (серпентин) және қарапайым жылан қозғалысы. Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, жылан роботының әзірленген прототипінің құтқару жұмыстарында айтарлықтай әлеуеті бар деген қорытынды жасауға болады. Оның кедергілерді жеңу және қозғалыс икемділігінің бірегей мүмкіндіктері құтқару қызметінің тиімділігі мен қауіпсіздігін айтарлықтай жақсартып алады.

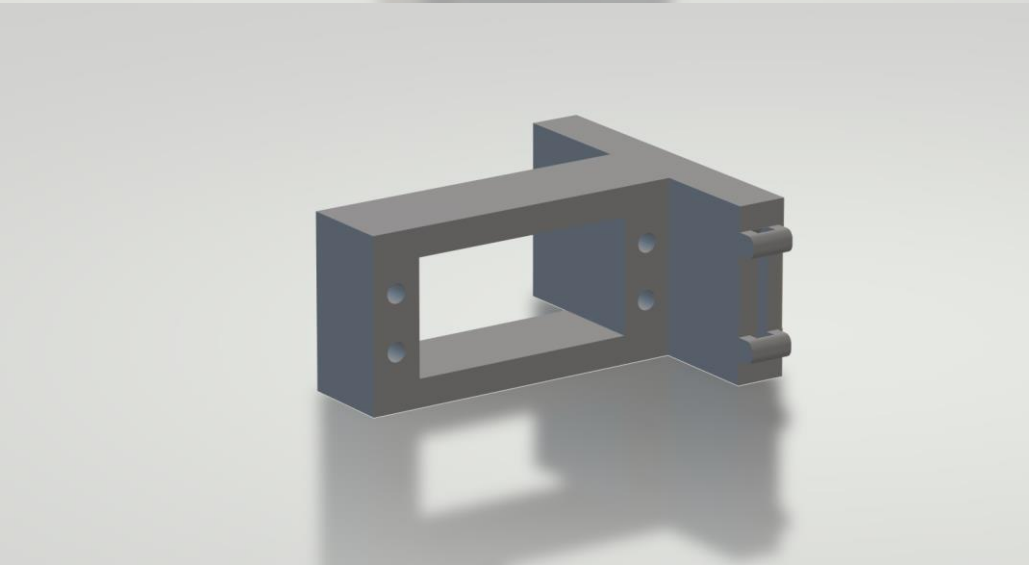
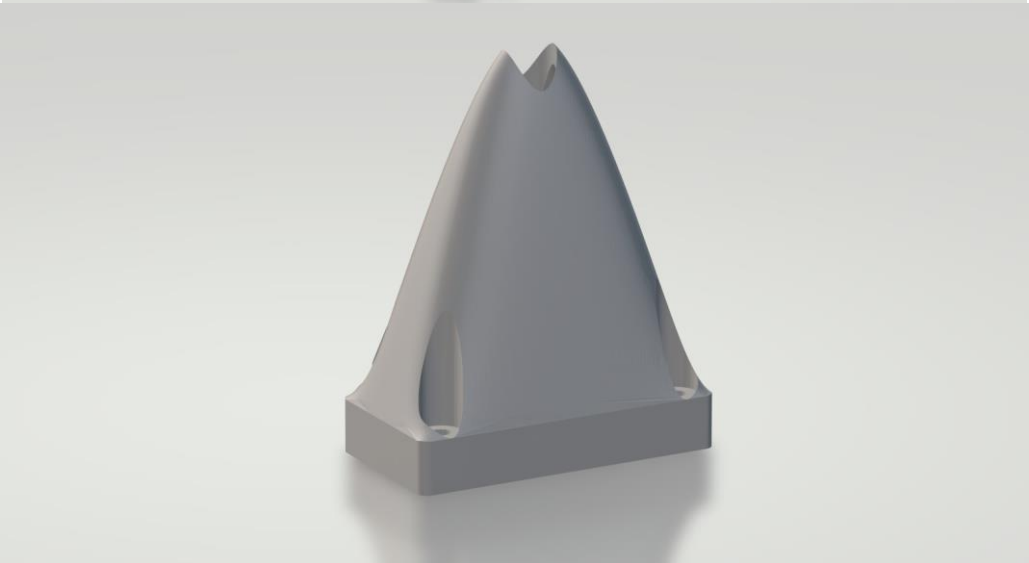
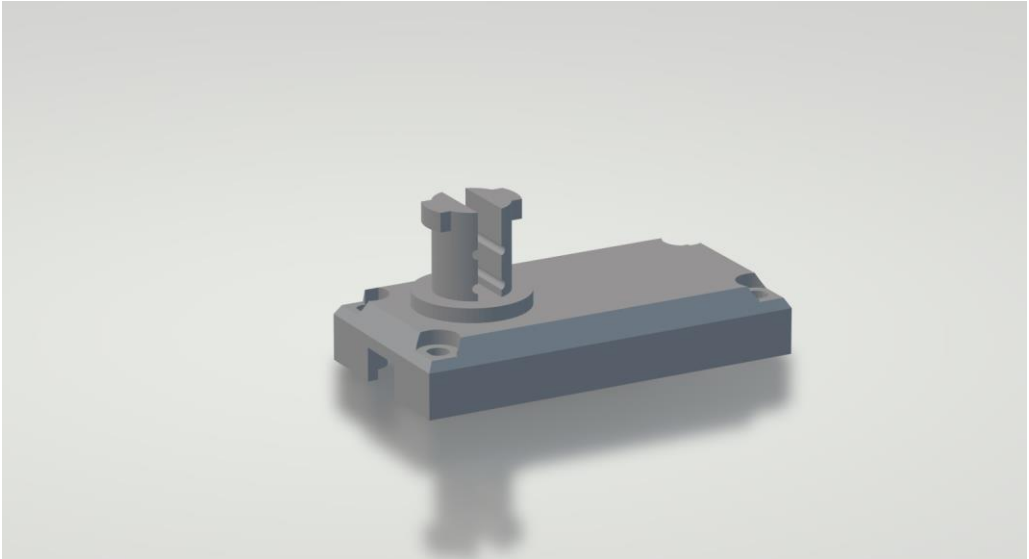
Осылайша, бұл дипломдық жұмыс робототехника және құтқару қызметтері саласына маңызды үлес болып табылатын құтқару жұмыстарына арналған робот жылан жасау мақсатына сәтті қол жеткізді. Жүргізілген зерттеулер мен жасалған прототип осы саладағы әрі қарай зерттеулер мен әзірлемелердің жаңа перспективаларын ашады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). Disasters in Numbers (2022), pp. 5-8
- [2] Dr. Craig B. Clements, The Fire Weather Lab, San Jose State University, 2022, электрондық ресурс, URL: <https://www.sjsu.edu/wildfire/research/>
- [3] Dr. Tom Pfeiffer, TOP 20 QUAKES IN THE WORLD BY COUNTRY IN 2022, VolcanoDiscovery GmbH, 2022, электрондық ресурс, URL: <https://www.volcanodiscovery.com/largest-recent-by-country/earthquakes/archive/2022.html>
- [4] Устав и внутренний регламент, Международная Организация Гражданской Обороны (МОГО), 2022, электрондық ресурс, URL: <https://icdo.org/ru/o-mogo/ustav-i-vnutrennij-reglament.html>
- [5] Jennifer Chu, “Blind” Cheetah 3 robot can climb stairs littered with obstacles, MIT News Office, 2018, электрондық ресурс, URL: <https://news.mit.edu/2018/blind-cheetah-robot-climb-stairs-obstacles-disaster-zones-0705>
- [6] AUTONOMOUS AIRCRAFT, Building the future of autonomous delivery, 2021, электрондық ресурс, URL: <https://www.flyzipline.com/technology>
- [7] HYDRONALIX, MOBE (Man Overboard EMILY), 2021, электрондық ресурс, URL: <https://www.hydronalix.com/mobe>
- [8] Anna Konda, “The fire fighting snake robot”, ROBOTNOR – Centre for Advanced Robotics, 2020, электрондық ресурс, URL: <https://robotnor.no/research/anna-konda-the-fire-fighting-snake-robot/>
- [9] Shigeo Hirose, Biologically Inspired Robots: Snake-Like Locomotors and Manipulators, Oxford University Press, Oxford, 1993
- [10] Yoji Umetani, Shigeo Hirose Biomechanical Study of Active Cord – Mechanism with Tactile Sensors, Proc. 6th Int. Symp. on Industrial Robots, Nottingham, 1976, pp. 47-60
- [11] Sato, M.; Fukaya, M.; Iwasaki, T. Serpentine locomotion with robotic snakes. IEEE Control Syst. 2002, pp. 64–81
- [12] Fu, X.; Wang, Y. Research of snake-like robot control system based on visual tracking. In Proceedings of the International Conference on Electronics, Communications and Control, Ningbo, China, 9–11 September 2011; pp. 399–402.
- [13] Kelasidi, E.; Tzes, A. Serpentine motion control of snake robots for curvature and heading based trajectory-parameterization. In Proceedings of the 2012 20th Mediterranean Conference on Control & Automation, Barcelona, Spain, 3–6 July 2012; pp. 536–541.
- [14] Ponte, H.; Queenan, M.; Gong, C.; Mertz, C.; Travers, M.; Enner, F.; Hebert, M.; Choset, H. Visual sensing for developing autonomous behavior in snake robots. In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Hong Kong, China, 31 May–7 June 2014; pp. 2779–2784.

Қосымша А





Қосымша Б

```
#include <Servo.h>
Servo myServos[10]; // 10 серво жасаймыз
float pi=3.14159;
int TotalNumberOfServos=7;
float Shift = 2*pi/TotalNumberOfServos; // сегменттер арасындағы фазалық кідіріс.
float Wavelengths, rads;
int InteriorAngle, SetpointAngle, MaxAngleDisplacement;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  myServos[0].attach(A0);
  myServos[1].attach(A1);
  myServos[2].attach(A2);
  myServos[3].attach(A3);
  myServos[4].attach(A4);
  myServos[5].attach(A5);
  myServos[6].attach(4);
  myServos[7].attach(3);
  myServos[8].attach(8);
  myServos[9].attach(7);

  // Жыланды түзу сызықпен инициализациялау
  for(int i=0; i<10; i++){
    myServos[i].write(90);
    delay(15);
  }
  delay(1000);
}

void straightline(){
  for(int i=0; i<10; i++){
    myServos[i].write(90);
    delay(100);
  }
}

void Cshape(){
  for(int i=0; i<10; i++){
    myServos[i].write(60);
    delay(100);
  }
}

void ubend(){
  for(int i=0; i<10; i++){
    if(i==4 or i==5){
      myServos[i].write(0);
      delay(100);
    }
    else{
      myServos[i].write(90);
      delay(100);
    }
  }
}

void ring(){
```

```

InteriorAngle=180-360/(TotalNumberOfServos+1);
SetpointAngle=abs(InteriorAngle-90);
for(int i=0; i<10; i++){
    myServos[i].write(SetpointAngle);
    delay(100);
}
}

void slither(int offset, int Amplitude, int Speed, float Wavelengths){
    MaxAngleDisplacement=abs(offset)+abs(Amplitude);
    while(MaxAngleDisplacement>90){
        Amplitude=abs(Amplitude)-1;
        MaxAngleDisplacement=abs(offset)+Amplitude;
    }
    for(int i=0; i<360; i++){
        rads=i*pi/180.0;    //градусан радианға түрлендіру
        for(int j=0; j<10; j++){
            myServos[j].write(90+offset+Amplitude*sin(Speed*rads+j*Wavelengths*Shift));
        }
        delay(10);
    }
}

void staticWave(int offset, int Amplitude, float Wavelengths){
    MaxAngleDisplacement=abs(offset)+abs(Amplitude);
    while(MaxAngleDisplacement>90){
        Amplitude=abs(Amplitude)-1;
        MaxAngleDisplacement=abs(offset)+Amplitude;
    }

    for(int j=0; j<10; j++){
        myServos[j].write(90+offset+Amplitude*sin(j*Wavelengths*Shift));
        delay(15);
    }
}

void InchWorm(){
    for(int pos = 0; pos < 45; pos += 1){
        myServos[0].write(90-pos);
        myServos[1].write(90+2*pos);
        myServos[2].write(90-pos);
        delay(50);
    }

    for(int i=0; i<7; i+= 1){
        for(int pos = 0; pos < 45; pos += 1){
            myServos[i].write(45+pos);
            myServos[i+1].write(180-3*pos);
            myServos[i+2].write(45+3*pos);
            myServos[i+3].write(90-pos);
            delay(50);
        }
    }

    for(int pos = 0; pos < 45; pos += 1){
        myServos[7].write(45+pos);
        myServos[8].write(180-2*pos);
        myServos[9].write(45+pos);
        delay(50);
    }
}

```

```
void loop() {  
  slither(0, 35, 2, 1.5);    // forwards slither  
  slither(10, 35, 2, 1.5);  // turning slither  
  //slither(-10, 35, 1, 1.5); // opposite direction turn  
  //staticWave(0, 35, 0.5);  // 0.5 wavelengths  
  //staticWave(0, 35, 1.0);  // 1.0 wavelengths  
  //staticWave(0, 35, 1.5);  // 1.5 wavelengths  
  //staticWave(0, 35, 2.0);  // 2.0 wavelengths  
  //InchWorm();  
  //ubend();  
  //ring();  
  //straightline();  
}
```