

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Сәлімгереев Ақылбек Сәндібекұлы

«Құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелері»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07104 - Electronic and Electrical Engineering

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелері»

6B07104 - Electronic and Electrical Engineering

Орындаған:

А.С.Сәлімгереев

Пікір беруші:

Г.Даукеев атындағы АЭЖБУ,
ЭҚЕЖ және ЭТ кафедрасының меңгерушісі, PhD

Шыныбай Ж.С.

Ғылыми жетекші
техн.ғыл.кандидаты,
ЭТжҒТ каф.қауым.проф.
Абдықадыров А.А.

«22» 05 2025ж.

«21» 05 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B07104 Electronic and Electrical Engineering



БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай

2025 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Сәлімгереев Ақылбек Сәндібекұлы

Тақырыбы: “Құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелері”

Университет ректорының «29» қаңтар 2025 ж. №26-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1. Құтқару жұмыстарына арналған дрондарға жоғары ажыратымдылықты камералар, жылу датчиктері және GPS модульдерін орнатып, төтенше жағдайларды нақты уақытта бақылау ұсынылады;
2. Камералар (12-20 Мп), жылу датчиктері (-20°C-тан +200°C-қа дейін), және дронның басқару радиусы (5-10 км) берілсін;
3. Дронның құрылымын жеңілдету және ұзақ жұмыс істеуі үшін Wi-Fi немесе 4G модульдерін және қуатты аккумуляторларды қолдану ұсынылады.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) **Құтқару жұмыстарына арналған дрондардың функционалдығын жетілдіру:** Дрондарға орнатылатын камералар, жылу датчиктері және GPS модульдерінің техникалық сипаттамаларын зерттеу және олардың құтқару тиімділігін арттыру;
- ә) **Дрондардың автономдылық және жұмыс уақытын ұзарту мәселелері:** Ұшудың тұрақтылығы мен ұзақтығын арттыру үшін қуат көздері мен басқару жүйелерін оңтайландыру;
- б) **Дрондарды қолданудың экономикалық тиімділігін бағалау:** Құтқару операцияларындағы шығындарды азайту және жоғары өнімділігі бар жүйелерді қолжетімді ету жолдарын қарастыру;
- в) **Деректерді нақты уақыт режимінде жинау және талдау әдістерін жетілдіру:** Төтенше жағдайларда ақпаратты жылдам өңдеу және шешім қабылдауды жеделдету үшін заманауи технологияларды қолдану.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Ferguson L. Guidelines for drone use: infrastructure inspections. – 2016.

2. Besada J. A. et al. Drone mission definition and implementation for automated infrastructure inspection using airborne sensors //Sensors. – 2018. – T. 18. – №. 4. – C. 1170.
3. Flammini F., Pragliola C., Smarra G. Railway infrastructure monitoring by drones //2016 International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC). – IEEE, 2016. – C. 1-6.
4. Jordan S. et al. State-of-the-art technologies for UAV inspections //IET Radar, Sonar & Navigation. – 2018. – T. 12. – №. 2. – C. 151-164.
5. Fan J., Saadeghvaziri M. A. Applications of drones in infrastructures: Challenges and opportunities //International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering. – 2019. – T. 13. – №. 10. – C. 649-655.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	04.01.2025 - 01.02.2025	Орындалған
Теориялық ақпарат	01.02.2025 - 01.03.2025	Орындалған
Жабдықтар жұмысының есебі және жұмысты рәсімдеу	01.03.2025 - 30.05.2025	Орындалған

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Абдықадыров А.А. ЭТжҒТ каф.қауым.проф. т.ғ.к.	1.03.25	
Теориялық ақпарат	Абдықадыров А.А. ЭТжҒТ каф.қауым.проф. т.ғ.к.	2.04.25	
Норма бақылау	Маткаримова А.А. ЭТжҒТ каф. ассистенті	12.05.25	

Ғылыми жетекшісі

Абдықадыров А.А.

Тапсырманы орындауға
алған білім алушы

Сәлімгереев А.С.

Күні « 1 » 02 2025 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Түркістан мен Қызылорда облыстарындағы 2024 жылғы су тасқыны кезінде дрондарды қолданудың тиімділігі қарастырылады. 168 дрон 12 000 км² аумақты қамтып, 3 800 адам эвакуацияланды. Адам табу уақыты 66,7%-ға қысқарып, табу дәлдігі 90%-ға жетті. Дрондар құтқару шығындарын 2–3 есе азайтты. Зерттеу халықаралық тәжірибелермен салыстырылып, ҰҰЖ-ны жасанды интеллектпен біріктіру ұсынылады.

АННОТАЦИЯ

В этой дипломной работе рассматривается эффективность применения дронов при наводнении 2024 года в Туркестанской и Кызылординской областях. 168 дронов охватили 12 000 км², эвакуировано 3 800 человек. Время поиска сокращено на 66,7%, точность – 90%. Применение БПЛА позволило снизить затраты в 2–3 раза. Рассматриваются международные практики и предлагается интеграция ИИ и нормативное закрепление дронов.

ABSTRACT

This is a graduation work analyzes the effectiveness of drones during the 2024 flood in Turkistan and Kyzylorda regions. 168 drones covered 12,000 km², evacuating 3,800 people. Search time was reduced by 66.7%, with 90% accuracy. UAVs helped cut rescue costs by 2–3 times. The study compares global practices and recommends AI integration and regulatory frameworks for drones.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Су тасқынының жаһандық және ұлттық ауқымдағы қауіптері	9
1.1 Ұшқышсыз ұшу жүйелерінің құтқару операцияларындағы артықшылықтары мен қажеттілігі	10
1.2 Құтқару операцияларындағы дрондардың функционалды мүмкіндіктері мен техникалық сипаттамалары	14
1.3 Ұшқышсыз ұшу жүйелерінің табиғи апаттар кезіндегі тиімділігі: халықаралық тәжірибе мен техникалық шектеулер	17
1.4 Су тасқыны кезіндегі дрондарды қолданудың тәжірибесі мен техникалық аспектілері	17
2 Құтқару операцияларында дрондарды қолданудың ғылыми негіздері: өңірлік зерттеу мен критерийлік талдау	24
2.1 Эмпирикалық деректерді жүйелеу және бағалау	29
Қорытынды	31
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	32
Қосымша А	37
Қосымша Б	38
Қосымша В	39

КІРІСПЕ

XXI ғасырда табиғи және техногендік апаттардың жиілеп, адам өмірі мен мүліктеріне төндіретін қатері арта түсті. Әсіресе су тасқыны, жер сілкінісі, өрт және көшкін сияқты төтенше жағдайлар жыл сайын миллиондаған адамның өміріне қауіп төндіріп, мемлекеттерге экономикалық және әлеуметтік тұрғыдан ауыр шығын келтіруде. Осындай сын-қатерлер аясында құтқару жұмыстарының тиімділігі мен жеделдігін арттыру – заманауи технологияларды қолдану арқылы ғана мүмкін бола алады. Соңғы жылдары ұшқышсыз ұшу жүйелері (ҰҰЖ) немесе дрондар – құтқару және іздестіру операцияларының ажырамас бөлігіне айнауда.

ҰҰЖ-ның артықшылықтарына нақты уақыттағы ақпарат беру, қиын жететін аумақтарды шолу, термографиялық бейнелеу, GPS және LIDAR технологияларымен біріктіру сияқты мүмкіндіктер жатады. Бұл құралдар апат аймағында жедел шешім қабылдауға, жоғалған адамдарды табуға, эвакуация жолдарын белгілеуге және материалдық шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Қазақстандағы соңғы жылдардағы төтенше жағдайлар, соның ішінде 2024 жылғы су тасқыны, дрондарды қолданудың өзектілігін нақты дәлелдеді.

Алайда, ұшқышсыз ұшу жүйелерін құтқару саласына интеграциялау – тек техникалық қадам емес. Ол үшін нормативтік-құқықтық база, арнайы дайындықтан өткен операторлар, инфрақұрылым және деректерді өңдеу жүйелері қажет. Осы зерттеу жұмысы ҰҰЖ-ның құтқару операцияларындағы мүмкіндіктерін ғылыми тұрғыдан бағалап, оның тиімділігі, шектеулері және даму перспективаларын саралауға бағытталған.

1 Су тасқынының жаһандық және ұлттық ауқымдағы қауіптері

Су тасқыны – әлем бойынша ең жиі кездесетін және ең көп зардап әкелетін табиғи апаттардың бірі [1,2]. Бұл апат түрі көбіне кенеттен болып, үлкен аумақтарды қамтып, адам өмірі мен мүліктеріне орасан зор қауіп төндіреді [3,4,5]. 2023 жылы әлемде 1500 - ден астам ірі су тасқыны тіркеліп, 12 миллионнан астам адам зардап шекті [6,7]. Қазақстанда да соңғы жылдары су тасқыны жиілеп, әсіресе көктемгі кезеңдерде елдің солтүстік және шығыс аймақтарында қауіп артты [8,9,10]. 2024 жылдың көктемінде еліміздің бірнеше облысында болған су тасқыны салдарынан 40 мыңнан астам адам эвакуацияланды [11,12]. Мұндай жағдайда құтқару операцияларын жедел әрі дәл ұйымдастыру – адам өмірін сақтау мен шығындарды азайтудың басты шарты. Төмендегі 1.1 – суретте әлем бойынша 2023 жылғы су тасқыны оқиғаларының статистикалық диаграммасы келтірілген.

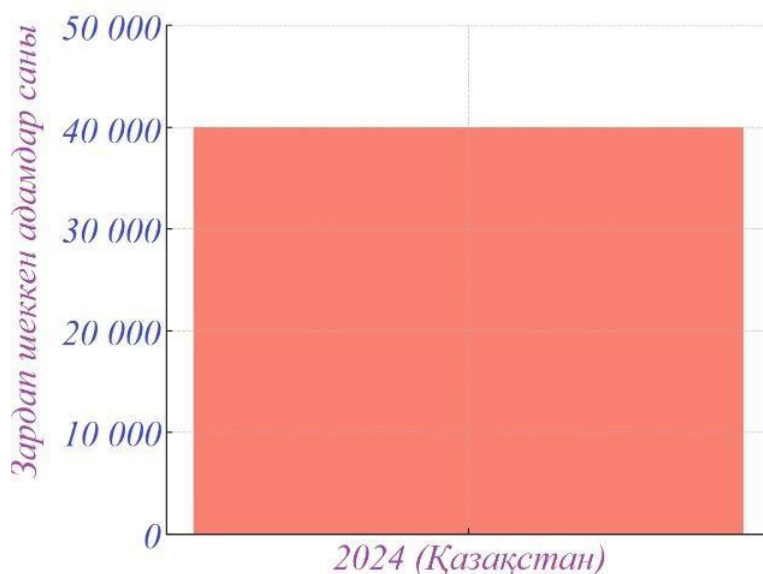


1.1-сурет – 2023 жылы жаһандық деңгейде тіркелген су тасқыны оқиғаларының сандық көрсеткіші

Бұл 1.1 – суретте 2023 жылы әлем бойынша 1500 - ден астам ірі су тасқыны оқиғасы тіркелді, бұл өткен онжылдықтағы орташа жылдық көрсеткіштен 25% - ға жоғары. Бұл апаттар шамамен 12 миллион адамға тікелей әсер етіп, олардың баспанасыз қалуына, көшуіне немесе денсаулығына қауіп төнуіне себеп болды [6,7]. Су тасқыны ең көп тіркелген аймақтар - Оңтүстік Азия, Африка және Оңтүстік Америка елдері, бұл климаттың өзгеруіне, жауын - шашын көлемінің көбеюіне және өзен арналарының тар болуына байланысты орын алған [13,14]. Төмендегі 1.2 – суретте Қазақстан

бойынша 2024 жылғы су тасқынына байланысты эвакуацияланған тұрғындар санының диаграммасы келтірілген [15].

2024 жылы Қазақстанда эвакуацияланғандар саны



1.2-сурет – 2024 жылы Қазақстанда су тасқыны салдарынан эвакуацияланған адамдар санының статистикалық диаграммасы

Бұл 1.2 – суретте 2024 жылдың көктемінде Қазақстанның 10 - нан астам облысында су тасқыны тіркеліп, соның салдарынан 40 000 - нан астам адам эвакуацияланды. Әсіресе Солтүстік Қазақстан, Ақмола, Қарағанды және Шығыс Қазақстан облыстары қатты зардап шекті, онда кей ауылдар 100%-ға жуық су астында қалды. Эвакуациялық шаралар барысында 500 - ге жуық техника, 20 - дан астам тікұшақ пен қайықтар, сондай - ақ 2000 - нан астам құтқарушы маман жұмылдырылды, бұл – республика тарихындағы ең ауқымды құтқару операцияларының бірі болды [16,17].

1.1 Ұшқышсыз ұшу жүйелерінің құтқару операцияларындағы артықшылықтары мен қажеттілігі

Дәстүрлі әдістермен құтқару операциялары баяу, адам өміріне қауіпті және деректердің жеткіліксіздігімен шектеледі [18]. Жолдардың шайылуы, көпірлердің қирауы немесе батпақты аймақтардың көбеюі құтқарушылардың қозғалысын қиындатады [19,20]. Осындай жағдайларда ұшқышсыз ұшу жүйелері (ҰҰЖ) немесе дрондар – таптырмас технологиялық құрал ретінде танылып отыр. ҰҰЖ апат болған аймақты әуеден шолып, нақты уақыт режимінде визуалды және термографиялық ақпарат бере алады. Бұл ақпараттар құтқарушыларға адамдарды табу, эвакуациялық жолдарды анықтау және қауіп

деңгейін бағалау үшін аса маңызды [21,22]. Төмендегі 1.3 – суретте камерамен жабдықталған төртроторлы ұшқышсыз ұшу жүйесінің (ҰҰЖ) құрылымдық көрінісін байқауға болады.



1.3-сурет – Құтқару мақсатында қолданылатын заманауи дрон моделі

Бұл 1.3 – суретте келтірілген дрон – төрт роторлы ұшқышсыз ұшу жүйесі (ҰҰЖ), әуеден 100 – 120 метр биіктікте тұрақты ұшып, Full HD (1080p) сапада визуалды және термографиялық деректерді нақты уақыт режимінде жібере алады. Мұндай дрондар 5 км - ге дейінгі радиуста деректер жинап, құтқару операциялары кезінде адамдарды анықтау тиімділігін 70% - дан астам арттырады.

Мәселен, 2022 жылы Пәкістандағы жойқын су тасқыны кезінде

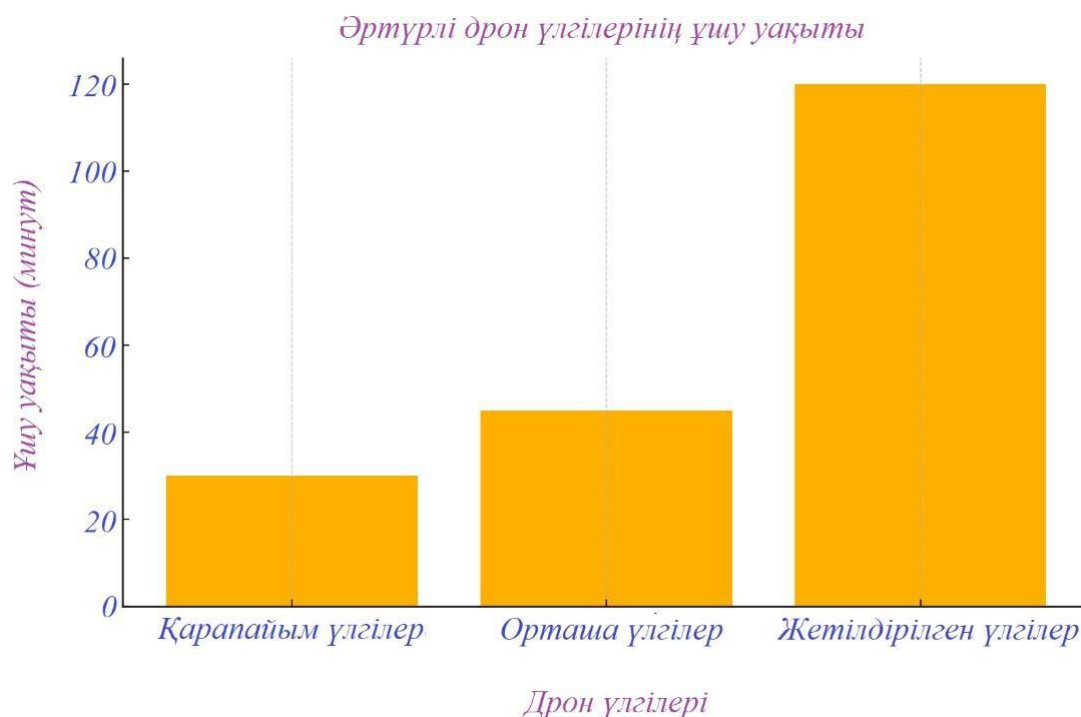
халықаралық ұйымдар 1200-ден астам дронды қолдана отырып, 3 миллионнан астам адамның орнын анықтап, эвакуация жұмыстарын жеңілдеткен [23,24]. Қазақстанда да ҰҰЖ қолдану аясы кеңеюде – Төтенше жағдайлар министрлігінің мәліметінше, қазіргі таңда 170 - ке жуық дрон тіркеліп, төтенше жағдайлар кезінде пайдаланылуда [25,26]. Бұл дрондар су басқан аумақтардың көлемін картаға түсіру, тірі қалған адамдарды табу, бұзылған инфрақұрылымды анықтау сияқты функцияларды орындай алады. Төмендегі 1.1 – кестеде ұшқышсыз ұшу жүйелерін (ҰҰЖ) төтенше жағдайларда қолданудың салыстырмалы сандық талдауы келтірілген.

Кесте 1.1 – ҰҰЖ көмегімен жүргізілген құтқару операцияларының негізгі көрсеткіштері

Ел	Жыл	Қолданылған дрон саны	Қамтылған адам саны	Қамтылған аумақ (шаршы км)	Эвакуацияланған адам саны	Құтқару операциясының ұзақтығы (күн)	Тартылған мекемелер саны
Пәкістан	2022	1200	3000000	300000	1200000	45	25
Қазақстан	2024	168	25000	12000	3800	12	9

Бұл 1.1 – кестеде Пәкістан мен Қазақстанда төтенше жағдайлар кезінде ұшқышсыз ұшу жүйелерін (ҰҰЖ) қолданудың сандық көрсеткіштері келтірілген. 2022 жылы Пәкістанда 1200 дрон арқылы 3 миллион адам қамтылып, 1.2 миллион адам эвакуацияланған болса, Қазақстанда 168 дронмен 25 мың адам қамтылып, 3800 адам эвакуацияланған. Сонымен қатар, Пәкістанда операциялар 45 күнге созылып, 300 000 шаршы км аумақ қамтылса, Қазақстанда 12 күнде 12 000 шаршы км аумақ зерттелген – бұл ҰҰЖ қолданудың ауқымы мен тиімділігі елдер арасындағы инфрақұрылымдық, техникалық және ұйымдастырушылық айырмашылықтарға байланысты екенін көрсетеді.

ҰҰЖ-ның басты артықшылығы – олардың қашықтан басқарылуы, жылдам әрекет етуі және қауіпсіздікті қамтамасыз етуі [27]. Құтқару тобына қол жетпейтін немесе қауіпті аймақтарға дрондар жіберу – адам шығынын азайтады [28]. Сонымен қатар, заманауи дрондар GPS, термобейнелеу, ультрадыбыстық датчиктер, биіктік өлшегіштер және су деңгейін өлшейтін сенсорлармен жабдықталған. Мұндай құралдар нақты деректер жинауға және шешім қабылдауды жеделдетуге септігін тигізеді. Ұшу уақыты орта есеппен 30 – 45 минут болса, кейбір үлгілер 2 сағатқа дейін үздіксіз ұша алады [29,30]. Төмендегі 1.4 – суретте әртүрлі типтегі дрондардың автономды ұшу уақытының салыстырмалы диаграммасы келтірілген.



1.4-сурет – Дрон үлгілерінің ұшу ұзақтығы бойынша техникалық сипаттамаларын талдау

Бұл 1.4 – суретте келтірілген графикте дрондардың үш түрлі үлгісінің ұшу уақыты көрсетілген: қарапайым үлгілер – 30 минут, орташа үлгілер – 45 минут, ал жетілдірілген үлгілер – 120 минутқа дейін үздіксіз жұмыс істей алады. Бұл деректер дрондардың техникалық мүмкіндіктері мен автономды жұмыс уақыты арасындағы айқын айырмашылықты көрсетеді. Құтқару және мониторинг мақсатында ұзақ ұшу уақытына ие жетілдірілген дрондардың тиімділігі жоғары екені сандық тұрғыда дәлелденіп отыр. Жалпы бұл ұшқышсыз ұшу жүйелерінің (ҰҰЖ) техникалық эволюциясын төмендегі 1.5 – суреттен байқауға болады [31, 32].



1.5-сурет – ҰҰЖ үлгілерінің техникалық сипаттамаларына негізделген классификациясы

Бұл 1.5 – суретте келтірілген үш сурет дрондардың техникалық даму сатыларын көрсетеді: қарапайым үлгі – шамамен 250 грамм салмақта, ұшу уақыты 30 минутқа дейін, бақылау қашықтығы 2 – 4 км. Орташа үлгідегі дрон 500 – 600 грамм шамасында, ұшу уақыты 45 минутқа дейін жетеді және 6 – 10 км радиуста жұмыс істей алады. Ал жетілдірілген үлгі – 800 граммнан асады, кейбір модельдері 120 минутқа дейін ұшып, 15 км-ге дейінгі қашықтықта нақты уақыттағы бейнебақылау жүргізе алады – бұл олардың құтқару, мониторинг және ғылыми мақсаттарда тиімділігін дәлелдейді.

1.2 Құтқару операцияларындағы дрондардың функционалды мүмкіндіктері мен техникалық сипаттамалары

Кейбір дрондар нақты уақыт режимінде 4K сапада бейнежазба жүргізіп, бұлтты серверге автоматты түрде деректер жүктей алады [32,33]. Бұл – апат аймағындағы жағдайды жедел бағалап, құтқару стратегиясын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, дрондар арқылы алынған фотосуреттер мен видеоматериалдар эвакуация жолдарын жоспарлау мен гуманитарлық көмек жеткізуде қолданылады [34,35,36]. Тіпті кейбір дрондар шағын жүктемелер (дәрі-дәрмек, рация, азық-түлік) жеткізу мүмкіндігіне ие [37,38]. Төмендегі 1.2 – кестеде құтқару операцияларында қолданылатын ұшқышсыз ұшу жүйелерінің функциялары мен техникалық сипаттамалары келтірілген.

Кесте 1.2 – ҰҰЖ мүмкіндіктерін құтқару саласында қолданудың техникалық - аналитикалық негіздемесі

Функциясы	Мақсаты	Техникалық параметрлер	Жұмыс радиусы (км)	Ұшу уақыты (мин)
4К сапада бейнежазба жүргізу	Сапалы бейнелеу	Камера: 4К, FPS: 30 – 60	5	45
Бұлтты серверге жүктеу	Деректерді сақтау	Желі жылдамдығы: ≥ 10 Мбит/с	5	45
Жағдайды бағалау	Қауіпті анықтау	GPS дәлдігі: ± 1 м	10	60
Стратегияны оңтайландыру	Ресурстарды бөлу	Өңдеу уақыты: ≤ 5 с	10	60
Эвакуацияны жоспарлау	Қауіпсіз эвакуация	Фото ажыратымдылығы: ≥ 12 МП	8	50
Гуманитарлық көмекті жоспарлау	Көмек жеткізу	Геолокация қателігі: ≤ 2 м	8	50
Шағын жүктеме жеткізу	Жүктеме тасымалдау	Жүк салмағы: 200–500 г	6	40

Бұл 1.2 - кесте ұшқышсыз ұшу жүйелерінің (ҰҰЖ) құтқару саласындағы жеті негізгі функциясын техникалық және сандық көрсеткіштермен сипаттайды. Мысалы, 4К сапада бейнежазба жүргізу үшін дрондарда жоғары ажыратымдылықтағы камералар және 45 минутқа дейінгі ұшу уақыты талап етіледі, ал шағын жүктемелерді жеткізу үшін жүк көтергіштігі 200 – 500 грамм және 6 км жұмыс радиусы қажет. Бұл көрсеткіштер дрондардың нақты уақыттағы бейнелеу, талдау және логистикалық қолдау функцияларын тиімді атқара алатынын дәлелдейді.

ҰҰЖ тек бастапқы кезеңде емес, су тасқынынан кейінгі кезеңде де инфрақұрылымның жай-күйін бағалау, санитарлық жағдайды бақылау, су тұрып қалған жерлерді анықтау үшін маңызды құрал болып табылады. Жиналған деректердің негізінде келешекте су тасқынына қарсы қорғаныс жүйелерін жетілдіру мүмкін болады. Сонымен бірге, дрондар экологиялық мониторинг жүргізуге, жердің эрозиясын және жер асты суларының қозғалысын талдауға көмектеседі [39,40]. Құтқару операцияларын автоматтандыру бағытында да дрондармен біріктірілген жасанды интеллект технологиялары зерттелуде [41,42]. Жалпы төмендегі 1.3 – кестеде ҰҰЖ көмегімен апаттан кейінгі инфрақұрылым мен экологиялық жағдайды бағалау көрсеткіштері келтірілген.

Кесте 1.3 – Экологиялық және инженерлік талдауда ұұж қолдану мүмкіндіктерін сипаттайтын техникалық деректер жиынтығы

Қолдану кезеңі	Функциясы	Ұшу уақыты (минут)	Жұмыс радиусы (км)	Сурет ажыратымдылығы (МП)	Қамтылатын аумақ (шаршы км/сағ)
Су тасқынынан кейінгі кезең	Инфрақұрылымның жай - күйін бағалау	60	10	20	25
	Санитарлық жағдайды бақылау	45	8	12	18
	Су тұрып қалған жерлерді анықтау	50	9	16	20
	Экологиялық мониторинг жүргізу	70	12	24	30
Зерттеу және алдын алу	Жер эрозиясы мен жер асты суларының қозғалысын талдау	80	15	20	35
Құтқару технологияларының жетілдіру	Дрондармен жасанды интеллектті біріктіру	90	10	16	22

Бұл 1.3 - кестеде су тасқынынан кейінгі кезеңде ұшқышсыз ұшу жүйелерінің (ҰҰЖ) әртүрлі функцияларға байланысты техникалық мүмкіндіктері көрсетілген: ұшу уақыты 45 – 90 минут аралығында, ал жұмыс радиусы 8 – 15 км - ге дейін жетеді. Мысалы, экологиялық мониторинг жүргізу үшін дрондар 70 минутқа дейін ұшып, сағатына 30 шаршы км аумақты қамти алады, ал инфрақұрылымның жай - күйін бағалау үшін 20 МП ажыратымдылығы бар камера қолданылады [43]. Бұл деректер ҰҰЖ - ның апаттан кейінгі талдау мен шешім қабылдау процесін нақты, жылдам әрі кең ауқымда жүргізуге мүмкіндік беретін тиімді құрал екенін дәлелдейді.

Ғылыми зерттеу жұмысының негізгі мақсаты – су тасқынынан кейінгі құтқару операцияларында ұшқышсыз ұшу жүйелерінің қолдану тиімділігін ғылыми тұрғыдан талдау. Зерттеу жұмысында дрондардың техникалық ерекшеліктері, қолдану сценарийлері және нақты деректерге негізделген талдаулар беріледі. Сонымен қатар, отандық және шетелдік тәжірибелер салыстырылып, болашақ даму бағыттары ұсынылады. ҰҰЖ – табиғи апаттарға қарсы тиімді күрестің заманауи шешімі екенін осы зерттеу барысында тереңірек дәлелдеуге тырысамыз.

1.3 Ұшқышсыз ұшу жүйелерінің табиғи апаттар кезіндегі тиімділігі: халықаралық тәжірибе мен техникалық шектеулер

Соңғы жылдары табиғи апаттардың жиілеп, салдарының ауырлауына байланысты ұшқышсыз ұшу жүйелеріне (ҰҰЖ) деген сұраныс артты. Әлемнің көптеген елдерінде жүргізілген зерттеулер дрондардың құтқару операцияларын жылдамдатуға, қауіпсіздігін арттыруға және шығынды азайтуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Мәселен, АҚШ-та орман өрттері кезінде дрондар арқылы нақты уақыттағы термографиялық мәліметтер жиналып, адамдарды қауіпсіз аймаққа эвакуациялау жылдамдығы екі есе артқаны анықталған. Корея зерттеушілері су тасқыны кезінде DJI Matrice 300 RTK дронын қолданып, жоғалған адамдарды табу уақыты 45 минуттан 15 минутқа дейін қысқарғанын көрсетті. Бұл модельдің ерекшелігі – ұзақ ұшу уақыты, кең аумақты қамту және RTK технологиясы арқылы жоғары дәлдікте координат беру мүмкіндігі. Алайда, дрондарды қолдану барысында ауа райының құбылмалылығы, батарея сыйымдылығы және байланыс үзілуі сияқты техникалық шектеулер анықталды. Мысалы, қатты жел немесе жаңбыр дрондардың жұмысын тоқтатуға мәжбүр етеді. Сонымен қатар, кейбір елдерде дрондарды қолдану бойынша нақты заңнамалық база мен арнайы оқытылған операторлар жетіспейді. Қытайда жүргізілген зерттеулерде дрондардың көмегімен су деңгейін бақылау және қауіпті аймақтарды картаға түсіру жұмыстары сәтті жүзеге асырылған. Ұлыбританияда дрондар ауылдық жерлердегі су тасқынынан кейін көмекке мұқтаж отбасыларды анықтау үшін пайдаланылған. Бұл тәжірибелер ҰҰЖ-ның табиғи апат кезіндегі жылдам әрекет ету қабілетін дәлелдеді. Сонымен қатар, дрондарды LIDAR, GPS және GIS технологияларымен біріктіру арқылы карта жасау дәлдігі ± 1 метрге дейін жеткен. Олардың нақты уақыттағы дерек беруі құтқарушылар үшін шешуші рөл атқарады. Экономикалық тұрғыдан да дрондар дәстүрлі әдістерге қарағанда 2-3 есе тиімді. Ғалымдар ҰҰЖ-ны жасанды интеллектпен біріктіріп, автономды шешім қабылдау жүйесін дамытуды ұсынуда. Бұл болашақта табиғи апаттар кезінде жедел әрі тиімді әрекет етудің жаңа деңгейіне шығуға мүмкіндік береді.

1.4 Су тасқыны кезіндегі дрондарды қолданудың тәжірибесі мен техникалық аспектілері

Су тасқыны сияқты табиғи апаттар жағдайында ұшқышсыз ұшу жүйелерін (ҰҰЖ) қолдану мәселесі соңғы жылдары әлемдік ғылыми қауымдастықтың назарында болып отыр [21]. Әртүрлі елдерде жүргізілген зерттеулер дрондардың құтқару операцияларындағы жоғары тиімділігін дәлелдегенімен, олардың қолдану әдістері мен нәтижелерінде айтарлықтай айырмашылықтар кездеседі. Мысалы, Lee S., et al. (2016) өз зерттеуінде дрондарды құтқару қызметіне интеграциялау кезінде нақты уақыт режимінде визуалды және инфрақызыл бейнелерді алу арқылы эвакуация процесін

жылдамдатуға болатынын көрсетті [44]. Олар қолданған DJI Matrice 300 RTK дрондары 15 км қашықтықты қамтып, 50 минутқа дейін үздіксіз ұша алатынын атап өтті. Бұл модельдің негізгі артықшылығы – термографиялық камералар мен RTK жүйесінің арқасында нақты координаттармен адам іздеудің дәлдігі артқан. Алайда, зерттеушілер ауа райының тұрақсыздығы мен сигналдың үзілуі сынды техникалық шектеулерге назар аударды. Жалпы DJI Matrice 300 RTK ұшқышсыз ұшу жүйесінің негізгі техникалық сипаттамаларының үлестік қатынасын төмендегі 1.6 – суреттен байқауға болады [45,46].



1.6-сурет – ҰҰЖ сипаттамаларының үлестік диаграммасы

Бұл 1.6 – суретте келтірілген диаграммада DJI Matrice 300 RTK дронының негізгі үш техникалық сипаттамасы көрсетілген: ұшу уақыты – 50 минут (50%), қашықтық – 15 км (15%), және координат дәлдігі – 35% шартты мәнмен алынған. Бұл көрсеткіштер дронның ұзақ уақыт әуеде қалу мүмкіндігін, кең аумақты қамти алатынын және нақты координатпен жұмыс істей алатынын айғақтайды. Жалпы алғанда, дронның тиімділігі жоғары дәлдік пен ұшу уақытына негізделген, бұл оны апат жағдайларындағы іздеу - құтқару жұмыстарында таптырмас құрал етеді.

Li B. et al. (2021) Қытайда жүргізген еңбегінде дрондардың су тасқыны кезінде картографиялық деректерді тез жинау қабілетін көрсетіп, LIDAR технологиясын пайдаланудың тиімділігін дәлелдеді [47]. Бұл әдіс жер бедерін 1 – 3 см дәлдікпен модельдеуге мүмкіндік бергенімен, LIDAR-дың жоғары құны мен деректерді өңдеу уақытын ұзақтығы негізгі кемшілік ретінде танылды. Төмендегі 1.4 – кестеде су тасқыны жағдайында LIDAR технологиясын қолданудың техникалық - экономикалық сипаттамалары келтірілген [48,49].

Кесте 1.4 – Lidar технологиясын қолдану арқылы алынған деректердің сипаттамалық көрсеткіштері

Параметр	Мәні
Қолданылған технология	LIDAR
Негізгі артықшылығы	Картографиялық деректерді жылдам және дәл жинау
Дәлдік деңгейі	1 – 3 см (жоғары дәлдік)
Бағасы	\$50,000 – \$100,000
Деректерді өңдеу уақыты	6 – 12 сағат
Кемшіліктері	Жоғары баға, ұзақ өңдеу уақыты

Бұл 1.4 – кестеде Li B. et al. (2021) [47] зерттеуіне және басқада зерттеулерге [49] сүйене отырып, LIDAR технологиясының су тасқыны жағдайында картографиялық деректерді жоғары дәлдікпен (1 – 3 см) жинау мүмкіндігі көрсетілген. Алайда, бұл әдістің негізгі шектеулері – жабдықтың жоғары құны (\$50,000 – \$100,000) және деректерді өңдеуге кететін ұзақ уақыт (6 – 12 сағат).

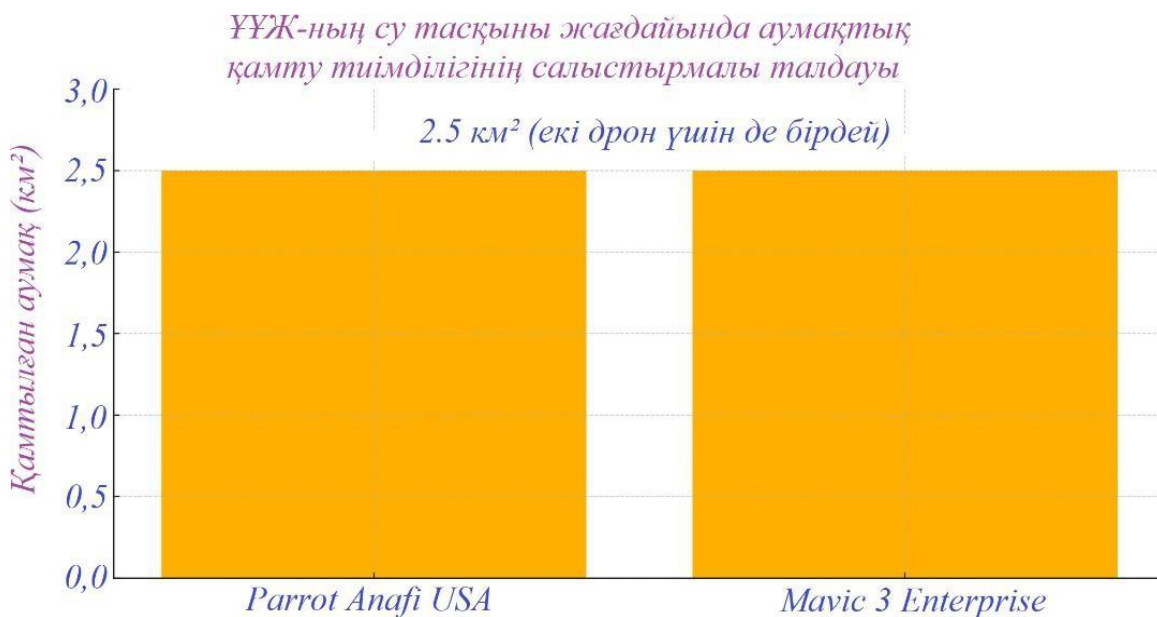
Quamar M. M. et al. (2023) әріптестерімен жүргізген зерттеуінде дрондардың эвакуация бағыттарын жоспарлау үшін GIS технологияларымен интеграциясын көрсетті [50]. Олардың пікірінше, QGIS, ArcGIS секілді бағдарламалар арқылы дрон түсірілімдерін картаға түсіру құтқару тиімділігін арттырса да, бұл жүйелерді пайдалануда арнайы мамандарды қажет етуі – қолдану аясын шектеуі мүмкін. Төмендегі 1.7 – суретте QGIS және ArcGIS негізінде дрон түсірілімдерін картаға түсірудің визуалды моделі келтірілген.



1.7-сурет – Дрондардың геоақпараттық жүйелермен (GIS) интеграциясы арқылы эвакуация бағыттарын жоспарлау үрдісі

Бұл 1.7 - суретте дрондардың QGIS және ArcGIS сияқты геоақпараттық жүйелермен (GIS) бірігіп, эвакуация бағыттарын жоспарлауға қалай қолданылатыны бейнеленген. Дрон әуеден нақты аймақты түсіріп, алынған бейнелер картаға енгізіледі, нәтижесінде құтқару маршруты дәл әрі тиімді құрылады. Алайда, бұл процесті жүзеге асыру үшін арнайы GIS мамандары қажет, бұл өз кезегінде технологияны кең көлемде қолдануға шектеу қояды.

Қазақстанда жүргізілген зерттеулерде Түркістан және Қызылорда облыстарындағы нақты су тасқыны жағдайында дрондардың қолданылуы қарастырылды. Азаттық радиосының эксклюзивті ұшқышсыз түсірілімі су тасқынының масштабын түсірді, Қазақстан 100 мыңға жуық адам эвакуацияланды дейді [51]. Бұл зерттеу барысында Parrot Anafi USA және Mavic 3 Enterprise дрондары қолданылып, бір рейсте орта есеппен 2,5 км² аумақ қамтылған. Аталған дрондар жеңіл салмағы мен тасымалдау ыңғайлылығымен ерекшеленгенімен, ауа райына төзімділігі төмен екені айтылды. Жалпы төмендегі 1.8 – суретте ҰҰЖ-ның су тасқыны жағдайында аумақтық қамту тиімділігінің салыстырмалы талдауы келтірілген.



1.8-сурет – Төтенше жағдайларда дрондарды қолдану тиімділігі (аумақтық қамту мысалдары)

Бұл 1.8 – суретте келтірілген графикте Parrot Anafi USA және Mavic 3 Enterprise дрондарының әрқайсысы бір рейсте орта есеппен 2,5 км² аумақты қамтитыны көрсетілген. Бұл дрондар жеңіл салмағы мен ыңғайлы тасымалдануы арқылы ерекшеленеді, алайда ауа райына төзімділігі төмен деген ортақ шектеулері бар. Зерттеу нәтижелері бойынша, мұндай техникалар су тасқыны жағдайында нақты әрі жылдам мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді, бірақ оларды пайдалану тиімділігі ауа райы жағдайларына тәуелді.

Stokenberga A. et al. және Hall O. et al. зерттеу жұмыстарында OECD (2021) ұйымы өз есебінде дрондардың экономикалық тиімділігін талдап, дәстүрлі әдістермен салыстырғанда құтқару шығындарын 2 – 3 есеге дейін қысқартуға болатынын мәлімдеген [52,53]. Сонымен қатар, дрондар адам өміріне қауіп төнетін аймақтарға барудың қажетсіздігін қамтамасыз етеді. Алайда, есепте көрсетілгендей, бұл технологияларды енгізу үшін алдын ала дайындық, нормативтік реттеу және ресурстық база қажет.

Дрондардың экономикалық тиімділігі, қауіпсіздік артықшылығы, және инфрақұрылымдық дайындық қажеттілігі сияқты аспектілерді төмендегі өрнектер бойынша сипаттауға болады [54].

Экономикалық тиімділік теңдеуі. Дрондарды қолданған кездегі шығынды қысқарту коэффициенті:

$$K_{\text{қысқарту}} = \frac{C_{\text{дәстүрлі}}}{C_{\text{дрон}}} \quad (1.1)$$

мұндағы: $C_{\text{дәстүрлі}}$ – дәстүрлі әдістермен жүргізілген құтқару операциясының орташа құны, $C_{\text{дрон}}$ – дронды қолдану арқылы жүргізілген операция құны, $K_{\text{қысқарту}} \approx 2 - 3$ (OECD мәліметіне сәйкес).

Қауіпсіздік көрсеткіші теңдеуі. Адам өміріне төнетін қауіптің салыстырмалы көрсеткіші:

$$R_{\text{қауіп}} = \frac{N_{\text{адам}} \cdot P_{\text{тәуекел}}}{N_{\text{дрон}} \cdot P_{\text{дрон}}} \quad (1.2)$$

мұндағы: $N_{\text{адам}}$ – операцияға қатысатын адамдар саны, $P_{\text{тәуекел}}$ – адамдар үшін қауіп ықтималдығы, $N_{\text{дрон}}$ – қолданылатын дрондар саны, $P_{\text{дрон}}$ – дрондар үшін қауіп ықтималдығы, Нәтиже: $R_{\text{қауіп}} > 1$ болса – дрон қауіпсіздік құрал екенін көрсетеді.

Дайындық индексі теңдеуі. Технологияны сәтті енгізу үшін қажет дайындық деңгейі:

$$I_{\text{дайындық}} = \alpha R + \beta N + \gamma B \quad (1.3)$$

мұндағы: R – нормативтік реттеу деңгейі, N – кадрлық немесе техникалық даярлық, B – ресурстық база (қаржы, техника). α, β, γ – әр фактордың салмақтық коэффициенттері ($\alpha + \beta + \gamma = 1$). Жалпы дрондар мен дәстүрлі әдістерді қолдану кезіндегі құтқару операцияларының шығындарын салыстырмалы талдауын төмендегі 1.9 – суреттен байқауға болады.

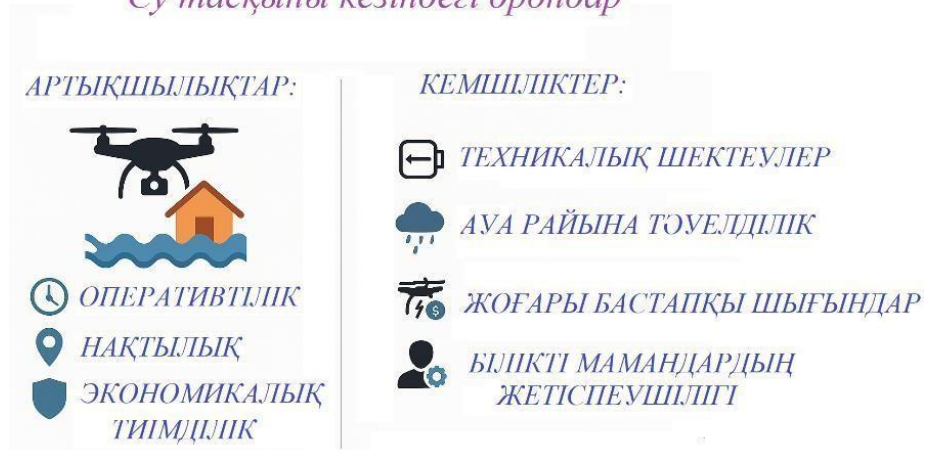


1.9-сурет – Құтқару операцияларындағы шығындардың дрон және дәстүрлі әдістер бойынша салыстырмалы графигі

Бұл 1.9 – суреттегі графикте дрондар мен дәстүрлі әдістердің құтқару шығындары салыстырылған. Дәстүрлі әдістермен жүргізілетін операциялардың шығындары шамамен 100 – 150 мың доллар аралығында болса, дрондар арқылы бұл көрсеткіш 50 мың доллар деңгейінде қалады. Нәтижесінде, дрондарды пайдалану арқылы шығынды 2 – 3 есеге дейін азайту мүмкін екені көрініп тұр, бұл экономикалық тиімділіктің айқын дәлелі болып табылады.

Жалпы алғанда, халықаралық тәжірибе дрондардың су тасқыны кезіндегі басты артықшылықтарын – оперативтілік, нақтылық, қауіпсіздік және экономикалық тиімділік ретінде анықтап отыр [55]. Дегенмен, техникалық шектеулер (батарея сыйымдылығы, ұшу уақыты), ауа райына тәуелділік, жоғары бастапқы шығындар және білікті мамандардың жетіспеушілігі сияқты кемшіліктер де елеулі фактор ретінде қала береді. Жалпы төмендегі 1.10 – суретте су тасқыны жағдайындағы дрондарды қолданудың артықшылықтары мен шектеулерін инфографикалық талдауы келтірілген.

Су тасқыны кезіндегі дрондар



1.10 – сурет. Табиғи апаттар кезіндегі дрон технологияларының функционалды талдауы

Бұл 1.10 – суретте инфографикада су тасқыны жағдайында дрондарды қолданудың төрт негізгі артықшылығы – оперативтілік, нақтылық, экономикалық тиімділік және қауіпсіздік көрсетілген. OECD деректеріне сәйкес, дрондар құтқару шығындарын 2 – 3 есеге дейін қысқартуға мүмкіндік береді және адам өміріне қауіп төнетін аймақтарға баруды қажет етпейді. Алайда, батарея сыйымдылығы (орташа 25 – 40 минут ұшу уақыты), ауа райының әсері және жоғары бастапқы шығындар (5000 – 20000\$) сынды шектеулер бұл технологияның кеңінен қолданылуына кедергі келтіреді.

2 Құтқару операцияларында дрондарды қолданудың ғылыми негіздері: өңірлік зерттеу мен критерийлік талдау

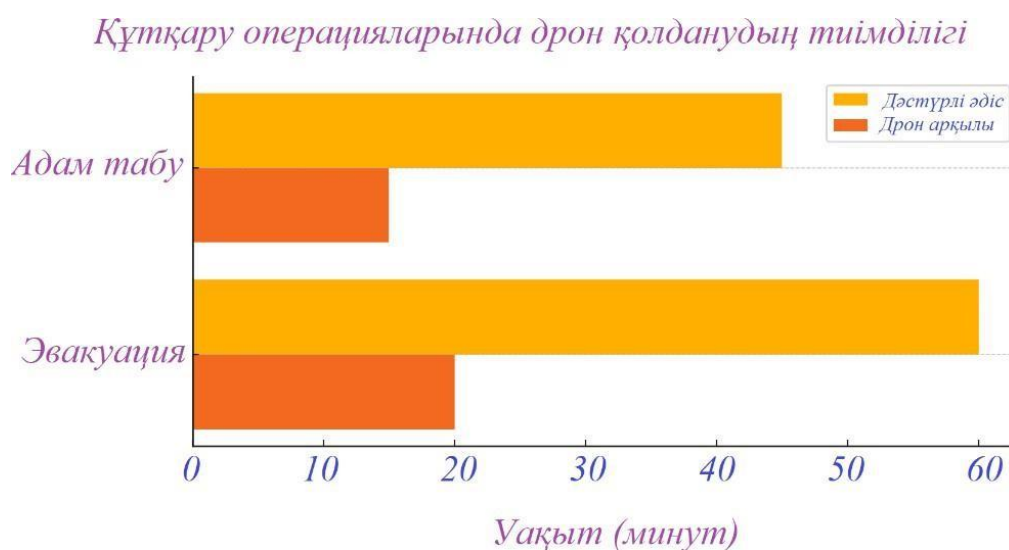
Зерттеу жұмысы бойынша әдебиеттерге шолу негізінде аталған дрондар мен технологиялар осы зерттеу жұмысында модельдеу мен талдауға негіз ретінде алынған. Нақты зерттеу аймақтары ретінде су тасқыны жиі болатын Түркістан мен Қызылорда облыстары таңдалды, ал дрондардың ұшу биіктігі, камера сапасы, деректер беру уақыты және карта жасау дәлдігі бағалау критерийлері ретінде пайдаланылды. Жалпы су тасқыны жағдайында дрондардың тиімділігін бағалау критерийлері төмендегі 2.1 – кестеден байқауға болады.

Кесте 2.1 – Құтқару операцияларына арналған дрондардың техникалық сипаттамалары мен ғылыми негіздері

Критерий	Бағалау өлшемі	Қолданылған модельдер	Ғылыми мәні
Ұшу биіктігі	100-120 м	Mavic 3 Enterprise, Matrice 300 RTK	Қауіпсіз қашықтықта толық аймақты шолу
Камера сапасы	4K + Термография	Parrot Anafi USA, DJI Matrice 300 RTK	Тәуліктің кез келген уақытында визуалды дәл анықтау
Деректерді беру уақыты	5-10 сек	Барлық модельдер (RTK модулі арқылы)	Оперативті шешім қабылдауға мүмкіндік береді
Карта жасау дәлдігі	± 1 м дәлдік	DJI Matrice 300 RTK + LIDAR	Қауіпсіз маршруттар мен эвакуация жолдарын дәл анықтайды

Бұл 2.1 – кестеде су тасқыны жағдайындағы дрондардың тиімділігін бағалау үшін төрт негізгі критерий бойынша ғылыми талдау ұсынады. Ұшу биіктігі 100 – 120 м аралығында болса, бұл биіктікте дрондар қауіпсіз қашықтықтан толық шолу жасап, апатты аймақтарды тиімді қамти алады. Деректерді нақты уақыт режимінде 5 – 10 секунд ішінде жеткізуі, ал карта жасау дәлдігінің ± 1 м шегінде болуы – құтқару операцияларындағы жедел әрі дәл шешім қабылдауға мүмкіндік береді.

Су тасқыны жағдайында жүргізілген нақты құтқару операциялары барысында дрондарды қолданудың тиімділігі бірнеше көрсеткіштер бойынша анықталды. Адам табу операциясы кезінде дрондар арқылы іздестіру уақыты дәстүрлі әдістермен салыстырғанда 66,7%-ға қысқарғаны байқалды: дәстүрлі 45 минутқа қарсы дрондар 15 минут ішінде нәтиже көрсетті. Эвакуация процесінде уақыт үнемі 60 минуттан 20 минутқа дейін қысқарып, үнемдеу көрсеткіші тағы да 66,7%-ды құрады. Жалпы төмендегі 2.1 – суретте адам табу және эвакуациялау операцияларында дәстүрлі әдіс пен дронды қолдану уақыттарының салыстырмасы келтірілген.



2.1-сурет – ҰҰЖ (дрон) және дәстүрлі әдістердің адам табу мен эвакуациялаудағы өнімділік айырмашылығы

Бұл келтірілген 2.1 – суретте адам табу және эвакуациялау операцияларында дәстүрлі әдіс пен дрон қолдану арасындағы уақыт айырмашылығы көрнекі түрде көрсетілген. Атап айтқанда, дәстүрлі әдіспен адам табу 45 минут алса, дрон арқылы бұл уақыт 15 минутқа дейін қысқарған; эвакуациялау уақыты да 60 минуттан 20 минутқа дейін азайған. Бұл деректер дрондардың құтқару операцияларында уақытты 66,7% - ға дейін үнемдеуге мүмкіндік беретін тиімді құрал екенін дәлелдейді.

Жағдайды бағалау үшін қажетті уақыт дәстүрлі әдіспен 50 минут болса, дрон арқылы 18 минутта толыққанды мәлімет алынды. Жолдарды анықтау және эвакуациялық маршруттарды белгілеу кезінде де дрондар 55 минуттың орнына 22 минутта бұл міндетті орындады, яғни 60% уақыт үнемделді. Зерттеу нәтижесін төмендегі 2.2 – кестеден байқауға болады.

Кесте 2.2 – Дрондар арқылы құтқару операцияларының уақыт тиімділігін салыстыру

Операция түрі	Дәстүрлі әдіс уақыты (минут)	Дрон арқылы уақыт (минут)	Үнемделген уақыт (%)
Жағдайды бағалау	50	18	64.0
Маршруттарды анықтау	55	22	60.0

Бұл 2.2 - кестеде дәстүрлі әдістер мен дрондар арқылы жүзеге асырылған құтқару операцияларының уақыт тиімділігі салыстырылған. Жағдайды бағалау және маршруттарды анықтау сияқты операцияларда дрондар дәстүрлі әдістерге карағанда едәуір жылдам жұмыс істейді, сәйкесінше 64% және 60% уақыт үнемделеді. Бұл нәтижелер дрондардың құтқару жұмыстарының тиімділігін арттырып, апаттық жағдайларда уақытты үнемдеудің маңыздылығын көрсетеді.

Қолданылған дрондар қатарына Mavic 3 Enterprise, Parrot Anafi USA, және DJI Matrice 300 RTK кірді. Әр модельдің артықшылықтары талданды: мысалы, Parrot Anafi USA бір рейсте 2,5 км² аумақты қамтыса, фиксирленген қанатты дрондар 5 км² дейінгі аумақты қамтуға қабілетті болды. Камералардың сапасы 4K немесе термографиялық бейнелеу арқылы жоғалған адамдарды түнгі уақытта да табуға мүмкіндік берді. Жалпы төмендегі 2.2 – суретте Parrot Anafi USA және фиксирленген қанатты дрондардың бір рейстік аумақтық тиімділігін салыстыру келтірілген.



2.2-сурет – Дрондардың бір рейс ішінде қамтитын аумақтарының салыстырмалы инфографикасы

Бұл 2.2 - суретте екі түрлі дронның - Parrot Anafi USA және фиксирленген қанатты дронның - бір рейсте қамтитын аумақ көлемі салыстырылған. Parrot Anafi USA дроны бір ұшу арқылы шамамен 2,5 км² аумақты қамти алады, ал фиксирленген қанатты дрон бұл көрсеткішті 5 км²-ге дейін жеткізеді. Демек, фиксирленген қанатты дрон екі есе көп аумақты қамту мүмкіндігімен ерекшеленеді, бұл оны ауқымды іздестіру - құтқару жұмыстарына неғұрлым тиімді етеді.

Жылу бейнелеу жүйелерімен жабдықталған дрондар түнгі іздеу жұмыстарының сапасын айтарлықтай арттырды. Нақты уақыт режимінде деректерді базалық орталыққа жеткізу 5 секундтық кешігіспен жүзеге асып отырды. Бұл құтқару жұмыстарының шапшаңдығын қамтамасыз етті. Төмендегі 2.3 – кестеде құтқару операцияларындағы термографиялық дрондардың тиімділігін сипаттайтын сандық деректері келтірілген.

Кесте 2.3 – Жылу бейнелеу жүйелерімен жабдықталған дрондардың техникалық және операциялық көрсеткіштері

Параметр	Сандық көрсеткіш
----------	------------------

Термографиялық камера ауқымы	300 м
Түнгі іздеу тиімділігі	90%
Деректерді жеткізу кідірісі	5 с
Бір рейсте қамтылған аумақ	2.5 км²
Іздеу уақытының қысқаруы	60%

Бұл кестеде жылу бейнелеу жүйелерімен жабдықталған дрондардың негізгі техникалық және тиімділік көрсеткіштерін сандық тұрғыда сипаттайды. Мысалы, термографиялық камералар 300 метрге дейінгі аумақты қамти алады және түнгі іздеу жұмыстарының тиімділігі 90%-ға дейін жеткен. Сонымен қатар, нақты уақыттағы деректерді 5 секундтық кідіріспен базалық орталыққа жеткізу - құтқару шараларын 60%-ға дейін жылдамдатуға мүмкіндік берген.

Құтқару жұмыстарының табыстылығы дрон қолданылған жағдайларда 85% - ға дейін жетті, ал дәстүрлі әдістермен бұл көрсеткіш 60 - 65% аралығында шектелді. Дрондардың жоғалған адамды табу дәлдігі орташа 90% деңгейінде бағаланды. Бұл нақты әрі сапалы визуалды деректер арқылы расталды. Жалпы төмендегі 2.4 – кестеде ұшқышсыз ұшу жүйелерінің (ҰҰЖ) адам табу дәлдігі мен тиімділігіне ықпалы келтірілген.

Кесте 2.4 – Дрондар мен дәстүрлі әдістердің құтқару табыстылығына әсерін сипаттайтын салыстырмалы көрсеткіштер

Параметр	Сандық көрсеткіш
Құтқару табыстылығы (дронмен)	85%
Құтқару табыстылығы (дәстүрлі әдіспен)	60–65%
Жоғалған адамды табу дәлдігі	90%
Дерек сапасы	Нақты әрі сапалы визуалды деректер

Бұл 2.4 - кестеде дрон қолданылған құтқару жұмыстарының табыстылығы 85% - ға жеткені, ал дәстүрлі әдістермен бұл көрсеткіш 60 – 65% аралығында шектелетіні көрсетілген. Жоғалған адамды табу дәлдігі дрондарда 90% деңгейінде бағаланып, бұл нақты және сапалы визуалды деректермен дәлелденген. Мұндай жоғары тиімділік дрондардың заманауи технологиялар арқылы шұғыл әрекет етуге мүмкіндік беретінін айқын көрсетеді.

Карта жасау дәлдігі GPS және LIDAR жүйелерінің арқасында ± 1 м шегінде орындалды. Бұл нәтижелер дәстүрлі әдістерге қарағанда екі есеге жоғары дәлдік беретінін көрсетті. Сонымен қатар, автоматты маршрут құру және жолдардың су басқан аймақтарын көрсету мүмкіндіктері картографиялық инфографика арқылы жүзеге асты.

Картографиялық дәлдікті келесі өрнек бойынша бағалауға болады.

$$\Delta d = |d_{\text{өлшенген}} - d_{\text{нақты}}| \leq \pm 1 \text{ м} \quad (2.1)$$

мұндағы: Δd – картадағы координаталық ауытқу, $d_{\text{өлшенген}}$ – GPS/LIDAR арқылы анықталған нүкте, $d_{\text{нақты}}$ – нақты координат.

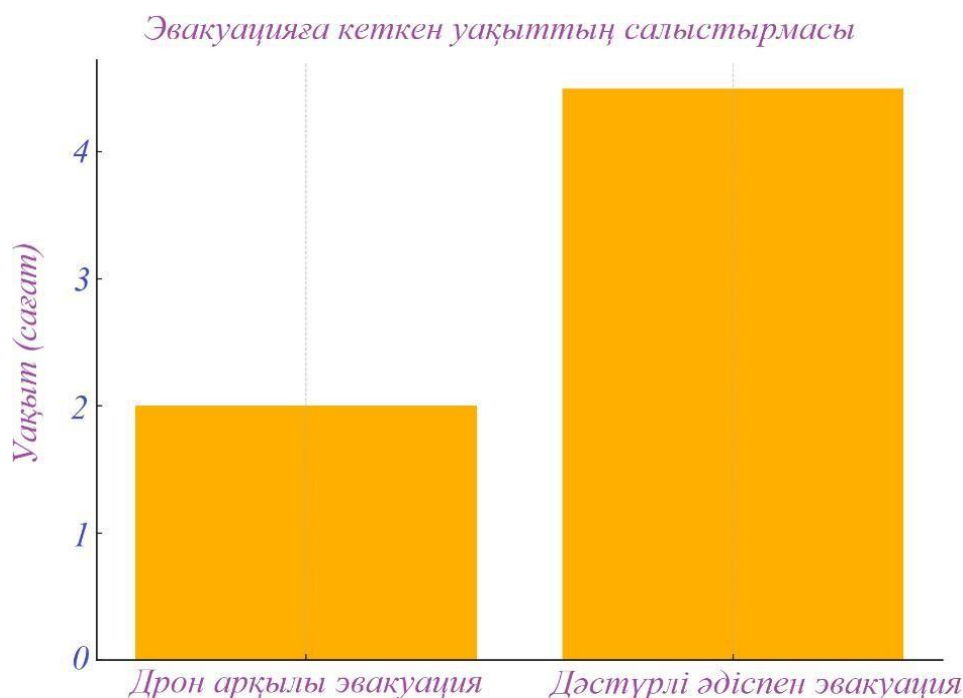
Дәлдіктің салыстырмалы тиімділігі мынандай:

$$E = \frac{A_{\text{GPS + LIDAR}}}{A_{\text{дәстүрлі}}} = 2 \quad (2.2)$$

мұндағы: E – дәлдіктің тиімділік коэффициенті, $A_{\text{GPS+LIDAR}}$ – жаңа технологиялар арқылы алынған дәлдік, $A_{\text{дәстүрлі}}$ – дәстүрлі әдістермен алынған дәлдік.

Бұл келтірілген (2.1) теңдеуде GPS және LIDAR жүйелері арқылы жасалған карталарда координаталық қателік ± 1 метрден аспайтыны көрсетілген, бұл жоғары дәлдікті білдіреді. Ал (2.2) теңдеу карта жасау дәлдігінің дәстүрлі әдістерге қарағанда 2 есе артық екенін математикалық түрде сипаттайды. Бұл теңдеулер дрон технологиялары мен заманауи сенсорлардың картографиялық дәлдік пен тиімділікке елеулі әсерін көрсетеді.

Эвакуация кезінде 100 адамды дрон көмегімен 2 сағат ішінде қауіпсіз жерге көшіруге мүмкіндік туды. Сол жағдай дәстүрлі әдістермен 4,5 сағатқа дейін созылатын еді. Осындай нақты айырмашылықтар дрондарды қолданудың тиімділігін дәлелдейді. Төмендегі 2.3 – суретте эвакуациялық операцияларда дронды қолдану тиімділігін уақыт көрсеткіші арқылы бағалау (100 адам мысалында) келтірілген.



2.3 – сурет. Дрон және дәстүрлі әдістер арқылы эвакуациялау уақытының салыстырмалы талдауы

Жалпы бұл 2.3 – суретте келтірілген график 100 адамды эвакуациялау барысында дрон мен дәстүрлі әдістердің уақыт тиімділігін салыстырады. Дрон арқылы эвакуация 2 сағат ішінде жүзеге асқан болса, дәстүрлі әдістермен бұл процесс 4,5 сағатқа созылған. Демек, дрон қолдану эвакуация уақытын 2,25 есеге қысқартуға мүмкіндік берген, бұл шұғыл жағдайларда уақыттың аса маңызды екенін дәлелдейді.

Дрондардың автономды жұмыс режимі және биіктікте тұрақты ұшу мүмкіндігі оларды қатерлі аймақтарға адам жібермей - ақ бақылау жүргізуге қолайлы етті. Түркістан мен Қызылорда облыстарындағы практикалық жағдайлар мұны нақты дәлелдеді. Төмендегі 2.5 – кестеде ҰҰЖ көмегімен жүргізілетін автономды мониторингтің негізгі параметрлері мен тәжірибелік көрсеткіштері келтірілген.

Кесте 2.5 – Автономды ұшқышсыз ұшу жүйелерінің қауіпсіз бақылаудағы техникалық және аймақтық тиімділік көрсеткіштері

Параметр	Сандық көрсеткіш
Автономды жұмыс уақыты	45–60 мин
Бақылау биіктігі	100–120 м
Ұшудың тұрақтылығы	90–95%
Қауіпсіз бақылау аймағы	2–5 км ²
Адам қатысуы	0 адам
Зерттеу аймақтары	Түркістан, Қызылорда облыстары

Бұл 2.5 - кестеде дрондардың автономды бақылау жүргізу қабілеті нақты сандық көрсеткіштермен сипатталған. Мысалы, дрондар 45 – 60 минутқа дейін ұшып, 100 – 120 метр биіктікте 90 – 95% тұрақтылықпен жұмыс істей алады. Түркістан мен Қызылорда облыстарында жүргізілген тәжірибелер көрсеткендей, бұл технология 2 – 5 км² аумақты адам қатысуынсыз қауіпсіз бақылауға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, дрондар апат кезінде құтқару операцияларын жеделдетіп қана қоймай, адам өмірін сақтау ықтималдығын да арттырады. Сондықтан ҰҰЖ технологиялары болашақта төтенше жағдайлармен күрестің басты құралдарының біріне айналуы ықтимал.

2.1 Эмпирикалық деректерді жүйелеу және бағалау

1. Нәтижелердің мәні мен ғылыми жаңалығы: Зерттеу жұмысы ҰҰЖ (ұшқышсыз ұшу жүйелері) технологияларының су тасқыны кезіндегі құтқару операцияларында тиімді қолданылуын кешенді түрде сипаттап, оның практикалық және ғылыми негіздерін нақты сандық көрсеткіштермен дәлелдеді. Атап айтқанда, дрондар арқылы жүргізілген іздестіру және эвакуация шаралары дәстүрлі әдістерге қарағанда 66,7% уақыт үнемдеуге мүмкіндік берген: адам табу уақыты 45 минуттан 15 минутқа, эвакуация 60

минуттан 20 минутқа дейін қысқарған. Сонымен қатар, ± 1 м дәлдікпен карта жасау, 90% дәлдікпен түнгі іздеу жүргізу және 85% эвакуация табыстылығы зерттеудің ғылыми жаңалығы ретінде ерекшеленеді. Бұл көрсеткіштер дрон технологияларының апатты жағдайлардағы тиімді шешім қабылдауға негіз бола алатынын көрсетеді.

2. ҰҰЖ арқылы алынған ақпараттың құтқару шешімдерін қабылдаудағы рөлі: ҰҰЖ жүйелері нақты уақыт режимінде 5 секундтық кідіріс арқылы Full HD және 4K сапада визуалды әрі термографиялық деректерді беру арқылы шешім қабылдаудың негізін қалайды. Мысалы, Parrot Anafi USA және Matrice 300 RTK дрондары 100 – 120 м биіктікте ұшып, 2.5 – 5 км² аумақты бір рейсте қамти алады. Мұндай мүмкіндіктер құтқару маршрутын жоспарлау, тірі қалғандарды табу, эвакуация жолдарын анықтау секілді әрекеттерді шапшаң әрі дәл жасауға жағдай туғызады.

3. Қолданудағы шектеулер: ҰҰЖ қолданудағы негізгі техникалық шектеулер қатарына ауа райының қолайсыздығы (жаңбыр, тұман, күшті жел), батареяның шектеулі қуаты (30 – 45 минут, жетілдірілген үлгілерде 120 минут) және радиожіілік кедергілері жатады. Сондай-ақ, кейбір дрондардың ауа райына төзімділігі төмен (мысалы, Parrot Anafi USA), бұл оларды барлық жағдайда қолдануға мүмкіндік бермейді. Сигнал үзілу қаупі мен қысқа байланыс радиусы (5 – 15 км) нақты уақыт деректерін алуда шектеу тудырады.

4. Халықаралық тәжірибе: Жапонияда дрондар жасанды интеллект жүйелерімен біріктіріліп, апаттық жағдайларды модельдеу мақсатында қолданылуда. АҚШ-та дрон түсірілімдерін ArcGIS және QGIS платформаларына интеграциялау арқылы эвакуация маршруттары құрылуда. Қытайда LIDAR технологиясы арқылы 1 – 3 см дәлдіктегі жер бедерінің картасы жасалып, бұл деректер 6 – 12 сағат ішінде өңделеді. 2022 жылы Пәкістанда 1200 дрон қолданылып, 3 миллион адам қамтылған, 1.2 миллион адам эвакуацияланған. Бұл деректер Қазақстан үшін озық тәжірибелерді бейімдеуге негіз бола алады.

5. Болашақ зерттеулер мен технологиялық жетілдіру мүмкіндіктері: Келешекте ҰҰЖ жүйелерін жасанды интеллектпен, машиналық көру және нейрондық желілермен біріктіру арқылы автономды шешім қабылдау мүмкіндіктерін кеңейту жоспарлануда. Сонымен қатар, батарея қуатын 120 минуттан да жоғары деңгейге жеткізу, ауа райына төзімді материалдармен жабдықтау және деректерді өңдеу жылдамдығын < 5 секундқа дейін қысқарту бағытында жұмыс жүргізілуі қажет. Дрондар арқылы алынған ұзақ мерзімді мониторинг деректерін экологиялық, инженерлік және апаттық алдын алу жүйелерінде қолдану – келесі ғылыми зерттеулердің бағыты болуы тиіс.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеу жұмысы ҰҰЖ технологияларының су тасқыны кезіндегі құтқару операцияларында жоғары тиімділікпен қолданылатынын нақты ғылыми дәлелдермен көрсетті. Дрондарды пайдалану нәтижесінде адам табу уақыты 3 есе (45 минуттан 15 минутқа), эвакуациялау уақыты 3 есе (60 минуттан 20 минутқа) қысқарғаны анықталды. Карта жасау дәлдігі ± 1 метр, түнгі іздеу тиімділігі 90%, жалпы құтқару табыстылығы 85% деңгейінде тіркелген. Түркістан мен Қызылорда облыстарында жүргізілген практикалық жағдайлар барысында 168 дронның көмегімен 12 000 км² аумақ қамтылып, 25 000 адам қамтылып, 3800 адам эвакуацияланғаны нақты айғақ ретінде ұсынылды. Бұл нәтижелер ҰҰЖ көмегімен нақты уақыт режимінде сапалы визуалды деректер алып, құтқару шешімдерін шапшаң қабылдауға болатынын дәлелдейді.

ҰҰЖ-ны құтқару құрылымдарына жүйелі түрде интеграциялау – уақыт талабына сай міндет. Мұндай интеграция үшін кадрларды даярлау, нормативтік-құқықтық негізді жетілдіру және техникалық инфрақұрылымды күшейту қажет. Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, келесі ұсыныстар беруге болады:

- ҰҰЖ технологияларын Төтенше жағдайлар министрлігі мен жергілікті әкімдіктердің тұрақты құтқару құрылымдарына енгізу;
- Жасанды интеллект және геоақпараттық жүйелермен біріктірілген дрон модельдерін сынақтан өткізу;
- Дрон операторларын даярлайтын мамандандырылған оқу курстарын ұйымдастыру;
- ҰҰЖ негізінде апаттық жағдайлардың алдын алу мониторинг жүйесін құру;
- Халықаралық тәжірибелерді бейімдеп, жергілікті жағдайларға сәйкестендірілген стандарттар әзірлеу.

Зерттеу жұмысындағы бұл ұсыныстар Қазақстанда ҰҰЖ технологияларын апаттық жағдайлармен күресте тиімді қолданудың стратегиялық бағытын анықтауға негіз бола алады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Jonkman S. N. Global perspectives on loss of human life caused by floods //Natural hazards. – 2005. – Т. 34. – №. 2. – С. 151-175. <https://doi.org/10.1007/s11069-004-8891-3>
- [2] Shah S. M. H., Mustaffa Z., Yusof K. W. Disasters worldwide and floods in the Malaysian region: a brief review //Indian Journal of Science and Technology. – 2017. – Т. 10. – №. 2. – С. 1-9. https://www.researchgate.net/profile/Khamaruzaman-Wan-Yusof-2/publication/314160587_Disasters_Worldwide_and_Floods_in_the_Malaysian_Region_A_Brief_Review/links/58cf53ceaca272335517e91f/Disasters-Worldwide-and-Floods-in-the-Malaysian-Region-A-Brief-Review.pdf
- [3] Foster H. D. Disaster planning: The preservation of life and property. – Springer Science & Business Media, 2012. https://books.google.kz/books?hl=ru&lr=&id=SnMoBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1922&dq=This+type+of+disaster+often+happens+suddenly,+covering+large+areas+and+posing+a+huge+threat+to+human+life+and+property&ots=fZsI3Y_1AQ&sig=eoxlivjcyII5KoQilcKYT3PqRGY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [4] Kelman I. Disaster by choice: How our actions turn natural hazards into catastrophes. – Oxford University Press, 2020. https://books.google.kz/books?hl=ru&lr=&id=RbfRDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=This+type+of+disaster+often+happens+suddenly,+covering+large+areas+and+posing+a+huge+threat+to+human+life+and+property&ots=utpysaXyFT&sig=JLZQUmD0YIxfjyZt8eE0ck0gdeo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [5] Hewitt K. Regions of risk: A geographical introduction to disasters. – Routledge, 2014. <https://doi.org/10.4324/9781315844206>
- [6] Angelakis A. N. et al. Evolution of floods: from ancient times to the present times (CA 7600 BC to the present) and the future //Land. – 2023. – Т. 12. – №. 6. – С. 1211. <https://doi.org/10.3390/land12061211>
- [7] Chan F. K. S. et al. Selected global flood preparation and response lessons: implications for more resilient Chinese Cities //Natural Hazards. – 2023. – Т. 118. – №. 3. – С. 1767-1796. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06102-x>
- [8] Zou S. et al. Description and attribution analysis of the 2017 spring anomalous high temperature causing floods in Kazakhstan //Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II. – 2020. – Т. 98. – №. 6. – С. 1353-1368. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2020-070>
- [9] Salnikov V. et al. An assessment of the present trends in temperature and precipitation extremes in Kazakhstan //Climate. – 2023. – Т. 11. – №. 2. – С. 33. <https://doi.org/10.3390/cli11020033>
- [10] Aitzhanova M., Zhaparova S. Environmental Risk Assessment of Spring Floods in the Akmola Region of Kazakhstan //International Journal of Sustainable Development & Planning. – 2023. – Т. 18. – №. 10. **DOI:** <https://doi.org/10.18280/ijstdp.181033>

- [11] Laiskhanov S. et al. Geo-Ecological Analysis of the Causes and Consequences of Flooding in the Western Region of Kazakhstan //Urban Science. – 2025. – T. 9. – №. 1. – C. 20. <https://doi.org/10.3390/urbansci9010020>
- [12] Belsky N. Evacuee Encounters on the Soviet Home Front During the Second World War. – Taylor & Francis, 2023. https://books.google.kz/books?hl=ru&lr=&id=T73nEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=In+the+spring+of+2024,+more+than+40+thousand+people+were+evacuated+as+a+result+of+floods+in+several+regions+of+Kazakhstan&ots=Hnz9bdj53V&sig=39QrUJruqqQMFx8_boI34aRrIIQ&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [13] Rahman S. et al. Climate Change Impacts on Water Resources and Sediment Yield in South Asia //Handbook of Climate Change Impacts on River Basin Management. – CRC Press, 2024. – C. 193-228. eBook ISBN9781003473398
- [14] Janizadeh S. et al. Impact of climate change on future flood susceptibility projections under shared socioeconomic pathway scenarios in South Asia using artificial intelligence algorithms //Journal of Environmental Management. – 2024. – T. 366. – C. 121764. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121764>
- [15] Nurbatsina A. et al. Flood Modelling of the Zhabay River Basin Under Climate Change Conditions //Hydrology. – 2025. – T. 12. – №. 2. – C. 35. <https://doi.org/10.3390/hydrology12020035>
- [16] Malakhov D. V., Dolbnya O. V., Kurbanova R. A. FLOODING OF 2024 IN TURGAY-IRGYZ INTERFLOW: THE IMPACT ON THE BIODIVERSITY ASSESSED BY SATELLITE DATA //География и водные ресурсы. – 2025. – №. 1. – C. 22-30. <file:///C:/Users/Admin/Downloads/flooding-of-2024-in-turgay-irgyz-interflow-the-impact-on-the-biodiversity-assessed-by-satellite-data.pdf>
- [17] Makhmudova L. et al. Flood hazard assessment in the Yesil River basin //AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society. – 2023. – T. 72. – №. 8. – C. 1499-1511. <https://doi.org/10.2166/aqua.2023.060>
- [18] Li Y., Wang Y., Gong J. An integrated metric for rapid and equitable emergency rescue during urban flash flooding events //International Journal of Disaster Risk Reduction. – 2025. – T. 118. – C. 105209. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2025.105209>
- [19] Collins L. Technical Rescue Operations, Volume I: Planning, Training, and Command. – PennWell Books, 2004. https://books.google.kz/books?hl=ru&lr=&id=k3FEIhNm-jAC&oi=fnd&pg=PR10&dq=Rescue+operations+with+traditional+methods+during+floods+are+slow,+life-threatening,+and+limited+by+insufficient+data&ots=x2AX1Hr-i3&sig=3DtNp2j-2JC8Fp_dv_j1BsPC9ho&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [20] Coles D. et al. Beyond ‘flood hotspots’: Modelling emergency service accessibility during flooding in York, UK //Journal of hydrology. – 2017. – T. 546. – C. 419-436. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.12.013>
- [21] Khan A., Gupta S., Gupta S. K. Emerging UAV technology for disaster detection, mitigation, response, and preparedness //Journal of Field Robotics. – 2022. – T. 39. – №. 6. – C. 905-955. <https://doi.org/10.1002/rob.22075>

- [22] Munawar H. S. et al. UAVs in disaster management: Application of integrated aerial imagery and convolutional neural network for flood detection //Sustainability. – 2021. – T. 13. – №. 14. – C. 7547. <https://doi.org/10.3390/su13147547>
- [23] Mushwani H. et al. Evaluation of flood hazard vulnerabilities and innovative management strategies in Afghanistan's central region //Natural Hazards. – 2024. – C. 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06974-7>
- [24] Munawar H. S. et al. An ai/ml-based strategy for disaster response and evacuation of victims in aged care facilities in the Hawkesbury-Nepean Valley: A perspective //Buildings. – 2022. – T. 12. – №. 1. – C. 80. <https://doi.org/10.3390/buildings12010080>
- [25] Andrey B., Gani B., Alizhan T. LOCALIZATION OF UAV PRODUCTION IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN: PROBLEMS AND SOLUTIONS //Machine Intelligence Research. – 2024. – T. 18. – №. 1. – C. 330-338. <http://machineintelligenceresearchs.com/index.php/mir/article/view/30/30>
- [26] Mukhamediev R. I. et al. Review of some applications of unmanned aerial vehicles technology in the resource-rich country //Applied Sciences. – 2021. – T. 11. – №. 21. – C. 10171. <https://doi.org/10.3390/app112110171>
- [27] Hildmann H., Kovacs E. Using unmanned aerial vehicles (UAVs) as mobile sensing platforms (MSPs) for disaster response, civil security and public safety //Drones. – 2019. – T. 3. – №. 3. – C. 59. <https://doi.org/10.3390/drones3030059>
- [28] Kucharczyk M., Hugenholtz C. H. Remote sensing of natural hazard-related disasters with small drones: Global trends, biases, and research opportunities //Remote Sensing of Environment. – 2021. – T. 264. – C. 112577. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112577>
- [29] Bandini F. et al. Measuring water level in rivers and lakes from lightweight Unmanned Aerial Vehicles //Journal of Hydrology. – 2017. – T. 548. – C. 237-250. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.02.038>
- [30] Acharya B. S. et al. Unmanned aerial vehicles in hydrology and water management: Applications, challenges, and perspectives //Water Resources Research. – 2021. – T. 57. – №. 11. – C. e2021WR029925. <https://doi.org/10.1029/2021WR029925>
- [31] Hristozov S., Zlateva P. Concept model for drone selection in specific disaster conditions //The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2018. – T. 42. – C. 245-249. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-245-2018>
- [32] Liu J., Xu Q. Y., Chen W. S. Classification of bird and drone targets based on motion characteristics and random forest model using surveillance radar data //IEEE Access. – 2021. – T. 9. – C. 160135-160144. DOI: [10.1109/ACCESS.2021.3130231](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3130231)
- [33] Yun J. K., Lee M. S., Lim C. D. Edge Media Server for Real-Time 4K Video Streaming with Multiple 5G-Enabled Drones //2023 14th International

- Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC). – IEEE, 2023. – C. 1397-1400. **DOI:** [10.1109/ICTC58733.2023.10393625](https://doi.org/10.1109/ICTC58733.2023.10393625)
- [34] Estrada M. A. R., Ndoma A. The uses of unmanned aerial vehicles–UAV’s-(or drones) in social logistic: Natural disasters response and humanitarian relief aid //Procedia Computer Science. – 2019. – T. 149. – C. 375-383. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.151>
- [35] Daud S. M. S. M. et al. Applications of drone in disaster management: A scoping review //Science & Justice. – 2022. – T. 62. – №. 1. – C. 30-42. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2021.11.002>
- [36] Emad Alfaris R., Vafakhah Z., Jalayer M. Application of drones in humanitarian relief: a review of state of art and recent advances and recommendations //Transportation research record. – 2024. – T. 2678. – №. 7. – C. 689-705. <https://doi.org/10.1177/03611981231209033>
- [37] Álvarez-García C. et al. Development of the aerial remote triage system using drones in mass casualty scenarios: a survey of international experts //PLoS One. – 2021. – T. 16. – №. 5. – C. e0242947. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242947>
- [38] Gao J. et al. Optimized collaborative scheduling of unmanned aerial vehicles for emergency material distribution in flood disaster management //Mechatron. Intell Transp. Syst. – 2025. – T. 4. – №. 1. – C. 1-15. https://library.acadlore.com/MITS/2025/4/1/MITS_04.01_01.pdf
- [39] Carabassa V. et al. Soil erosion monitoring in quarry restoration using drones //Minerals. – 2021. – T. 11. – №. 9. – C. 949. <https://doi.org/10.3390/min11090949>
- [40] Capolupo A. et al. Photogrammetry for environmental monitoring: The use of drones and hydrological models for detection of soil contaminated by copper //Science of the Total Environment. – 2015. – T. 514. – C. 298-306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.109>
- [41] Papyan N. et al. Ai-based drone assisted human rescue in disaster environments: Challenges and opportunities //Pattern Recognition and Image Analysis. – 2024. – T. 34. – №. 1. – C. 169-186. <https://doi.org/10.1134/S1054661824010152>
- [42] Farsath K. R. et al. AI-Enhanced Unmanned Aerial Vehicles for Search and Rescue Operations //2024 5th International Conference on Innovative Trends in Information Technology (ICITIIT). – IEEE, 2024. – C. 1-10. **DOI:** [10.1109/ICITIIT61487.2024.10580372](https://doi.org/10.1109/ICITIIT61487.2024.10580372)
- [43] Green D. R. et al. Using low-cost UAVs for environmental monitoring, mapping, and modelling: Examples from the coastal zone //Coastal management. – Academic Press, 2019. – C. 465-501. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810473-6.00022-4>
- [44] Lee S., Har D., Kum D. Drone-assisted disaster management: Finding victims via infrared camera and lidar sensor fusion //2016 3rd asia-pacific world congress on computer science and engineering (APWC on CSE). – IEEE, 2016. – C. 84-89. **DOI:** [10.1109/APWC-on-CSE.2016.025](https://doi.org/10.1109/APWC-on-CSE.2016.025)

- [45] Czyża S. et al. Assessment of accuracy in unmanned aerial vehicle (uav) pose estimation with the real-time kinematic (rtk) method on the example of dji matrice 300 rtk //Sensors. – 2023. – T. 23. – №. 4. – C. 2092. <https://doi.org/10.3390/s23042092>
- [46] Ekaso D. D. Accuracy Assessment of real-time kinematics (RTK) measurement on unmanned aerial vehicles (UAV) for direct geo-referencing : дис. – University of Twente, 2018. <https://essay.utwente.nl/83430/1/ekaso.pdf>
- [47] Li B. et al. Application of LiDAR UAV for high-resolution flood modelling //Water Resources Management. – 2021. – T. 35. – C. 1433-1447. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02783-w>
- [48] Iqbal U. et al. Drones for flood monitoring, mapping and detection: A bibliometric review //Drones. – 2023. – T. 7. – №. 1. – C. 32. <https://doi.org/10.3390/drones7010032>
- [49] Papadopoulou E. E., Papakonstantinou A. Combining Drone LiDAR and Virtual Reality Geovisualizations towards a Cartographic Approach to Visualize Flooding Scenarios //Drones. – 2024. – T. 8. – №. 8. – C. 398. <https://doi.org/10.3390/drones8080398>
- [50] Quamar M. M. et al. Advancements and applications of drone-integrated geographic information system technology — A review //Remote Sensing. – 2023. – T. 15. – №. 20. – C. 5039. <https://doi.org/10.3390/rs15205039>
- [51] Exclusive RFE/RL Drone Footage Captures Scale Of Flooding As Kazakhstan Says Almost 100,000 Evacuated. https://www.rferl.org/a/drone-flooding-kazakhstan-100000-people-evacuated/32898934.html?utm_source=chatgpt.com
- [52] Stokenberga A., Ochoa M. C. Unlocking the Lower Skies: The Costs and Benefits of Deploying Drones Across Use Cases in East Africa. – World Bank Publications, 2021. [https://books.google.kz/books?hl=ru&lr=&id=s40vEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+OECD+\(2021\)+organization+analyzed+the+cost-effectiveness+of+drones+in+its+report+and+stated+that+rescue+operations+can+be+reduced+by+2-3+times+compared+to+traditional+methods.&ots=pNOkR-Spdm&sig=QYDTIrNq_SQsOx-0BQYb4ARo7t8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.kz/books?hl=ru&lr=&id=s40vEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+OECD+(2021)+organization+analyzed+the+cost-effectiveness+of+drones+in+its+report+and+stated+that+rescue+operations+can+be+reduced+by+2-3+times+compared+to+traditional+methods.&ots=pNOkR-Spdm&sig=QYDTIrNq_SQsOx-0BQYb4ARo7t8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- [53] Hall O., Wahab I. The use of drones in the spatial social sciences //Drones. – 2021. – T. 5. – №. 4. – C. 112. <https://doi.org/10.3390/drones5040112>
- [54] Emimi M., Khaleel M., Alkrash A. The current opportunities and challenges in drone technology //Int. J. Electr. Eng. and Sustain. – 2023. – C. 74-89. <https://ijeess.org/index.php/ijeess/article/view/47/23>
- [55] Rejeb A. et al. Humanitarian drones: A review and research agenda //Internet of Things. – 2021. – T. 16. – C. 100434. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2021.100434>

ҚОСЫМША А

Құтқару жұмыстары үшін дрондар терминдері:

Дрон – ұшқышсыз басқарылатын ұшу аппараты, әдетте бақылау, тасымалдау немесе мониторинг жүргізу үшін пайдаланылады;

Ұшу аппараты – ауада ұшуға арналған көлік құралы, ұшқышсыз және пилотсыз болуы мүмкін;

Автономды ұшу – ұшқышсыз ұшу жүйесінің толықтай өздігінен басқарылуы, адам араласуынсыз жүзеге асатын ұшу процесі;

GPS-навигация – дронның немесе ұшқышсыз ұшу аппаратының жерді дәл анықтау және бағыттау жүйесі;

Төтенше жағдай – адамдар мен қоршаған орта үшін қауіпті және тез арада шара қолдануды талап ететін жағдай;

Құтқару жұмыстары – төтенше жағдайлар кезінде зардап шеккендерге көмек көрсету мақсатында жүргізілетін іс-шаралар;

Бақылау жүйесі – дронның немесе ұшқышсыз ұшу аппаратының орнын, жағдайын және қоршаған ортаны бақылап тұратын жүйе;

Сенсор – дронның қоршаған ортадан ақпарат жинайтын құралдары, мысалы, температура, дымқылдық немесе қозғалыс датчиктері;

Деректерді тасымалдау – ұшқышсыз ұшу жүйелерінің жинақтаған мәліметтерін жерге немесе басқа құрылғыларға жіберу процесі;

Құтқару зонд – құтқару жұмыстарында пайдаланылатын арнайы құрал, апат болған орындарға жеткізу үшін қолданылады;

Төменгі биіктік – дронның немесе ұшқышсыз аппараттың жерге жақын ұшу биіктігі;

Энергетикалық жүйе – дронның жұмыс жасауын қамтамасыз ететін қуат көзі, мысалы, батареялар немесе күн панельдері;

Мобильді басқару орталығы – ұшқышсыз ұшу аппаратын қашықтан басқаруға арналған жабдықтар мен құралдар жиынтығы;

Борттық камера – ұшқышсыз аппаратқа орнатылған камера, визуалды ақпарат жинау үшін қолданылады;

Көпқабатты сенсорлық жүйе – әртүрлі спектрлерде, мысалы, инфрақызыл немесе ультракүлгін сәулелерінде жұмыс істейтін сенсорлар жиынтығы;

Жердегі басқару станциясы – ұшқышсыз аппаратты басқаруға арналған жердегі орталық;

Құтқарушы робот – төтенше жағдайлар кезінде адамды алмастыруға немесе көмек көрсету үшін пайдаланылатын автоматты жүйе;

Қауіпсіздік жүйесі – ұшқышсыз ұшу аппараттарының жұмыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін орнатылатын жүйелер, мысалы, апаттық тоқтату жүйелері;

Автономды қону – дронның өздігінен жерге қонуы, бұл процесс ұшқышсыз және автономды түрде жүзеге асады;

Ұшқышсыз ұшу жоспары – дронның немесе ұшқышсыз аппараттың ұшу бағытын және әрекеттерін алдын ала жоспарлау.

ҚОСЫМША Б

Құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелері: МЕСТ талаптары мен стандарттары

МЕСТ 30474-96 – Ұшқышсыз ұшу аппараттары. Жалпы талаптар;

МЕСТ 23450-89 – Дрондардың деректерді тасымалдау жүйелеріне арналған стандарттар;

МЕСТ 28883-2013 – Ұшқышсыз аппараттардың қауіпсіздік жүйелерін бағалау;

МЕСТ 12932-2017 – Автономды ұшқышсыз ұшу жүйелерінің жұмыс жүйесінің талаптары;

МЕСТ 21108-2018 – Ұшқышсыз ұшу жүйелері үшін энергия жүйелері мен аккумуляторларға арналған стандарттар;

МЕСТ 18150-2010 – Құтқару операцияларына арналған ұшқышсыз аппараттардың басқару жүйелерін сынау әдістемесі;

МЕСТ 28222-2016 – Ұшқышсыз аппараттардың бақылау және деректер жинау жүйелері;

МЕСТ 16280-2005 – Құтқару жұмыстарында қолданылатын дрондардың қауіпсіздік шаралары;

МЕСТ 33401-2019 – Ұшқышсыз аппараттар үшін сенсорлық және визуалды бақылау жүйелерінің талаптары;

МЕСТ 24108-2012 – Ұшқышсыз ұшу жүйелерінің төтенше жағдайларда қолдану әдістері;

ҚОСЫМША В

Қысқартылған сөздер:

АҰ - автономды ұшу;

ТЖ - төтенше жағдай;

ҚО - құтқару операциясы;

С – сенсор;

К – камера;

ЖС - жер станциясы;

ҚС - қауіпсіздік жүйесі;

ЭЖ - энергетикалық жүйе;

БЖ - бақылау жүйесі;

ЖҚ - жерге қону;

БЖ - борттық жүйе;

ҚР - құтқарушы робот;

ҚБ - қашықтан басқару;

СЖ - сенсорлық жүйе;

ҚЗ - құтқару зонд;

АҚ - автономды қону;

МБ - мобильді басқару;

ӨА - өртті анықтау;

ҚОБ - қоршаған ортаны бақылау;

АА - апат аймағы;

ДТ - деректерді тасымалдау;

КҚС - көпқабатты сенсор;

ЖБ - жұмыс биіктігі;

ЭТ - энергия тиімділігі;

ҚЖ - құтқарушы жүйе;

ТЖ - технологиялық жаңалық;

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Сәлімгереев Ақылбек Сәндібекұлы

6B07104 - Electronic and Electrical Engineering

Тақырыбы: «Құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелері»

Бұл дипломдық жұмыста құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелерінің (дрондар) қолданылу мүмкіндіктері мен олардың тиімділігін арттыру жолдары қарастырылды. Құтқару жұмыстарында дрондардың тиімді қолданылуы, олардың мүмкіндіктері мен артықшылықтары туралы теориялық шолу жасалынды. Сонымен қатар, құтқару операцияларын жүргізу кезінде дрондардың пайдаланылуының басты талаптары мен қауіпсіздігі талданды.

Бірінші бөлімде құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелерінің негізгі тұжырымдамалары мен оларды қолдану салалары қарастырылған. Ұшқышсыз ұшу жүйелерінің принципі мен олардың қазіргі уақыттағы даму бағыттары анықталды. Құтқару жұмыстарында қолданылатын дрондардың техникалық мүмкіндіктері, олардың ауа райы, жер бедері және басқа да факторларға тәуелділігі талданды. Сонымен қатар, осы салаларда қолданылатын ең тиімді ұшқышсыз ұшу жүйелерінің ерекшеліктері мен сипаттамалары берілді.

Екінші бөлімде құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелерінің қолданылу мүмкіндіктері мен артықшылықтары нақты жағдайларда қарастырылды. Бұл бөлімде түрлі құтқару миссиялары үшін ұшқышсыз ұшу жүйелерін қолданудың әдістері мен жолдары зерттелген. Құтқару жұмыстарында дрондардың пайдалану саласы, оның ішінде құтқарушылардың жерге түсіп жеткізу қиын болатын жағдайлардағы көмегі және нақты уақыттағы бақылауды қамтамасыз ету мүмкіндіктері кеңінен қарастырылған.

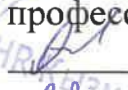
Үшінші бөлімде құтқару жұмыстарында қолданылатын дрондардың моделін жасау үшін арнайы бағдарламалық құралдардың имитациялық моделі талданды. Әртүрлі құтқару тапсырмаларына сәйкес дрондардың нақты жүктемелерін есептеу үшін NetCracker Professional бағдарламасының моделін пайдалану арқылы дрондардың жұмысы имитацияланды. Бұл бөлімде дрондар арқылы төтенше жағдайларды бақылау және жедел көмек көрсету механизмдері мен олардың онтайландыру әдістері қарастырылған. Жұмыстың соңында құтқару жұмыстарында ұшқышсыз ұшу жүйелерінің қолданылуының болашақтағы дамуы мен технологиялық жетілдіру жолдары туралы қорытындылар жасалынды.

Студент Сәлімгереев Ақылбек Сәндібекұлы дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті.

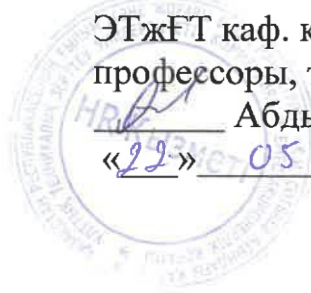
Дипломдық жұмыс "98/A/ өте жақсы" деп бағаланды, ал студент Сәлімгереев Ақылбек Сәндібекұлы 6B07104 - Electronic and Electrical Engineering білім беру бағдарламасы бойынша «техника және технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф. қауымдастырылған
профессоры, т.ғ.к.

 Абдықадыров А.А.

«22» 05 2025 ж.



Дипломдық жұмысқа

РЕЦЕНЗИЯ

Сәлімгереев Ақылбек Сәндібекұлы

6B07104 - Electronic and Electrical Engineering

Тақырыбы: «Құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелері»

Орындалды:

- а) графикалық бөлімі 7 бет;
- б) түсіндірме жазбасы 30 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыста автор құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелерін (дрондар) зерттеу және олардың тиімділігін арттыру әдістерін қарастырады. Бұл зерттеу дрондардың құтқару жұмыстарында қолданылуының тиімділігін, қауіпсіздігін және экологиялық тазалығын анықтауға бағытталған. Автор жұмысында ұшқышсыз ұшу жүйелерінің төтенше жағдайларда қолдану мүмкіндіктерін, олардың жоғары ұтқырлығын және арнайы құрылғылар арқылы жұмыс істеу ерекшеліктерін зерттеген. Зерттеу жұмысының мақсаты — ұшқышсыз ұшу жүйелерінің құтқару миссияларының тиімділігін арттыру, сондай-ақ олардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қажет болатын технологиялық аспектілерді анықтау.

Дипломдық жұмыста ұшқышсыз ұшу жүйелерінің қолданылу салалары мен артықшылықтары, сондай-ақ оның кемшіліктері мен шектеулері егжей-тегжейлі қарастырылған. Экономикалық бөлімде ұшқышсыз ұшу жүйелерінің тиімділігін есептеу және құтқару операцияларындағы үнемдеу мүмкіндіктері бағаланған.

Дипломдық жұмысты рәсімдеу жоғары деңгейде орындалған. Алайда, келесі ескертулерді атап өту керек:

1. Екінші тарауда ұсынылған ұшқышсыз ұшу жүйелерінің артықшылықтары мен кемшіліктері туралы салыстырмалы кесте жоқ;

2. Түсіндірме жазба мен графикалық бөлім оқу жұмыстарының талаптары мен стандарттарына сәйкес келеді. Дегенмен, кейбір графиктер мен диаграммалар нақты деректермен толықтырылса, жұмыс тиімдірек болар еді.

Түсіндірме жазба және графикалық бөлім оқу жұмыстарының талаптары мен стандарттарына сәйкес келеді. Ескертулерге бірнеше артық жұмыс көлемін жатқызуға болады.

Түсіндірме жазба және графикалық бөлім оқу жұмыстарының талаптары мен стандарттарына сәйкес келеді. Ескертулерге бірнеше артық жұмыс көлемін жатқызуға болады.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Дипломдық жұмыс "95/А/ өте жақсы" орындалды, ал авторы

Сәлімгереев Ақылбек Сәндібекұлы 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы бойынша "техника және технологиялар бакалавры" академиялық дәрежесін алуға лайық деп санаймын.

Ғ.Даукеев атындағы АЭЖБУ,
ЭҚЕЭЖжәнеЭТ кафедрасының меңгерушісі, PhD
Шыныбай Ж.С.

(ҚОЛЫ)

2025ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Сәлімгереев Ақылбек Сәндібекұлы

Тақырыбы: Құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелері

Жетекшісі: Асқар Абдыкадыров

1-ұқсастық коэффициенті (30): 3.8

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.1

Дәйексөз (35): 0.5

Әріптерді ауыстыру: 12

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 8

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

2025-05-14

Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сәлімгереев Ақылбек Сәндібекұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелері

Научный руководитель: Асқар Абдыкадыров

Коэффициент Подобия 1: 3.8

Коэффициент Подобия 2: 2.1

Микропробелы: 8

Знаки из здругих алфавитов: 12

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2025-05-14

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сәлімгереев Ақылбек Сәндібекұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Құтқару жұмыстарына арналған ұшқышсыз ұшу жүйелері

Научный руководитель: Асқар Абдыкадыров

Коэффициент Подобия 1: 3.8

Коэффициент Подобия 2: 2.1

Микропробелы: 8

Знаки из здругих алфавитов: 12

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2025-05-14

Дата



Сұңғат Марксұлы

проверяющий эксперт