

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТІРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Билдебаева Назерке Сериковна

«GPS трекерлердің көмегімен адам немесе жануарларды іздеу жүйесін
жобалау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

Е.Таштай

«20» 05 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «GPS трекерлердің көмегімен адам немесе жануарларды іздеу
жүйесін жобалау»

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:



Билдебаев Н.С.

Пікір беруші

М.Тынышбаев атындағы АЛТ
университеті, PhD, «АКТ»
кафедрасының ассистент
профессоры

Мәдібайұлы Ж.
«20» 05 2025 ж.

Ғылыми жетекші

ҚазҰТЗУ, т.ғ.м., Электроника,
телекоммуникация және ғарыштық
технологиялар кафедрасының
аға оқытушысы

Марқсұлы С.
«20» 05 2025 ж.

Алматы 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай

« 31 » 01 2025 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Билдебаева Назерке Сериковна*

Тақырыбы *«GPS трекерлердің көмегімен адам немесе жануарларды іздеу жүйесі жобалау»*

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: 1) Жұмыс жиілігі: 1100 МГц (немесе нақтыланған жиілік диапазоны). 2) Трекердің жұмыс радиусы: 5-10 км. 3) Қуат көзі: Литий-ионды аккумулятор (3.7 В, 2000 мАсағ). 4) Деректерді беру хаттамасы: GSM/3G/4G немесе LoRa. 5) GPS позицияның дәлдігі: ± 5 метр. 6) Қорғаныс деңгейі: IP67 немесе IP68 (шаң мен суға төзімділік).

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) GPS трекерлерді қолдану салаларына талдау жасау; б) Жүйенің техникалық параметрлерін анықтау және жобалау; в) GPS трекерлердің деректерді жинау және өңдеу алгоритмін әзірлеу; г) GPS модульдерінің қуат тұтынуын оңтайландыру д) GSM немесе LoRa технологияларын қолдану арқылы деректерді қашықтан беру.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 1) Brini, S., Hodkinson, A., Davies, A., Hirani, S., Gathercole, R., Howard, R., & Newman, S. P. (2022). In-home dementia caregiving is associated with greater psychological burden and poorer mental health than out-ofhome caregiving: A cross-sectional study. *Aging & Mental Health*, 26(4), 709–715. DOI: 10.1080/13607863.2021.1881758. 2) Firouraghi, N., Kiani, B., Jafari, H. T., Learnihan, V., Salinas-Perez, J., Raeesi, A., Furst, M., Salvador-Carulla, L., & Bagheri, N. (2022). The role of geographic information system and global positioning system in dementia care and research: A scoping review.

International Journal of Health Geographics, 21(1), 8. DOI: 10.1186/s12942-022-00308-1. 3) Изучаем программирование на Python. Бэрри П. ISBN 978-5-699-98595-1 Издательство Эксмо 4) Виктор Петин "Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. 2-е изд." 5) Полещук Николай Николаевич, Самоучитель AutoCAD (2019).

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

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

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	Марксұлы С. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	<i>13.03.2025</i>	<i>[Signature]</i>
Теориялық ақпарат	Марксұлы С. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	<i>29.04.2025</i>	<i>[Signature]</i>
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, PhD	<i>19.05.2025</i>	<i>[Signature]</i>

Ғылыми жетекшісі

[Signature]

Марксұлы С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

[Signature]

Билдебаева Н.С.

Күні «02» ақпан 2025 ж.

АНДАТПА

Қазіргі таңда адамдар мен жануарлардың орналасқан орнын дәл және жылдам анықтау үлкен маңызға ие. Жоғалған адамды немесе үй жануарын іздеу кезінде ақпараттың нақтылығы мен уақыттың тиімділігі шешуші фактор болып табылады. Бұл жоба GPS трекерлердің құрылымы мен жұмыс істеу принциптерін зерттеп, адам мен жануарларды іздеуге арналған тиімді және сенімді іздестіру жүйесін жобалауға бағытталған. Зерттеу барысында GPS трекерлердің техникалық сипаттамалары, деректерді өңдеу жылдамдығы және сенімділігі қарастырылып, жүйенің нақты қолдану салалары анықталды. Жоба нәтижесінде қолжетімді, энергияны үнемдейтін және жоғары дәлдікпен жұмыс істейтін іздеу жүйесін жасау көзделген.

АННОТАЦИЯ

В настоящее время точное и оперативное определение местоположения людей и животных является важной задачей. При поиске пропавшего человека или домашнего животного точность информации и скорость реагирования играют решающую роль. Данный проект направлен на изучение структуры и принципов работы GPS-трекеров с целью разработки эффективной и надежной системы поиска людей и животных. В ходе исследования рассматриваются технические характеристики GPS-трекеров, скорость обработки данных и надежность, а также определяются области практического применения системы. В результате проекта планируется создать доступную, энергосберегающую и высокоточную систему поиска.

ABSTRACT

Accurate and rapid determination of the location of people and animals has become a critical issue today. When searching for a missing person or pet, the precision of information and the speed of response are decisive factors. This project focuses on studying the structure and operating principles of GPS trackers to design an effective and reliable search system for people and animals. The research includes analysis of GPS trackers' technical specifications, data processing speed, and reliability, as well as identifying practical application areas. The project aims to develop an accessible, energy-efficient, and highly accurate search system.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 GPS-трекерлерді қолдану арқылы іздестіру жүйелерін жобалау негіздеріне шолу	8
1.1 Іздеу жүйелерінің даму тарихы және қазіргі технологиялық шешімдер	8
1.2 GPS трекерлердің құрылымы мен жұмыс істеу механизмдері	23
1.3 GPS трекерлердің көмегімен үй жануарларын бақылау және деректерді өңдеу	26
1.4 Іздестіру-құтқару шараларында GPS трекерлерді қолдану	33
2 GPS трекерлерді талдау және салыстыру	40
2.1 Заманауи GPS трекерлердің техникалық сипаттамалары	40
2.2 GPS трекерлердің деректерді жіберу және қабылдау мүмкіндіктері	50
2.3 GPS трекерлердің сенімділігі мен дәлдігін бағалау әдістері	51
2.4 GPS трекерлерді таңдау критерийлері	53
3 Адамдар мен жануарларды іздеу үшін GPS трекерлерін жобалау	56
3.1 GPS трекерлердің жұмыс істеу дәлдігін бағалау	56
3.2 GPS сигналының кедергілерге төзімділігін есептеу	60
3.3 GPS трекерлердің деректерді өңдеу жылдамдығы және олардың байланыс сапасына әсері	62
3.4 Адамдарды және жануарларды іздеу кезінде GPS трекерлердің тиімділігін бағалау	62
3.5 Адам мен жануарларды іздеу үшін ең қолайлы GPS трекерлерді анықтау	63
Қорытынды	66
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	67
Қосымша А	70

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта адамдар мен жануарлардың қай жерде екенін дәл және тез анықтау маңызды мәселеге айналып отыр. Мысалы, жоғалып кеткен адамды немесе үй жануарын іздеу кезінде уақыттың жылдамдығы мен ақпараттың нақтылығы шешуші рөл атқарады. Осы себептен GPS трекерлерді қолданатын іздестіру жүйелері кеңінен таралып, адамдарға көмек көрсетуде. GPS технологиясының дамуы арқасында мұндай құрылғылар күнделікті өмірде, экология мен төтенше жағдайларда үлкен көмекші құралға айналды.

Бұл жобаның басты мақсаты — GPS трекерлердің жұмыс істеу принциптерін түсініп, адам мен жануарларды іздеуге арналған тиімді әрі сенімді іздеу жүйесін жасау.

Бұл тақырыптың өзектілігі – біздің қоғамда жоғалғандарды тез табу қажеттілігі мен экологиялық мәселелердің артуында жатыр. Қазіргі таңда нарықта түрлі GPS құрылғылары болса да, олардың кейбірі қымбат әрі энергияны көп қажет етеді. Сондықтан қолжетімді әрі ұзақ жұмыс істейтін жүйелерді жасау – аса маңызды.

Жобаның негізгі міндеттері мыналар:

- GPS трекерлердің қазіргі заманғы құрылымдары мен жұмыс істеу әдістерін зерттеу;
- Іздеу жүйесінің техникалық талаптарын анықтап, оны жобалау;
- GPS-тен алынған деректерді жинау, өңдеу және қашықтан басқару жолдарын әзірлеу;
- Қуатты үнемдеп, жүйенің сенімділігін арттыру;
- Жасаған жобаны тәжірибеде сынап көру және оның тиімділігін бағалау.

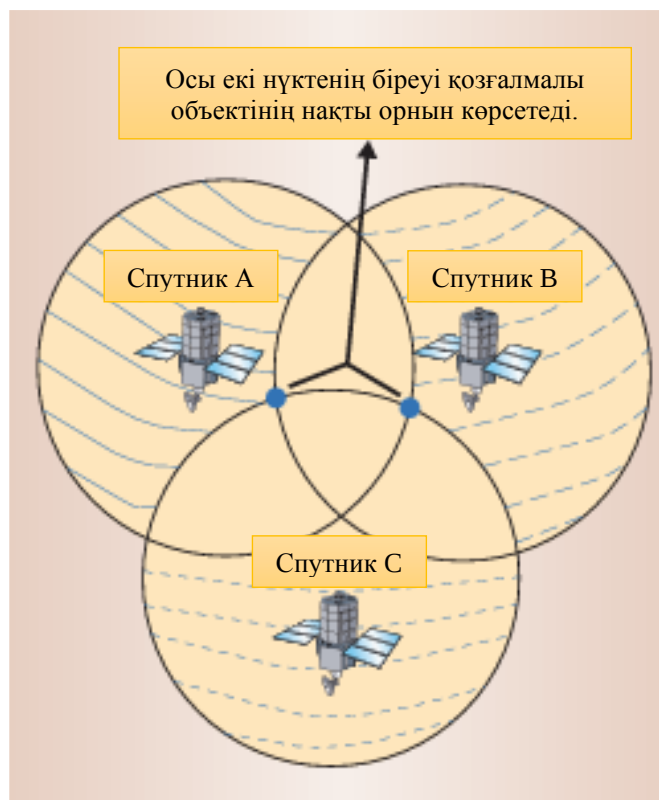
Осы міндеттерді орындау арқылы адамдар мен жануарларды іздеуде көмектесетін сенімді, тиімді және үнемді жүйе жасауға мүмкіндік аламыз.

1 GPS-трекерлерді қолдану арқылы іздестіру жүйелерін жобалау негіздеріне шолу

1.1 Іздеу жүйелерінің даму тарихы және қазіргі технологиялық шешімдер

Адамзат тарихында іздеу және навигация жүйелері әрдайым маңызды рөл атқарған. Әсіресе, екінші дүниежүзілік соғыс кезінде әскери мамандар жаудың орнын анықтау, әскерді басқару және нысандарды дәлдеп табу үшін бұл технологиялардың қаншалықты қажет екенін түсінді. Сол уақыттан бері іздеу жүйелері айтарлықтай дамып, күрделене түсті. Спутниктердің пайда болуымен бұл сала мүлде жаңа деңгейге көтерілді. 1978 жылы АҚШ Қорғаныс министрлігі GPS (Global Positioning System) жүйесін жасап шығарды. Алғашында әскери мақсатта ғана қолданылған бұл жүйе уақыт өте келе қарапайым адамдардың да өміріне енді. Бүгінде GPS бүкіл әлем бойынша қолжетімді болып, автокөліктерге, телефондарға, тіпті тұрмыстық техникаға дейін енгізілуде.

Іздеу жүйелері әртүрлі әдістерге сүйенеді. Ежелгі дәуірде адамдар dead reckoning деп аталатын әдісті қолданған – бұл жерде бағыт пен қашықтықты есептей отырып, объектінің шамамен қай жерде екенін анықтау мүмкін болды. Кейіннен маяқтық жүйелер пайда болды, олар белгіленген маршруттар бойынша қозғалысты бақылауға көмектесті. Уақыт өте келе радиолокациялық жүйелер дамып, сигналдардың берілу жылдамдығы мен бағыты арқылы нақты координаттарды анықтау мүмкіндігі туды. Дәл осы радиолокациялық жүйелер GPS технологиясының негізіне айналды. Бүгінгі таңда GPS жер орбитасында айналып жүрген 24 спутниктің көмегімен жұмыс істейді. Бұл спутниктер әрдайым қозғалыста болғанымен, жердің кез келген нүктесінен кемінде бес спутниктің сигналы көрінетіндей етіп орналастырылған. GPS қабылдағыштары осы спутниктердің сигналдарын қабылдап, трилатерация әдісі арқылы пайдаланушының нақты орнын есептейді. 1.1-суретте GPS трилатерациясы көрсетілген. А және В спутниктері қиялдағы сфералардың орталығында орналасқан, олардың радиусы қабылдағышқа дейінгі қашықтыққа тең, С спутнигіне дейінгі қашықтықты білу қабылдағыштың орнын осы екі сфераның қиылысуынан пайда болатын шеңбердегі екі ықтимал нүктенің біріне дейін нақтылауға мүмкіндік береді.



1.1-сурет – GPS трилатерациясы

Үш спутниктің сигналы объектінің координаталарын екі ықтимал нүктеде көрсетсе, төртінші спутник олардың бірін нақты анықтауға көмектеседі. Осылайша, GPS құрылғылары адамның географиялық орналасуын толыққанды үш өлшемде – ені, бойлығы және биіктігі бойынша көрсетіп береді.

Қазіргі таңда GPS технологиясы тек көлік жүргізушілеріне немесе саяхатшыларға ғана емес, іздеу-құтқару топтарына, төтенше жағдай қызметтеріне, логистика саласына, тіпті жабайы табиғатты зерттеу мен ұялы телефондардағы геолокация қызметіне де кеңінен қолданылады. Бұл жүйені одан әрі жетілдіру үшін дифференциалды GPS (DGPS) және көмекші GPS (AGPS) сияқты жаңа технологиялар енгізілді. DGPS сигналды арнайы түзету арқылы координаталардың дәлдігін бірнеше метрге дейін жақсартса, AGPS спутниктермен байланыс орнатуға көмектесетін мобильді желілерді пайдаланады, бұл әсіресе ғимарат ішінде орналасуды анықтауда өте тиімді.

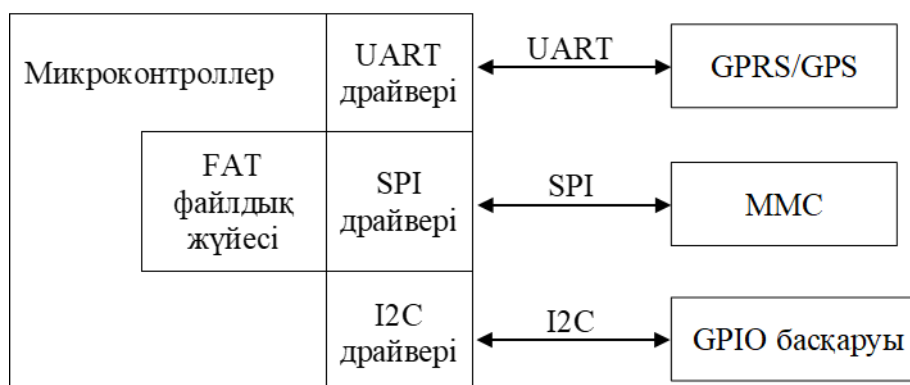
GPS жүйесінің қарқынды дамуы іздеу технологияларын жаңа деңгейге көтерді. Бүгінде іздеу жүйелері тек навигациямен шектелмейді – олар жасанды интеллектпен, үлкен деректерді өңдеумен және ашық ресурстық технологиялармен үйлестірілуде. Бұл олардың мүмкіндіктерін кеңейтіп, күнделікті өмірде, бизнесте және қауіпсіздік саласында қолдануға жол ашады [1].

[2] зерттеуде Goo-Tracking жүйесі – GPS, GPRS және Google Earth технологияларын біріктіретін заманауи шешім. Goo-Tracking жүйесі 1.2-суретте көрсетілген.



1.2-сурет – Goo-Tracking жүйесі

Ол қарапайым аппараттық құралдар мен ашық бағдарламалық жасақтаманы пайдаланады, ал оның басқару интерфейсі Google Map немесе Google Earth платформалары арқылы жүзеге асырылады. Жүйе жоғары тұрақтылықпен ерекшеленеді және нақты уақыт режимінде деректерді сенімді түрде жеткізуге қабілетті екені Bangkok – Chonburi бағыты бойынша жүргізілген сынақтар арқылы дәлелденді. GPS технологиясы алғашында АҚШ әскери жүйесі ретінде жасалғанымен, уақыт өте келе азаматтық мақсаттарда кеңінен қолданыла бастады. 1.3-суретте зерттеу жұмысының GPS бақылау құрылғысының блок-схемасы көрсетілген.

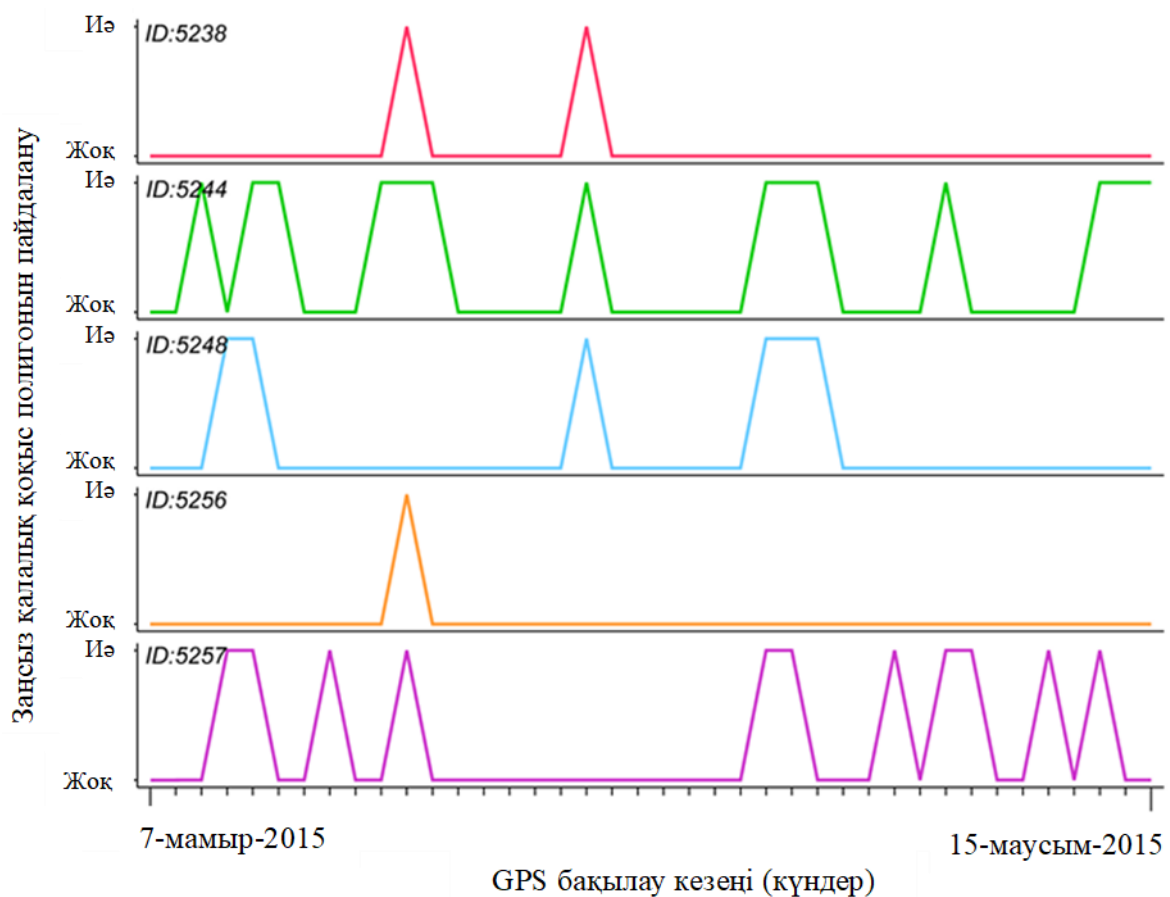


1.3-сурет – GPS бақылау құрылғысының блок-схемасы

Бұл жүйе орбитадағы 24 спутниктен тұрады және пайдаланушының орналасуын анықтау үшін кем дегенде үш спутниктің сигналын қабылдауы қажет. Егер төртінші спутник қосылса, объектінің биіктігін де есептеуге болады. Осындай технологияның көмегімен пайдаланушының қозғалыс жылдамдығы мен бағытын да дәл анықтауға мүмкіндік туады. Бүгінгі таңда GPS жүйесі көлік қозғалысын басқару, навигация, қауіпсіздік жүйелері мен іздеу-құтқару операцияларында маңызды рөл атқарады. GPRS – деректерді пакеттік режимде жіберуге мүмкіндік беретін GSM желісінің кеңейтілген нұсқасы. Бұл технология интернет арқылы тұрақты байланыс орнатуға және үлкен қашықтықтарға деректерді жеткізуге мүмкіндік береді. GPS негізінде жұмыс істейтін трекерлер үшін GPRS деректерді үзіліссіз жіберуге көмектесетін ең тиімді шешімдердің бірі болып табылады. Google Earth және

Google Map – спутниктік карталарды визуализациялау үшін қолданылатын ең танымал платформалар. Google Earth пайдаланушыларға үш өлшемді ғимараттар мен жер бедерін көрсетуге, түрлі нысандарды картада белгілеуге мүмкіндік береді. Ал Google Map – ашық ресурстық веб-сервис ретінде жұмыс істейтін, кез келген құрылғыдан маршруттарды жоспарлауға мүмкіндік беретін ыңғайлы құрал. Бұл технологиялар GPS бақылау жүйелерімен біріктірілген кезде, пайдаланушылар кез келген көлік немесе объектінің нақты уақыттағы орнын картадан көре алады. Goo-Tracking жүйесі ашық кодты бағдарламалық жасақтама мен кеңінен қолжетімді жабдықтарды қолдана отырып жасалған. Оның құрылымы үш негізгі компоненттен тұрады: GPS бақылау құрылғысы, сервер және деректер базасы. GPS құрылғысы көліктің нақты орналасқан жерін анықтап, GPRS желісі арқылы серверге жібереді. Сервер алынған мәліметтерді өңдеп, деректер базасына сақтайды, кейін бұл ақпарат Google Earth немесе Google Map арқылы визуализацияланады. Жүйенің жұмыс істеу принципі өте қарапайым: GPS трекер тұрақты түрде орналасу туралы ақпаратты жинап, оны GPRS арқылы серверге жібереді. Сервер бұл мәліметтерді өңдеп, пайдаланушыға ыңғайлы түрде картаға шығарады. Сонымен қатар, Goo-Tracking құрылғысы байланыс жоғалған жағдайда мәліметтерді уақытша сақтау мүмкіндігіне ие, бұл ақпарат кейін қайта қалпына келтіріледі. Goo-Tracking жүйесі автопарктер мен логистикалық компаниялар үшін тиімді құрал бола алады. Бұл жүйе маршруттарды оңтайландырып, жанармай шығынын азайтуға көмектеседі. Сондай-ақ, оны ұрланған көліктерді табу, жол-көлік оқиғалары кезінде жедел көмек көрсету, интеллектуалды көлік жүйелерін дамыту сияқты мақсаттарда да қолдануға болады. Бұл зерттеу Goo-Tracking жүйесінің тиімділігі мен мүмкіндіктерін ғана емес, оны болашақта қалай жетілдіруге болатынын да көрсетеді. Мысалы, жүйеге көлік ішіндегі қосымша сенсорларды енгізу арқылы қозғалыс жағдайына байланысты қосымша мәліметтер жинауға болады. Мұндай ақпараттарды интеллектуалды талдау жүйелерімен біріктіру көлік логистикасын жаңа деңгейге көтеріп, басқару мүмкіндіктерін одан әрі жетілдіруге жол ашады.

Қалдықтарды заңсыз төгу – бұл экология мен адам денсаулығына үлкен қауіп төндіретін өзекті мәселе. Күн сайын тонна-тонна қоқыс дұрыс өңделмей, экожүйеге кері әсерін тигізіп жатыр. Әсіресе, қалдықтарды рұқсатсыз төгу ұйымдасқан қылмыстық топтар үшін үлкен табыс көзіне айналған, ал оны анықтау мен алдын алу қиынның қиыны. Бірақ технологияның дамуы бұл мәселеге жаңа шешім ұсынып отыр – GPS бақылау арқылы құстардың қозғалысын зерттеу. Ғалымдар Испанияның оңтүстігінде сарыаяқ шағалаларға арнайы GPS трекерлер орнатып, олардың ұшу бағытын бақылау арқылы заңсыз қоқыс төгу орындарын анықтады. GPS тіркеушілерімен жабдықталған 5 сарыаяқ шағаланың заңсыз қоқыс полигонындағы белсенділігін 1.4-суреттен байқауға болады. Бұл деректер 2015 жылдың 7 мамыры мен 15 маусымы аралығында Испанияның оңтүстік-батысындағы Иберия түбегінде орналасқан Марисмас-де-Одиель биосфералық қорығында жиналынған.



1.4-сурет – GPS тіркеушілерімен жабдықталған 5 сарыаяқ шағаланың заңсыз қоқыс полигонындағы белсенділігі

Бұл тәсіл құстардың қайда және қаншалықты жиі баратынын нақты көруге мүмкіндік берді. Бақылауға алынған 19 құстың бесеуі ресми түрде жабылған қоқыс полигонына бірнеше рет барып, ол жердің әлі де заңсыз жұмыс істеп тұрғанын көрсетті. Ең бастысы – GPS арқылы алынған деректер интернет арқылы бірден қолжетімді болып, экологиялық бақылау органдарына жедел әрекет етуге мүмкіндік берді. Заңсыз қоқыс төгуді анықтауда қолданылатын кейбір әдістердің артықшылықтары мен шектеулерінің мысалдары 1.1 кестеде көрсетілген.

Кесте 1.1 – Заңсыз қоқыс төгуді анықтауда қолданылатын кейбір әдістердің артықшылықтары мен шектеулері

Әдіс	Артықшылықтары	Шектеулері
Қашықтан дерек жүктеу мүмкіндігі бар GPS-тіркеушілер (GPS-loggers with remote data-download capability)	Шығынды үнемдеу; Нақты уақыттағы ақпарат; 24 сағаттық деректер; Кең қадағалау аймағы; Қозғалыста заңды шектеулер жоқ; Адам факторы әсер етпейді	Еркін өмір сүретін құстарды ұстау қажет; Заңсыз қоқыс орындары GPS бақылайтын түрлердің қоректену аймағында болуы керек; Тек органикалық қалдықтар болған жағдайда тиімді

Әдіс	Артықшылықтары	Шектеулері
Қашықтан дерек жүктеу мүмкіндігі жоқ GPS-тіркеушілер (GPS-loggers without remote download capability)	Шығынды үнемдеу; 24 сағаттық деректер; Кең қадағалау аймағы; Қозғалыста шектеулер жоқ; Адам факторы әсер етпейді	Еркін өмір сүретін құстарды қайта-қайта ұстау қажет; Кеңістіктік ақпаратта бірнеше күнге дейін кідіріс болуы мүмкін; Заңсыз қоқыс орындары GPS бақылайтын түрлердің қоректену аймағында болуы керек; Тек органикалық қалдықтар болған жағдайда тиімді
Биліктен тыс әуе жүйелері / Дрондар (Unmanned Aerial Systems / Drones)	Нақты уақыттағы ақпарат; Көрнекі деректер; Заңсыз қоқыс орындарының барлық түрін анықтауға пайдалы	Өте қымбат; Жеке меншік жерлерге немесе мемлекеттік шекаралардан өтуге заңды шектеулер бар; Қадағалау аймағы шағын; Батареяның қысқа қызмет ету уақыты
Жергілікті бақылау (Land-based monitoring)	Нақты уақыттағы ақпарат; Көрнекі деректер; Заңсыз қоқыс орындарының барлық түрін анықтауға пайдалы	Жеке меншік жерлерге немесе мемлекеттік шекаралардан өтуге заңды шектеулер бар; Қадағалау аймағы шағын; Кең аумақтарды қамту қиын
Аэрофотосуреттер (Aerial photographs)	Көрнекі ақпарат; Кең аумақтарды қамтиды; Заңсыз қоқыс орындарының барлық түрін анықтауға пайдалы	Нақты уақыттағы ақпаратты бермейді; Орташа қымбат; Кең аумақтарды қамтуға көп уақыт қажет

Қалдықтарды заңсыз төгу тек Испанияда ғана емес, бүкіл Еуропада үлкен проблемаға айналған. Қоқысты заңды түрде өңдеу тым қымбат болғандықтан, көптеген елдерде бұл әрекеттер көлеңкелі бизнеске айналып отыр. Италияда мафиялық құрылымдар қоқыс өңдеу саласына бақылау жасап, қалдықтарды заңсыз полигондарға төгіп, экология мен адамдардың денсаулығына орасан зиян келтіруде. Осындай оқиғалар Греция, Франция, Румыния, Болгария және Ұлыбританияда да кездеседі. Және бұл жай ғана экономикалық алаяқтық емес – заңсыз қоқыс полигондары қауіпті бактериялар, улы заттар мен бөтен түрлердің таралуына ықпал етеді. Осыған байланысты көптеген елдер заңсыз қалдық төгуді анықтауға және оны тоқтатуға күш салып жатыр, бірақ мұндай әрекеттер құпия түрде жүретіндіктен, оларды анықтау оңай емес. Дәл осы жерде құстарды GPS арқылы бақылау әдісі тиімді құрал ретінде қарастырылады.

GPS бақылаудың ең үлкен артықшылығы – бұл кең аумақтарды аз шығынмен қамту мүмкіндігі. Құстар адамдар салған шекаралар мен заңдарды білмейді, олар тамақ іздеп ұшады және табиғи түрде заңсыз қоқыс орындарына барады. Осылайша, олар экологиялық құқық қорғау органдары үшін маңызды ақпарат көзіне айналады. Ең бастысы, GPS трекерлер нақты уақыт режимінде

деректер жіберіп, қай жерде заңсыз қоқыс бар екенін бірден анықтауға мүмкіндік береді. Бірақ бұл әдіс тек органикалық қоқысты анықтауға жарайды, өйткені шағалалар көбінесе тағам қалдықтарымен қоректенеді. Дегенмен, бұл технологияны басқа құстар мен жануарларды қосу арқылы кеңейтуге болады. Мысалы, Испанияда сарыаяқ шағалалармен бірге ақ дегелек пен қара лашын да қоқыс орындарында жиі кездеседі, сондықтан оларды да GPS бақылауға қосу тиімді болар еді.

Бұл әдісті болашақта одан әрі жетілдіруге болады. Егер құстарға орнатылған GPS құрылғыларына шағын камералар қосылса, олар қайда барғанын ғана емес, нақты қандай қоқыстармен қоректеніп жатқанын көруге болады. Осылайша, заңсыз қоқыс полигондарында не болып жатқанын дәлелдейтін нақты визуалды деректер алуға мүмкіндік туады. Сондай-ақ, бұл әдісті тек тұрмыстық қалдықтарды емес, өндірістік немесе қауіпті химиялық қалдықтарды анықтау үшін де қолдануға болады.

Осылайша, құстарды GPS технологиясы арқылы бақылау – экологиялық қылмыспен күресудің инновациялық және тиімді жолы. Бұл әдіс тек заңсыз қоқыс орындарын анықтауға ғана емес, сонымен бірге қоғам назарын экологиялық мәселелерге аударуға көмектеседі. Егер мұндай бақылау жүйесі кеңінен қолданылса, заңсыз қоқыс төгуді азайтуға, қоршаған ортаны қорғауға және болашақ ұрпақ үшін таза экожүйені сақтауға мүмкіндік болар еді [3].

Қазіргі заманның қартаюы жаңа мүмкіндіктермен қатар, жаңа сұрақтарды да тудырады. Көпшілік қарт адамдардың күнделікті өмірі тек өз ауданының шеңберінде өтеді деп ойлайды, бірақ зерттеулер мүлдем басқа жағдайды көрсетеді. Нью-Йорктің әртүрлі төрт ауданында тұратын 60 егде жастағы адамға смартфондар беріліп, олардың қозғалысы бір апта бойы GPS арқылы бақыланды. Әр бес минут сайын олардың орналасқан жері тіркеліп, қайда барғаны, қанша уақытын қай жерде өткізгені және қандай әлеуметтік ортада болғаны туралы нақты деректер жиналды. Бұл әдіс қарт адамдардың күнделікті өмірі туралы жаңа түсінік берді. Зерттеу көрсеткендей, олардың уақытының шамамен 40%-ы өз үйлерінің маңынан тысқары жерлерде өтеді екен. Олар орта есеппен 28 түрлі ауданға барып, дүкен аралау, жаттығу жасау, достарымен кездесу және әлеуметтік іс-шараларға қатысу сияқты белсенділіктермен айналысқан.

Бұрынғы зерттеулер қарт адамдар көбіне өз аудандарында ғана өмір сүреді деп болжағанымен, бұл зерттеу олардың қозғалыс кеңістігінің әлдеқайда кең екенін дәлелдеді. Кейбір адамдар шын мәнінде өз үйлеріне жақын маңда көбірек уақыт өткізсе, ал басқалары қала ішінде еркін қозғалып, әртүрлі аудандарға барады. Бұл олардың жай ғана бір ауданда өмір сүріп қоймай, кеңірек әлеуметтік ортаның бір бөлігі екенін көрсетеді. Қарт адамдар үшін олардың тұрғылықты жері ғана емес, күнделікті араласатын орта мен адамдар да үлкен рөл атқарады. Сондықтан олардың өмір сүру сапасын бағалау үшін тек үйінің орналасқан жеріне қарап қорытынды жасау жеткіліксіз.

GPS деректері сонымен қатар әлеуметтік-экономикалық жағдайдың да үлкен маңызға ие екенін көрсетті. Жоғары білімді және көлігі бар адамдар өз

аудандарынан тыс жерлерге жиі шығып, түрлі қоғамдық іс-шараларға белсене қатысады. Ал табысы төмен қарттардың қозғалыс кеңістігі шектеулі болып, көбінесе өз ауданында қалып қояды. Ең қызығы, латиноамерикалық қатысушылар өзге этникалық топтарға қарағанда қала ішінде көбірек қозғалып, өз аудандарынан жиі шығады екен. Бұл олардың әлеуметтік байланыстарының ауқымды екенін және олар үшін қоғаммен араласу маңызды екенін көрсетеді.

Зерттеуде қолданылған тағы бір ерекше әдіс – экологиялық моменталды бағалау (ЕМА). Қатысушыларға күні бойы бірнеше рет қысқа сауалнамалар жіберіліп, олардың сол сәттегі белсенділіктері мен көңіл-күйі туралы ақпарат жиналды. Нәтижелер көрсеткендей, үйде көбінесе демалу, тамақтану және тұрмыстық жұмыстар орындалса, жаттығу, сауда жасау, әлеуметтік іс-шараларға қатысу секілді белсенділіктер көбіне тұрғын ауданынан тысқары жерлерде жүзеге асады. Бұл физикалық және әлеуметтік белсенділіктің қарт адамдардың психологиялық және физикалық денсаулығына қаншалықты маңызды екенін тағы бір рет дәлелдеді.

Осы зерттеудің нәтижелері қарт адамдардың өмірін түсінуге деген жаңа көзқарасты қалыптастырады. Тек олардың тұратын жерін ғана емес, олардың күнделікті өмірінде қандай орындарға баратынын, қандай адамдармен араласатынын және қандай әлеуметтік байланыстар құратынын да ескеру қажет. Бұл ақпарат қаланы жоспарлау, қоғамдық көлік жүйесін жетілдіру және қарт адамдардың өмір сапасын арттыру бойынша жаңа бастамаларға негіз бола алады. Егер біз олардың қозғалысын ескеріп, күнделікті өмірінде кездесетін кедергілерді азайтуға көмектесетін шешімдер қабылдасақ, бұл олардың әлеуметтік белсенділігін сақтауға және жалпы өмір сапасын жақсартуға үлкен ықпал етеді. Қартайған шақты белсенді әрі мағыналы ету үшін олардың өмірін толыққанды түсінуіміз қажет, ал бұл зерттеу бізге осы жолда маңызды деректер ұсынып отыр [4].

[5] зерттеу жұмысы бойынша GPS қадағалау жүйесінің ең үлкен артықшылықтарының бірі – нақты уақыт режимінде жұмыс істеуі. Яғни, көлік немесе басқа да нысан қозғалған сайын, оның орналасқан жері автоматты түрде серверге жіберіледі, ал пайдаланушылар бұл ақпаратты Google Maps немесе Google Earth арқылы көре алады. Бұл әсіресе логистика саласында өте пайдалы. Көліктердің қозғалысын бақылау арқылы компаниялар маршруттарды тиімді жоспарлап, уақыт пен жанармайды үнемдей алады. Бұл жүйе жүк тасымалдау компанияларына көліктердің қашан, қай жерде болғанын бақылауға, қажет болған жағдайда бағытты өзгертуге немесе жедел шаралар қабылдауға мүмкіндік береді. Мұндай технология бизнес шығындарын азайтып қана қоймай, тасымалдау қызметінің сапасын да жақсартады.

GPS бақылау тек логистика мен бизнес үшін ғана емес, сонымен қатар қауіпсіздік үшін де маңызды рөл атқарады. Мысалы, ата-аналар бұл технологияны өз балаларының көлік жүргізуін бақылау үшін пайдалана алады, ал компаниялар қызметтік көліктердің тиімді пайдаланылуын тексере алады. Ұрлықтың алдын алу үшін де GPS-ті қолдануға болады – арнайы қадағалау

құрылғылары көлікке орнатылғанда, оны жоғалтқан жағдайда тез тауып алуға көмектеседі. Сонымен қатар, бұл технология төтенше жағдайларда, мысалы, жоғалған адамды немесе малды іздестіру кезінде де таптырмас құрал бола алады. Көлік жүргізушілері де бұл технологияны өздеріне ыңғайлы ету үшін пайдалана алады – мысалы, баратын жеріне дейінгі ең тиімді маршрутты таңдау немесе жолдағы кептелістерден аулақ болу үшін.

Болашақта GPS технологиясының мүмкіндіктері одан әрі кеңейе түсетіні анық. Егер бұл жүйені қосымша сенсорлармен біріктірсе, көлік тек қозғалысын ғана емес, сонымен қатар техникалық жағдайын да бақылай алады. Мысалы, қозғалтқыштың температурасы, жанармай деңгейі немесе дөңгелек қысымы туралы ақпарат серверге жіберіліп, жүргізушіге немесе автопарк диспетчеріне дер кезінде ескерту жасалады. Бұл көлік құралдарының жұмысын ұзақ мерзімді перспективада тиімдірек басқаруға көмектеседі.

Жеке өмірдің құпиялылығы қаншалықты қорғалған? Бақылау кімнің рұқсатымен жүргізіледі? Алынған мәліметтерді кім пайдалана алады?

GPS бақылау жүйелерін үш негізгі бағытқа бөлуге болады: бақылау, ыңғайлылық және қамқорлық. Бақылау көбінесе құқық қорғау органдарына қатысты. Полиция кей жағдайларда күдіктілердің қозғалысын GPS арқылы бақылап, олардың қайда жүргенін анықтай алады. Кейбір елдерде бұл үшін сот санкциясы қажет болса, кейбірінде мұндай талап қойылмайды. Пробациядағы адамдарға GPS білезіктерін тағу арқылы олардың белгіленген аумақтан шықпауы немесе заң бұзбауы қадағаланады. Бірақ бұл әдістің тиімділігі мен этикалық жағы әлі де талқыланып келеді. 1.2 кестеде этикалық негіздегі тұжырымдамалық тәсіл көрсетілген.

Кесте 1.2 – Этикалық негіздегі тұжырымдамалық тәсіл

Адам мақсаты			
Принциптер	Қатысушылар	Жүйелер	Мораль
	Адамдардың мәселелері	Күтілетін сипаттамалар	
	Мәдени құндылықтар	Діни сенімдер	
	Өзара әрекеттесу	Принциптерді сақтау	
	Ережелер мен нормалар	Әділеттілік	
	Құрылымдар	Жеке пайда	
	Басқарушы орган	Жеке зияндар	
Әділет			

Жұмыс берушілер де GPS бақылауды кеңінен пайдаланады. Жүк көлігінің жүргізушілері, курьерлер мен такси жүргізушілері жұмыс барысында қадағаланады, бұл компанияларға логистиканы оңтайландыруға және шығындарды азайтуға көмектеседі. Алайда, кейбір қызметкерлер бұл бақылауды жеке өмірлеріне қол сұғу деп қабылдайды. Өйткені жұмыс уақытынан тыс кезде де GPS арқылы олардың қозғалысы қадағалануы мүмкін. Бұл қызметкерлер мен жұмыс берушілер арасындағы сенімге кері әсер етуі мүмкін.

GPS технологиясы қауіпсіздік саласында да кеңінен қолданылады. Егде жастағы адамдар, әсіресе Альцгеймер немесе деменция диагнозы бар науқастар кейде өз бетімен белгісіз бағытқа кетіп, жол тауып қайтуда қиындықтарға тап болуы мүмкін. GPS бақылау құрылғылары олардың орналасқан жерін жақындарына хабарлап, оларды жылдам тауып алуға мүмкіндік береді. Бұл шешім олардың қауіпсіздігін қамтамасыз етумен қатар, жеке өміріне қол сұғу ма деген сұрақты да туындатады. Сол сияқты, кейбір ата-аналар балаларын бақылау үшін GPS құрылғыларын қолданады. Бұл балалардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін маңызды болғанымен, олардың жеке кеңістігіне қаншалықты қол сұғу дұрыс деген мәселе әрдайым талқылануда.

GPS бақылау жүйесінің кеңінен қолданылуы түрлі этикалық және заңнамалық сұрақтарды да көтеріп отыр.

- Адамдар өздерінің орналасқан жері туралы ақпаратты кімдермен бөлісуге міндетті?

- Жұмыс берушілер қызметкерлерін қай деңгейде бақылауға құқылы? Мемлекеттік органдар қандай жағдайда адамның қозғалысын қадағалай алады?

- GPS арқылы алынған деректер кімге тиесілі – жеке тұлғаға ма, қызмет көрсетуші компанияға ма, әлде мемлекеттік органдарға ма? Сондай-ақ, бұл мәліметтердің дұрыстығы және оларды заңсыз өзгерту мүмкіндігі де үлкен мәселе болып отыр.

- Егер біреу GPS деректерін бұрмалап, адамды қылмысқа қатысы бар деп көрсетсе, мұндай ақпаратты заңды айғақ ретінде қолдануға бола ма?

Болашақта GPS бақылау жүйелері жасанды интеллект және деректерді талдау технологияларымен біріктіріліп, одан әрі жетілдірілуі мүмкін. Бірақ оның адам құқықтары мен жеке өмірге әсерін реттеу үшін нақты заңдар мен ережелер қажет. GPS жүйесі қауіпсіздікті арттыру мен тиімді басқару үшін пайдалы құрал болғанымен, оны қолдану кезінде адамның жеке өмірін сақтау мен азаматтық құқықтарын бұзбау басты назарда болуы тиіс [6].

Смартфондардың GPS технологиясы адамдардың қозғалысын бақылау мен талдаудың қолжетімді әрі тиімді тәсіліне айналып келеді. Бұл әдіс, әсіресе, қалалық саябақтар мен табиғи аймақтардағы қозғалысты зерттеуге таптырмас құрал болып отыр. Қазіргі таңда қаладағы жасыл аймақтарды дұрыс жоспарлау мен оларды сақтау үшін адамдардың қай бағытпен жүретінін, қандай маршруттарды жиі пайдаланатынын білу өте маңызды. GPS бақылаудың көмегімен осы деректерді жинау оңай әрі үнемді, өйткені ол арнайы құрал-жабдықтарды қажет етпейді – адамдар өздерінің смартфондарына орнатылған спорттық қосымшаларды пайдалана отырып, қозғалыс маршруттарын өз еркімен жаза алады.

Зерттеу барысында Финляндияның Хельсинки қаласындағы Keskuspuisto саябағында адамдардың қозғалысын қадағалау жүргізілді. Қатысушылар өз смартфондарындағы арнайы бағдарламалар арқылы жүрген жолдарын тіркеп отырды, ал зерттеушілер сол деректерді талдап, демалушылардың қандай бағыттарды қалайтынын анықтады. Нәтижесінде

жүгірушілер көбінесе белгіленген жолдармен жүретіні, ал тау велосипедімен жүретіндер көбіне негізгі жолдардан шығып, өздеріне ыңғайлы бағыттарды таңдауы мүмкін екені анықталды. Бұл зерттеу саябақтағы инфрақұрылымды дамыту мен табиғи жолдарды сақтауда пайдалы мәліметтер берді.

Алынған деректерді тереңірек талдау үшін арнайы геоақпараттық жүйелер (ArcGIS) қолданылды. Бұл әдіс арқылы қозғалыстың қай аймақтарда көбірек шоғырланғанын және қай жерлерде жол жамылғысының өзгергенін анықтауға мүмкіндік туды. Далалық зерттеулер кезінде оф-трэйл қозғалыстың ең көп байқалған жерлерінде өсімдіктердің тозғаны және жолдардың кеңейгені анықталды. Бұл ақпарат саябақты басқару мен оны сақтау шараларын жақсартуға көмектеседі. Смартфон арқылы GPS бақылауды кеңінен енгізу адамдарға табиғатпен үйлесімді өмір сүруге көмектесетін және жасыл аймақтарды сақтау үшін маңызды шешімдер қабылдауға ықпал ететін заманауи құралға айналуы мүмкін [7].

[8] зерттеу жұмысында Fastloc-GPS технологиясы жануарларды бақылау саласында үлкен жаңалық болды, әсіресе, су жануарларын зерттеуде бұл әдіс бұрынғы тәсілдерден әлдеқайда тиімдірек екенін көрсетті. Бұл жүйенің басты артықшылығы – теңіз тасбақалары, теңіз сүтқоректілері және пингвиндер сияқты су жануарлары судың бетіне қысқа уақытқа ғана шыққанда, олардың орналасқан жерін тез әрі дәл анықтай алуы. Дәстүрлі GPS құрылғылары мұндай жағдайда жұмыс істей алмайды, себебі олар орналасқан жерді есептеу үшін бірнеше секунд қажет етеді. Ал Fastloc-GPS тек бірнеше миллисекунд ішінде спутниктерден сигнал қабылдап, кейіннен алынған мәліметтерді өңдеу арқылы жануардың нақты орнын анықтайды.

Бұл зерттеу Fastloc-GPS құрылғыларының дәлдігін бағалауға бағытталған және 45 000-нан астам орналасу нүктелері алынған сынақтар негізінде жүргізілді. Алынған нәтижелер спутниктер санының көп болуы өлшеу дәлдігіне тікелей әсер ететінін көрсетті. Егер координаталар тек төрт спутниктің көмегімен есептелсе, 50% жағдайда жануардың нақты орналасқан жерінен 36 метрге дейін, ал 95% жағдайда 724 метрге дейін қателік болуы мүмкін. Ал егер алты немесе одан да көп спутник қолданылса, дәлдік 18 метрге дейін жақсарып, қателік 70 метрден аспайды. Бұл айырмашылық жануарлардың қозғалысын зерттеу кезінде жылдамдық пен бағытты есептеу үшін маңызды рөл атқарады. 1.3 кестеде 257 Fastloc-GPS белгісі мен 45 157 орналасу нүктесін қамтитын тәжірибелік сынақтағы дәлдік статистикасы көрсетілген.

Кесте 1.3 – 257 Fastloc-GPS белгісі мен 45 157 орналасу нүктесін қамтитын тәжірибелік сынақтағы дәлдік статистика

Спутниктер саны	4	5	6	7	8	9	10	11
Сүзілмеген деректердегі орналасу нүктелерінің саны	9898	9835	8882	7704	6096	2295	371	76
Сүзгіден өткен деректердегі орналасу нүктелерінің саны	9718	9819	8869	7692	6080	2282	367	76

1.3 – кестенің жалғасы

Спутниктер саны	4	5	6	7	8	9	10	11
Сүзілмеген деректердің 95-перцентилі (м)	1163	169	71	43	34	28	24	19
Сүзгіден өткен деректердің 95-перцентилі (м)	724	165	70	43	33	27	22	19
Сүзілмеген деректердің 75-перцентилі (м)	118	55	30	22	19	16	13	15
Сүзгіден өткен деректердің 75-перцентилі (м)	109	55	30	22	19	16	13	15
Сүзілмеген деректердің 50-перцентилі (м)	37	29	18	14	12	10	8	7
Сүзгіден өткен деректердің 50-перцентилі (м)	36	29	18	14	12	10	8	7
Сүзілмеген деректердің 25-перцентилі (м)	17	16	10	8	7	6	5	5
Сүзгіден өткен деректердің 25-перцентилі (м)	17	16	10	8	7	6	5	5

Жануарларды бақылау саласында дәлдік мәселесі өте өзекті. Егер өлшеу қателігі жоғары болса, жануардың шынайы қозғалысын модельдеу қиынға соғады. Бұл әсіресе ұзақ қашықтықты жүріп өтетін теңіз тасбақалары мен итбалықтар сияқты жануарлар үшін маңызды. Fastloc-GPS дәстүрлі Argos спутниктік бақылау жүйесіне қарағанда бірнеше есе дәлірек. Argos жүйесінде 95% деректердің нақты орыннан бірнеше шақырымға ауытқуы мүмкін, ал жарық деңгейіне негізделген геолокациялық әдістерде бұл көрсеткіш жүздеген шақырымға жетеді. Сондықтан Fastloc-GPS көмегімен жануарлардың қозғалысын әлдеқайда нақты бақылауға мүмкіндік бар.

Бақылау нәтижелерін одан әрі жетілдіру үшін зерттеушілер мәліметтерді сүзгіден өткізіп, сенімсіз координаталарды алып тастау әдістерін қолданады. Мысалы, егер белгілі бір есептеулерде GPS деректерінде тым үлкен қателіктер болса, оларды талдаудан шығарып тастау ұсынылады. Сондай-ақ, спутниктердің саны аз болған жағдайда өлшеу нәтижелерін қолдану шектеулі болуы мүмкін.

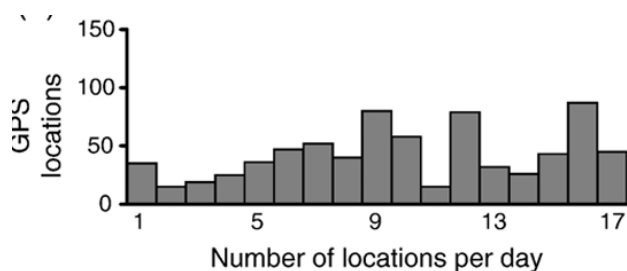
Бұл технологияның болашақтағы әлеуеті орасан зор. Егер оны теңіз ағыстары туралы мәліметтермен біріктірсе, жануарлардың қозғалысына табиғи факторлардың әсерін тереңірек зерттеуге болады. Сонымен қатар, Fastloc-GPS жануарлардың көші-қон жолдарын жақсырақ түсінуге және олардың тіршілік ортасын қорғау шараларын тиімді жоспарлауға көмектеседі. Жаңа технологиялар мен алгоритмдерді енгізу арқылы бақылау дәлдігі одан әрі жақсарып, табиғатты қорғау саласында жаңа мүмкіндіктер ашылады.

GPS технологиясының дамуы теңіз тасбақаларын зерттеуге тың серпін берді. Бұрын олардың қозғалысын бақылау үшін радио және спутниктік телеметрия жүйелері қолданылғанымен, олардың дәлдігі кейде жеткіліксіз болатын. Ал жаңа GPS құрылғылары бұл мәселені шешіп, тасбақалардың қозғалысын нақты әрі тұрақты түрде бақылауға мүмкіндік берді. Грекияның Закинтос аралында жүргізілген зерттеу барысында ғалымдар TrackTag™ GPS құрылғыларын пайдаланып, аналық тасбақалардың қозғалысын егжей-тегжейлі зерттеді. TrackTag™ GPS тіркеушісі бекітілген каретта тасбақасы 1.5-суретте көрметілген.

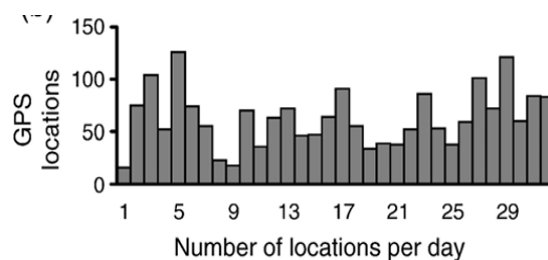


1.5-сурет – TrackTag™ GPS тіркеушісі бекітілген каретта тасбақасы

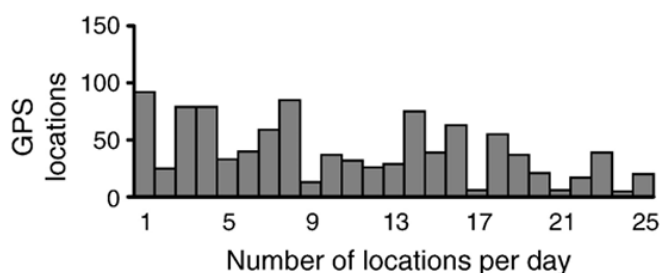
Мамыр-маусым айларында үш тасбақа 73 күн бойы бақылауда болып, олардың орналасқан жерлері туралы 3753 дерек жинақталды. Сонымен қатар, олардың суға сүңгу әдеттерін зерттеу үшін арнайы тереңдік тіркеуші құрылғылар қолданылды. 1.6-суретте әр тасбақа үшін күнделікті GPS орналасу нүктелерінің гистограммалары көрсетілген.



(a) GPS2



(b) GPS3



(c) GPS4

1.6-сурет – Әр тасбақа үшін күнделікті GPS орналасу нүктелерінің гистограммалары

Алынған мәліметтер көрсеткендей, тасбақалар негізінен жағалаудан алысқа ұзап кетпей, төрт метрден аспайтын тереңдікте жүреді. Олардың

қозғалысы 18,5 шақырымдық жағалау сызығы бойымен шектеліп, әдетте 200 метрден аспайтын қашықтықта тіркелді. Бұл деректер тереңдік тіркеуші құрылғылар мен далалық бақылау нәтижелерімен толық сәйкес келді. Сонымен қатар, екі тасбақаның қозғалыс үлгісі кездейсоқ емес, белгілі бір заңдылыққа бағынатыны анықталды. Бұл олардың жүріс-тұрысына табиғи факторлар әсер етеді деген болжамды растайды.

Зерттеу нәтижелері теңіз тасбақаларын қорғау мақсатында қолданылып жүрген шаралардың олардың нақты тіршілік ету ортасын толық қамтымайтынын көрсетті. Қазіргі заңнамалар мен қорғау аймақтары негізінен ұя салу орындарын сақтауға бағытталғанымен, тасбақалардың уылдырық шашу кезеңінде қай аймақтарда көбірек шоғырланатыны ескерілмеген. Жинақталған мәліметтер тасбақалардың көбінесе суасты құм жамылғылары мен жағалау маңындағы аймақтарды пайдаланатынын анықтады, бұл болса, теңіз тасбақаларын қорғауға арналған стратегияларды қайта қарау қажеттігін көрсетеді.

GPS технологиясын пайдалану теңіз жануарларының қозғалысын нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді, бұл оларды қорғау шараларын тиімді етуге көмектеседі. Бұл жүйе тасбақалардың қозғалыс үлгілерін егжей-тегжейлі зерттеп, оларды қорғау аймақтарын ғылыми деректер негізінде жоспарлауға жол ашады. Сонымен қатар, GPS құрылғыларының жинақтаған мәліметтері теңіз жануарларының тіршілік ету ортасына адамдардың әсерін бағалауға және экологиялық басқару шараларын жақсартуға көмектеседі. Осы зерттеу GPS технологиясының табиғатты қорғаудағы маңыздылығын тағы бір дәлелдеп, оны кеңінен қолдануға негіз болды [9].

Жабайы табиғатты зерттеуде GPS технологиясы үлкен серпіліс әкелгенімен, оның жоғары бағасы көптеген зерттеулер үшін кедергі болып отыр. Көбінесе ғалымдар дәстүрлі радиотелеметрия әдісіне сүйенуге мәжбүр, бірақ бұл тәсіл аз мәлімет жинап, жануарлардың қозғалысы мен мекен ету ортасын нақты көрсетуге мүмкіндік бермейді. Осы мәселені шешу үшін зерттеушілер Arduino негізінде жұмыс істейтін, қарапайым және арзан GPS трекерлерін жасап, оларды жабайы қырғауылдарды бақылауда сынақтан өткізді. Бұл өз қолыңмен жасауға болатын құрылғылар коммерциялық GPS жүйелеріне қарағанда әлдеқайда үнемді болып қана қоймай, сонымен қатар жоғары сапалы деректер жинауға мүмкіндік береді.

Тәжірибе барысында зерттеушілер өздері құрастырған GPS трекерлерін Оңтүстік Дакота штатындағы жабайы қырғауылдарға орнатты. Әрбір трекердің құны небәрі 47,60 долларды құрады, ал оларға қосымша орнатылған VHF радиопередатчикпен бірге жалпы бағасы 202 доллар болды. Коммерциялық құрылғылардың бағасымен салыстырғанда, бұл әлдеқайда арзан шешім болды, әрі ғалымдарға көп мөлшерде дерек жинауға жол ашты. Алынған GPS мәліметтері бұрынғы VHF әдісімен салыстырғанда үш есе көп дерек берді, бірақ шығындар небәрі 23%-ға ғана артты.

GPS трекерлерінің дәлдігін анықтау үшін зерттеушілер оларды әртүрлі жағдайда сынап көрді. Алдымен оларды бір нүктеге бекітіп, координаталардың қаншалықты дәл анықталатынын тексерді. Орташа қателік

13,3 метрді құраса, ең дәл өлшеулерде бұл көрсеткіш 2,5 метр болды. Бұл нәтижелер коммерциялық GPS құрылғыларының дәлдігімен салыстыруға болатындығын көрсетті. Кейін трекерлер жабайы қырғауылдарға бекітіліп, олардың қозғалысы бақыланды. Нәтижесінде 1574 GPS координатасы тіркелді, бұл дәстүрлі радиотелеметрия әдісімен алынған деректерден үш есе көп болды.

Жүргізілген зерттеу арзан GPS трекерлерінің сенімділігі мен тиімділігін дәлелдеді. Олардың шағын салмағы құстардың табиғи жүріс-тұрысына әсер етпей, еркін қозғалуына мүмкіндік берді. Ал су өткізбейтін арнайы қаптаманың арқасында трекерлер ауа райының қатал жағдайларына төтеп беріп, үздіксіз жұмыс істеді.

Бұл зерттеу DIY GPS трекерлерінің жабайы табиғатты зерттеудегі жаңа мүмкіндіктерін ашты. Мұндай құрылғыларды қолдану арқылы ғалымдар жануарлардың мекен ету ортасын дәлірек зерттеп, олардың қозғалыс үлгілерін толық түсіне алады. Сондай-ақ, бұл технология қоршаған ортаны қорғау шараларын күшейтіп, жануарлардың тіршілік ету аймақтарын басқаруды жетілдіруге көмектеседі. GPS құрылғыларының қолжетімділігі артқан сайын, олардың жабайы табиғатты зерттеуде кеңінен қолданылуы жаңа ғылыми жаңалықтардың ашылуына септігін тигізеді [10].

Альцгеймер және деменциямен ауыратын адамдардың жоғалып кету қаупі жоғары, бұл олардың қауіпсіздігі мен отбасы мүшелерінің алаңдаушылығын тудырады. Мұндай жағдайларда GPS технологиясы үлкен көмек көрсете алады, себебі ол адамның қозғалысын бақылап, жоғалған кезде оны тез табуға мүмкіндік береді. Бұл зерттеуде ғалымдар GPS трекерлерінің деректерін машиналық оқыту әдістерімен талдап, адамдардың күнделікті қозғалысын болжай алатын модельдер әзірледі. Егер адамның жүріп-тұруы тұрақты болса, жүйе оның келесі қайда баратынын жоғары дәлдікпен анықтай алады, ал егер қозғалысы кездейсоқ өзгерсе, қалыптан тыс жағдайларды анықтап, жақындарына хабар беруге мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында 337 GPS құрылғысының деректері пайдаланылды, олардың иелері кемінде екі апта бойы бақыланды. Ғалымдар әр адамның жүріп-тұру үлгілерін анықтап, олардың қайда және қанша уақытқа тоқтайтынын зерттеді. Кейбір адамдар үй маңында ғана жүрсе, басқалары күнделікті бірнеше орынға баратын болып шықты. Орташа алғанда, әр адам екі-үш негізгі бағытта қозғалған. Осы мәліметтер негізінде адамның үйреншікті маршруттарын ескеретін модельдер жасалды.

Жүйенің басты мақсаты – адамның келесі қайда баратынын болжау және әдеттен тыс қозғалысты анықтау. Машиналық оқыту алгоритмдері адам үнемі жүретін орындарды есте сақтап, егер ол басқа бағытқа кетсе немесе кездейсоқ жүріс-тұрыс танытса, бұл жағдайды ерекше белгілеуге мүмкіндік береді. Мұндай өзгерістер адамның жоғалып кету қаупін білдіруі мүмкін, сондықтан жүйе күтушілер мен отбасы мүшелеріне ескерту жібереді. Бұл әсіресе деменциясы бар адамдар үшін маңызды, себебі олар өздерінің қайда екенін ұмытып, тіпті таныс жерлерде де бағдарынан жаңылып қалуы мүмкін.

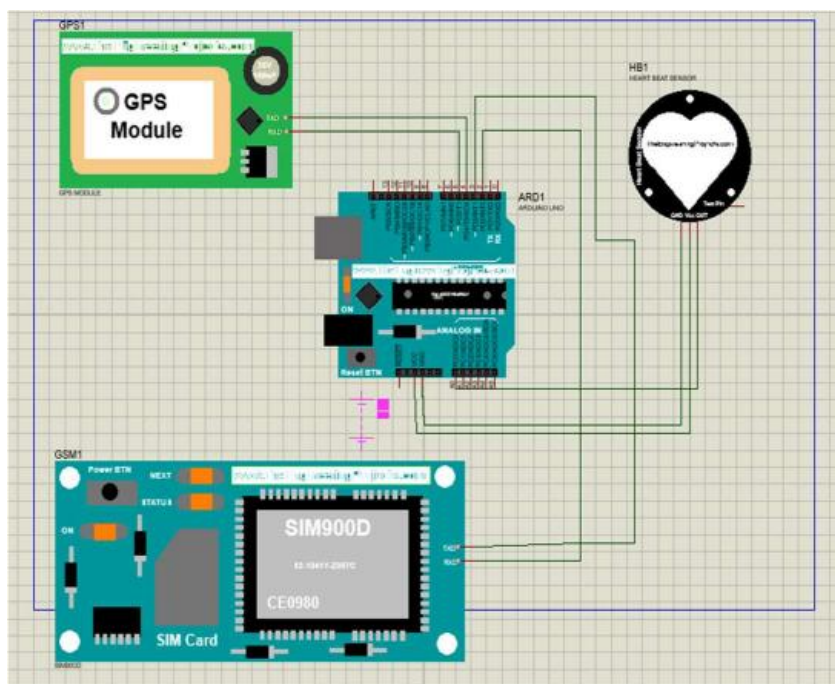
Алгоритмдердің дәлдігі адамның қаншалықты тұрақты қозғалыс үлгісіне байланысты өзгередіні анықталды. Егер адам күн сайын бірдей бағытта жүрсе, жүйе оның келесі қадамдарын шамамен 78% дәлдікпен болжай алады. Ал егер оның қозғалысы әртүрлі болса, болжам жасау қиындай түседі. Бірақ тіпті осындай жағдайларда да жүйе адамның үйреншікті маршруттарынан ауытқуын байқап, оның қауіпсіздігіне қауіп төнуі мүмкін екенін алдын ала анықтай алады.

GPS трекерлерін қолдану деменциямен ауыратын адамдарға күтім жасау процесін жеңілдетеді. Бірақ мұндай технология адамның жеке өміріне қол сұғу мәселесін де көтереді. Кейбір адамдар GPS бақылауын қажетсіз деп санауы мүмкін, өйткені бұл олардың жеке кеңістігін шектеуі ықтимал. Сондықтан мұндай жүйелерді пайдалану кезінде адамның құқықтарын қорғау және деректердің құпиялылығын сақтау маңызды.

Болашақта GPS технологиясы мен машиналық оқытуды одан әрі жетілдіру жоспарланып отыр. Егер жүйе адамның қозғалысын ғана емес, оның жылдамдығы мен жүріс-тұрысындағы өзгерістерді де ескеретін болса, ол жоғалған адамды табуда одан да тиімді болар еді. Бұл зерттеу GPS және машиналық оқыту технологиялары деменциямен ауыратын адамдардың өмірін жеңілдетуге және олардың қауіпсіздігін қамтамасыз етуге көмектесетінін көрсетті. Мұндай технологияларды дамыту алдағы жылдары одан да маңызды рөл атқарады, себебі халықтың қартаюымен бірге осындай жүйелерге сұраныс арта түсетіні анық [11].

1.2 GPS трекерлердің құрылымы мен жұмыс істеу механизмдері

Жоғалған жануарларды немесе адамдарды іздеу процесін әлдеқайда жеңіл әрі тиімді ететін қазіргі таңда жаңа технологиялар бар. GPS трекерлерінің көмегімен олардың нақты тұрған жерін бақылап, аз уақыттың ішінде қажетті әрекеттерді жасауға мүмкіндік береді. Жануарын жоғалтып алу әрбір иесі үшін үлкен алаңдаушылық тудырады, ал оны іздеу көп уақыт пен күш жұмсауды талап етеді. Сол себепті жануардың орналасуын нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік беретін GPS жүйесін әзірлеу – осы мәселенің тиімді шешімдерінің бірі. Arduino Uno, GPS модулі, GSM модулі, пульс сенсоры және басқа компоненттерді қамтитын GPS бақылау жүйесінің электрлік схемасы 1.7-суретте көрсетілген [12].



1.7-сурет – GPS бақылау жүйесінің электрлік схемасы

[13] зерттеу жұмысында LoRa негізіндегі үй жануарларын бақылау жүйесі зерттелінген. Зерттеулер көрсеткендей, әрбір үшінші жануар өмірінде кем дегенде бір рет жоғалып кетеді, ал олардың 15%-ы иелерінен мүлде адасып қалады. Осындай жағдайлардың алдын алу үшін арнайы бақылау жүйесі жасалды. Бұл жүйе LoRa, GPS және GSM технологияларын пайдаланып, үй жануарының қай жерде жүргенін нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді. Егер жануар белгіленген аймақтан шығып кетсе, жүйе бірден иесіне хабарлама жібереді. Бұл құрылғының негізгі бөлігінің бірі Arduino UNO платформасы. Оған GPS модулі, GSM модулі және LoRa радиомодулі қосылған. Құрылғы жануардың мойнына тағылып, оның қозғалысын тұрақты түрде бақылап отырады. Ал GPS модулі жануардың нақты координаталарын (ендік, бойлық, биіктік, уақыт, жылдамдық) анықтайды. Анықталған мәліметтерді GSM модулі иесіне SMS арқылы жібереді. LoRa технологиясы арқылы жануарды ұзақ қашықтықта да бақылауға көмектеседі. Бұл жүйе иесінің жануарын жоғалтып алу қаупін барынша азайтады және жануардың қауіпсіздігін камтамасыз етуге көмектеседі. Жүйе Google Картасымен интеграцияланған, сондықтан иесі жануарының нақты уақыттағы орналасуын кез келген құрылғы арқылы қадағалай алады.

[14] зерттеу жұмысында жүйе бойынша GPS және Android негізіндегі геокоршау әдісін пайдаланатын үй жануарларын бақылау жүйесі зерттелінген. Жүйенің жұмыс істеу тәртібі өте қарапайым. Ең алдымен, үй жануарының иесі қауіпсіз аймақтың шекарасын белгілейді. Егер жануар осы белгіленген аумақтан шығып кетсе, жүйе бірден иесіне хабарлама жібереді. GPS координаталары әр 3-5 секунд сайын жаңартылып отырады, сондықтан жануардың қозғалысын үнемі бақылап отыруға болады. Құрылғы ашық жерде

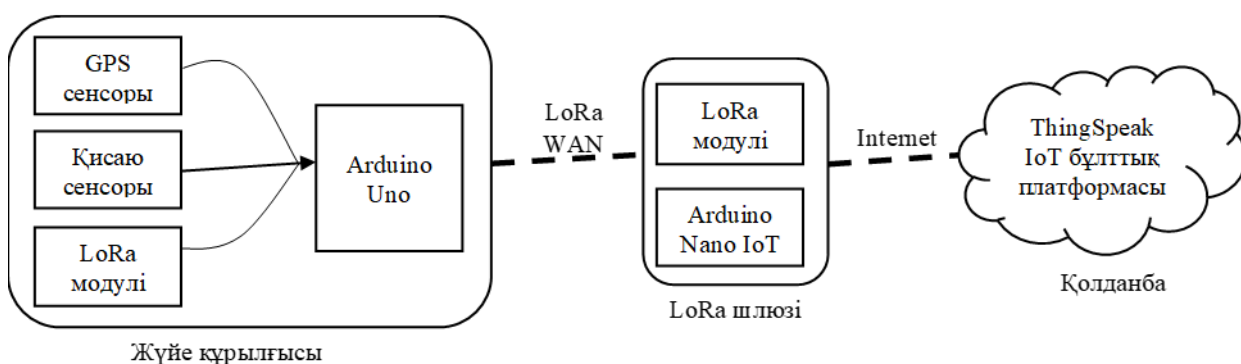
орналасқан жағдайда деректер жылдам алынады, ал ғимарат ішінде орналасса сигнал әлсіреуі мүмкін, бұл жағдайда деректерді алму уақыты 3 минутқа дейін созылуы ықтимал. Орналасу деректерін анықтау дәлдігі 92%-ға жеткендігі 1.8-суретте көрсетілген. Дегенмен, GPS координаталарын анықтаудағы қателік 10 метрден аспайды. Қауіпсіздік аймағының шекарасын 100 метрге дейін белгілеуге болады. Егер жануар осы шекарадан асып кетсе, иесіне қосымша ескерту жіберіледі.



1.8-сурет – Дәлдік деңгейін тексеру нәтижесі (100% пайыздық көрсеткішпен)

GPS негізіндегі жеке бақылау құрылғысы қосылған сәтте бірден GSM желісіне қосылу арқылы GPS модулі жануардың орналасу деректерін жинап бастайды. Жиналған ақпарат арнайы NMEA форматында өңделіп отырады. Сондай-ақ әр 30 минут сайын пайдаланушының электрондық поштасына жіберіледі. GPS модулі жерсеріктерден алынған ендік пен бойлық координаталарын анықтаса, GSM модулі бұл мәліметтерді серверге немесе тікелей пайдаланушыға жеткізеді. Құрылғы тек орналасуды анықтаумен шектелмейді – оның батарея деңгейі де тұрақты түрде бақыланады. Егер қуат төмендей бастаса, жүйе ескерту хабарламасын жібереді. Қауіпсіздік шараларын күшейту мақсатында құрылғыда SOS батырмасы қарастырылған. Егер иесі осы батырманы басса, жүйе автоматты түрде екі алдын ала орнатылған телефон нөміріне қоңырау шалады. Ал егер құрылғы жоғалып кетсе, оған SIM картасы арқылы қоңырау шалып, дыбыс сигналын қосуға болады. Жүйе жабық кеңістіктерде де тиімді жұмыс істей алады, ал оның дәлдігі 30 метрден аспайды. GSM және GPRS желілерінің сапасына байланысты деректерді жіберу жылдамдығы 6-30 секунд аралығында өзгереді [15].

[16] зерттеу жұмысында GPS сенсоры мен LPWAN негізіндегі жануарларды бақылау жүйесі зерттелінген. GPS және LPWAN негізіндегі жануарларды бақылау жүйесінің архитектурасы 1.9-суретте көрсетілген. GSM немесе LTE желілерінің орнына мәліметтерді беру үшін LoRaWAN технологиясы таңдалды. Бұл жүйе Қазақстанда тұрғын үй-коммуналдық секторында сәтті қолданылып келеді. Сондай-ақ ауыл шаруашылығында да тиімді шешім бола алады. Бұл технология 433 және 868 МГц жиіліктерінде жұмыс істеп, 15 км-ге дейінгі қашықтықта тұрақты байланыс орнатуға мүмкіндік береді. Оның басты артықшылықтарының бірі - деректерді тасымалдау шығындарын азайтып, құрылғыны ұзақ уақыт пайдалануға мүмкіндік беруі болып табылады. Барлық мәліметтер ThingsSpeak ашық ресурстық платформасында сақталады, бұл MATLAB арқылы деректерді өңдеуге, визуализациялауға және талдауға жол ашады. Жүйе GPS координаталарын тіркейді, бірақ деректерді тек орналасу өзгерген жағдайда ғана жіберіп, артық мәліметтердің жиналуын болдырмайды. Бұл тәсіл құрылғының энергия тиімділігін арттырып, артық жүктемеден сақтайды.



1.9-сурет – GPS және LPWAN негізіндегі жануарларды бақылау жүйесінің архитектурасы

1.3 GPS трекерлердің көмегімен үй жануарларын бақылау және деректерді өңдеу

[17] зерттеу жұмысында Arduino және NEO-6M GPS модулін пайдаланып, төмен бюджетті GPS трекер құру әдістері зерттелінген. Зерттеу жұмысына сүйене отырып, объектілердің қозғалысын бақылап, олардың нақты орналасқан жерін анықтайтын заманауи технологияның бірі GPS трекерлер арқылы деректерді өңдеу болып табылады. Бұл жүйе деректерді жинау, сақтау, жіберу және талдау секілді бірнеше негізгі кезеңдерден тұрады. Әр кезеңде түрлі әдістер мен технологиялар қолданылады, соның ішінде NMEA (National Marine Electronics Association) форматындағы деректерді өңдеу, гео-қоршау жүйелері, IoT интеграциясы және жасанды интеллект көмегімен мәліметтерді талдау ерекше маңызға ие. GPS трекерлер алынған

ақпаратты NMEA стандарты бойынша өңдейді. Сондай-ақ осы форматта ендік, бойлық, уақыт, биіктік және спутниктер саны секілді маңызды параметрлер кодталған түрде беріледі. GPS құрылғылары көбінесе Arduino және Raspberry Pi сияқты микроконтроллерлермен біріктіріліп жұмыс істейді. Мұндай құрылғыларда TinyGPS кітапханасы қолданылады, ол NMEA форматындағы мәліметтерді декодтап, өңдеуге мүмкіндік береді. Кеңінен қолданылатын NEO-6M, u-blox секілді GPS қабылдағыштары 2.5 метрге дейінгі дәлдікпен координаталарды анықтай алады, бұл жүйенің сенімділігі мен дәлдігін арттырады. Қарапайым сөзбен айтқанда, GPS трекерлер – бұл нақты уақыт режимінде объектілердің орнын дәл анықтайтын және алынған мәліметтерді өңдеп, пайдаланушыға ыңғайлы түрде ұсынатын интеллектуалды құрылғылар. Олар деректерді өңдеу кезінде түрлі алгоритмдер мен технологияларды пайдаланып, бақылау жүйелерінің тиімділігін арттырады.

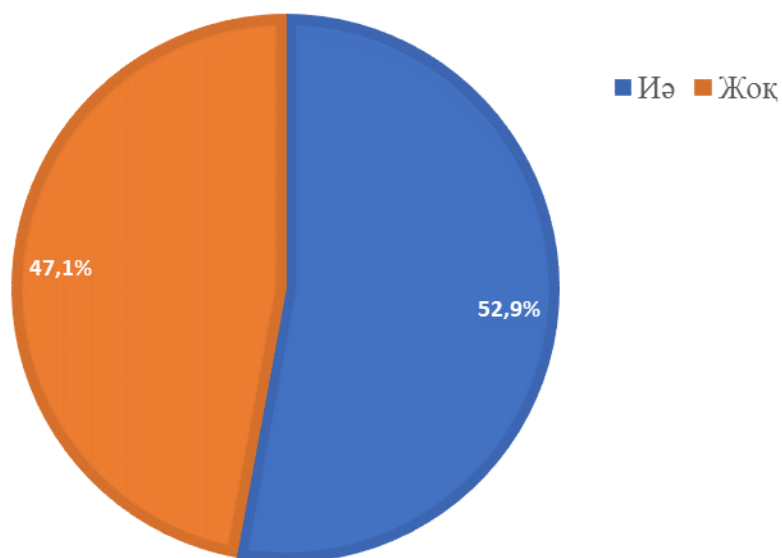
Қарт адамдарды қадағалау жүйесіне арналған GPS және RF тегтерін қолданатын бақылау құрылғылары жазылған зерттеу жұмысында Гео-қоршау технологиясы қолданылған. Ол GPS деректерін өңдеуде ерекше маңызға ие. Бұл әдіс белгілі бір аумақты виртуалды шекара ретінде белгілеп, бақылаудағы объект белгіленген аймақтан шыққан кезде пайдаланушыға автоматты түрде хабарлама жіберуге мүмкіндік береді. Гео-қоршау әсіресе үй жануарларын, қарт адамдарды және көлік құралдарын қадағалау үшін кеңінен қолданылады, себебі ол күтпеген жағдайларда жылдам әрекет етуге көмектеседі. Бұл технология ESP32 және NEO-7M GPS модулімен біріктірілген жағдайда Android қосымшалары арқылы нақты уақыт режимінде бақылау жүргізуге мүмкіндік береді. Яғни, пайдаланушылар смартфон арқылы объектінің қозғалысын үнемі бақылап, қажетті қауіпсіздік шараларын уақытында қабылдай алады [14].

[12] зерттеу жұмысында төмендегі сұрақтар бойынша сауалнама жүргізілді. Сауалнама нәтижесі диаграмма түрінде көрсетілген.

1. Сіздің өміріңізде үй жануары болды ма?
2. Ол қандай жануар болды?
3. Ол үйден неше рет қашып кетті?
4. Оларға GPS трекер қажет деп ойлайсыз ба?
5. GPS трекерде қандай мүмкіндіктер болғанын қалайсыз?

Сауалнама нәтижесі:

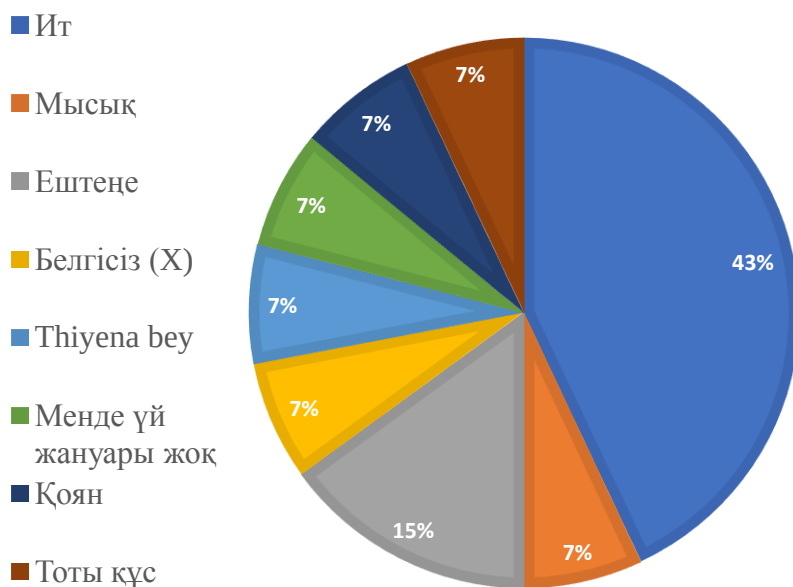
1. Сіздің өміріңізде үй жануары болды ма?



1.10-сурет – Бірінші сұрақтың жауабы

1.10-суреттегі мәліметтерге сәйкес, жауап бергендердің шамамен 52.9%-ы бұрын үй жануарын ұстағанын немесе қазіргі уақытта асырап отырғанын көрсеткен. Ал 47.1%-ы өз өмірлерінде үй жануары болмағанын мәлімдеген.

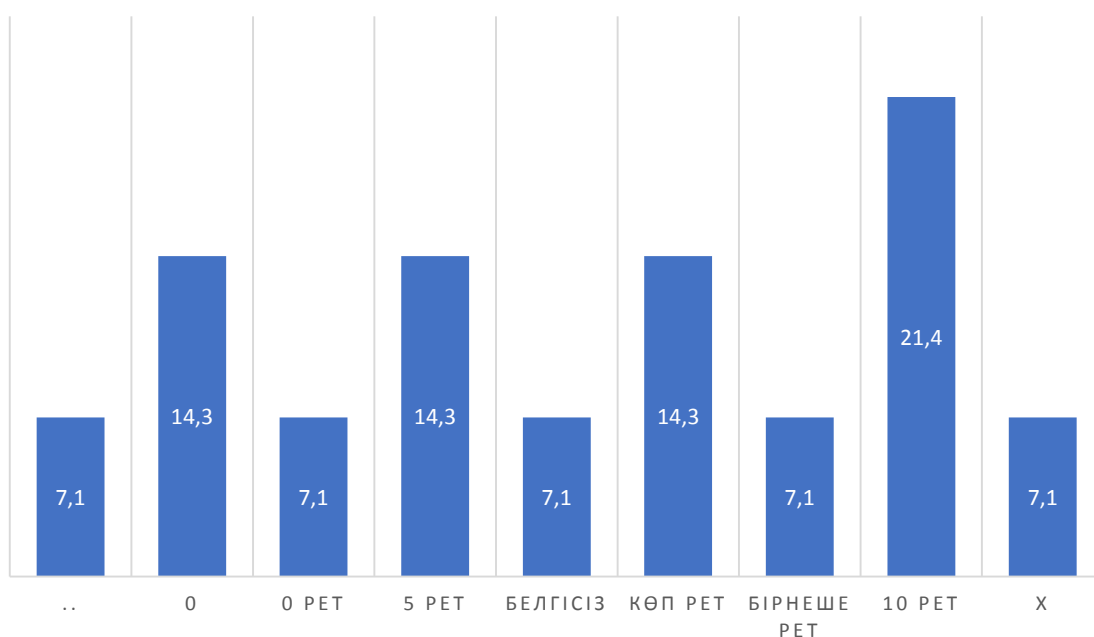
2. Ол қандай жануар болды?



1.11-сурет – Екінші сұрақтың жауабы

1.11-суреттегі секторлық диаграммаға сәйкес, респонденттердің 43%-ы үй жануары ретінде итті асыраған, бұл ең көп таралған таңдау болып табылады. Сонымен қатар, 7%-ы мысықты, ал тағы 7%-ы тоты құсты ұстаған. Қалған қатысушылар қоян мен басқа да мал түрлерін үй жануары ретінде таңдаған.

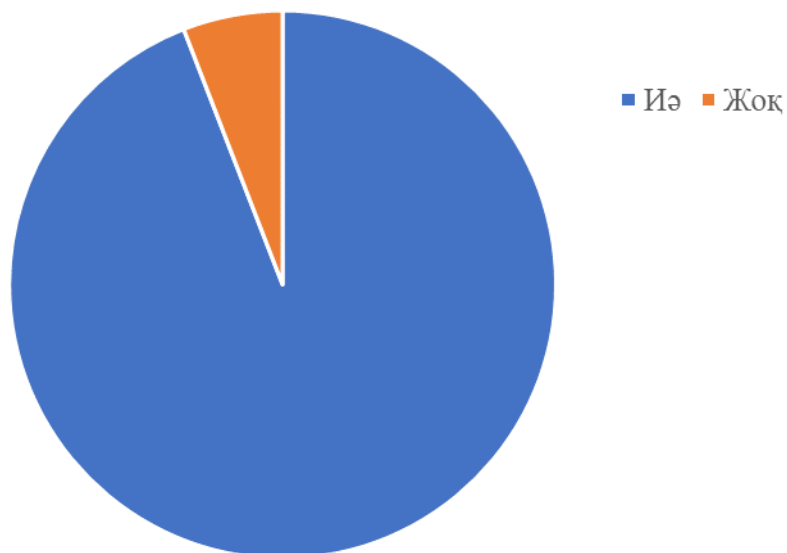
3. Ол үйден неше рет қашып кетті?



1.12-сурет – Үшінші сұрақтың жауабы

Шамамен 49.9% респондент үй жануарларының жиі жоғалуымен бетпестет келген, ал 21.4%-ы мұндай жағдайға тап болмаған.

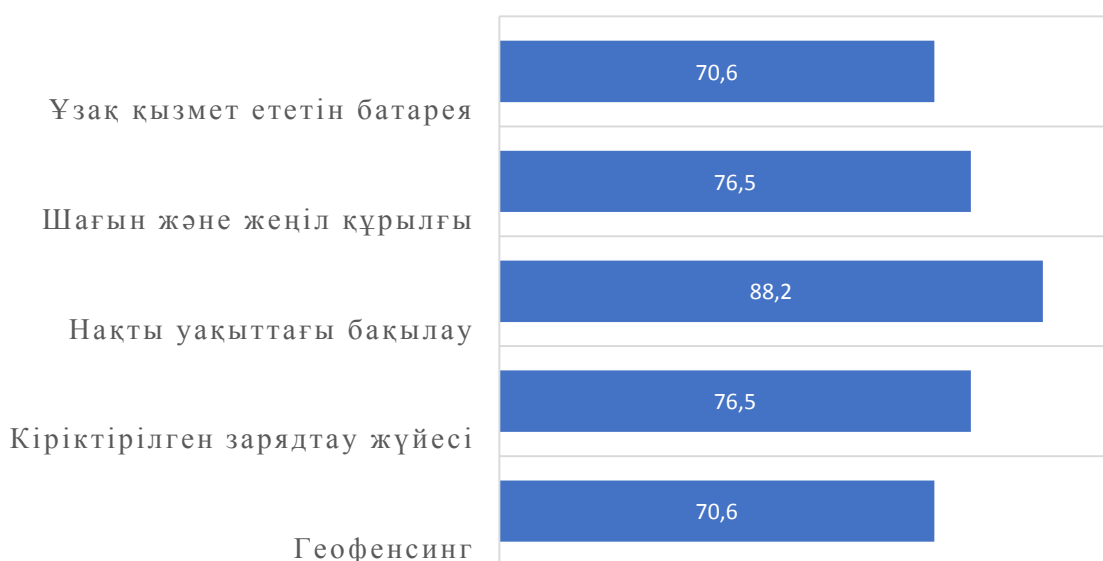
4. Оларға GPS трекер қажет деп ойлайсыз ба?



1.13-сурет – Төртінші сұрақтың жауабы

1.13-суреттегі секторлық диаграммаға сәйкес, респонденттердің 94.1%-ы үй жануарларына GPS трекердің қажетті екенін атап өткен, ал 5.9%-ы оны қажет деп санамайды.

5. GPS трекерде қандай мүмкіндіктер болғанын қалайсыз?



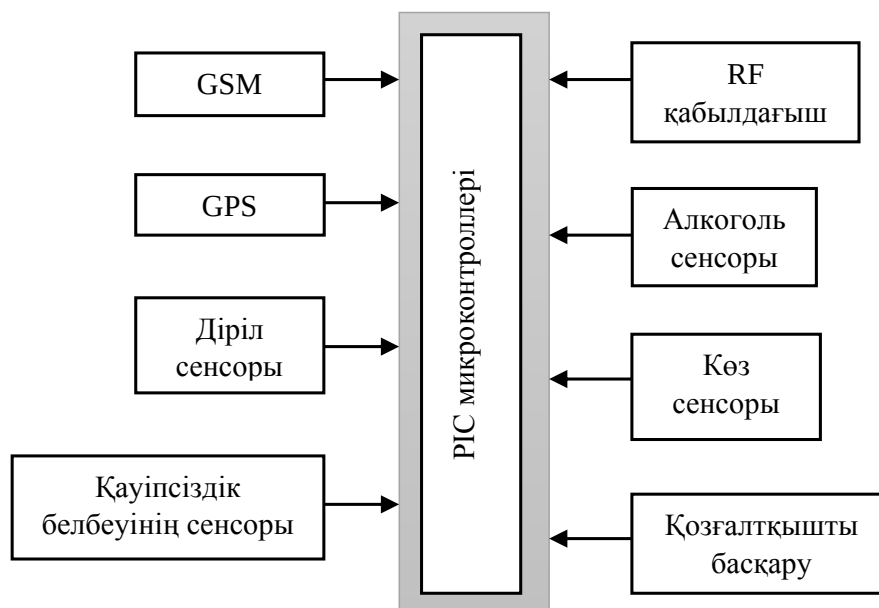
1.14-сурет – Бесінші сұрақтың жауабы

GSM/GPRS, LPWAN (Low Power Wide Area Network) және LoRa секілді әртүрлі байланыс технологияларын қолдану арқылы, GPS деректерін серверге жібереді. Соның ішінде LPWAN технологиясы энергияны үнемдей отырып, қашықтан бақылауға мүмкіндік береді, бұл әсіресе ауылдық жерлерде немесе желіге қосылу қиын аймақтарда тиімді шешім болып табылады [15]. GPS трекерлер SIM800L GSM модулі арқылы мәліметтерді SMS немесе интернет байланысы арқылы нақты уақыт режимінде жібере алады. Бұл технология көлік құралдарын қадағалау, қауіпсіздік жүйелерін жетілдіру және ұрланған мүлікті іздеу мақсатында кеңінен қолданылады. Мысалы, GPS трекері көліктің белгіленген аймақтан шығып кеткенін тіркеген бойда, иесіне ескерту хабарламасы жіберілуі мүмкін.

Энергияны тиімді пайдалану үшін GPS құрылғыларында энергия үнемдеу стратегиялары қолданылады. Power Down Mode (энергияны сақтау режимі) арқылы құрылғы тек қажетті уақытта ғана іске қосылады, осылайша батареяның қызмет ету мерзімі айтарлықтай ұзартылады. Бұл әсіресе жануарларды ұзақ мерзімді бақылау жүйелерінде маңызды рөл атқарады, өйткені GPS трекерлер жиі қосылмай, белгілі бір уақыт аралығында ғана сигнал береді [17]. Сондай-ақ, құрылғылардың жадын тиімді пайдалану және ақпарат алмасу жылдамдығын арттыру үшін GPS деректерін қысу және өңдеу алгоритмдері енгізілген. Бұл әдіс мәліметтердің көлемін азайтып, оларды серверге тиімді жіберуге көмектеседі, осылайша құрылғының жалпы жұмыс өнімділігі жақсарады [18].

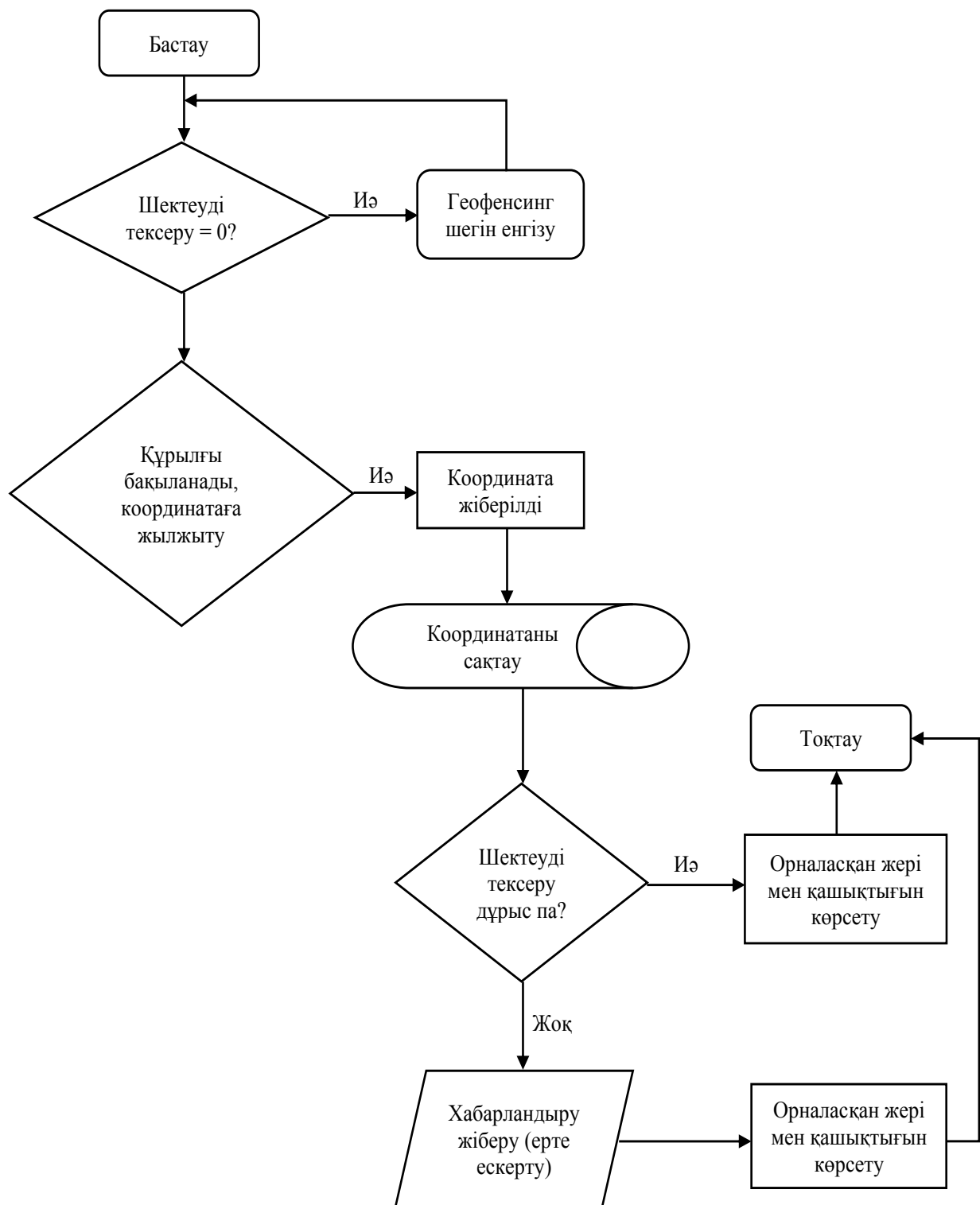
GPS деректерін өңдеуде заманауи технологиялар ерекше маңызға ие. Жасанды интеллект (AI) және машиналық оқыту (ML) алгоритмдері GPS трекерлерден алынған мәліметтерді талдап, объектілердің қозғалыс бағытын алдын ала болжауға және күмәнді немесе әдеттен тыс әрекеттерді анықтауға

көмектеседі [15]. Бұл әсіресе қауіпсіздік жүйелерінде, көлік қозғалысын бақылауда және табиғатты қорғау салаларында маңызды рөл атқарады. Көлік құралдарын бақылау жүйесінің блок-схемасын 1.15–суреттен көруге болады [18].



1.15-сурет – Көлік құралдарын бақылау жүйесінің блок-схемасы

Сонымен қатар, IoT (Интернет заттар) экожүйесі GPS құрылғыларын ашық ресурстық платформалармен біріктіруге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл мәліметтерді өңдеу жылдамдығын арттырып қана қоймай, құрылғыларды қашықтан басқару мүмкіндігін де қамтамасыз етеді. Мысалы, пайдаланушы өз смартфоны арқылы белгілі бір аумаққа орнатылған GPS трекердің күйін бақылап, қажет болған жағдайда параметрлерін өзгерте алады. GPS құрылғыларының дәлдігін арттыру үшін арнайы алгоритмдік түзету әдістері қолданылады. RTK (Real-Time Kinematic) GPS технологиясы көмегімен координаталардың дәлдігін 1-2 см деңгейіне дейін арттыруға болады. Бұл әдіс ауыл шаруашылығы, құрылыс және дрондармен бақылау сияқты салаларда кеңінен қолданылады, өйткені ол миллиметрлік деңгейдегі қателіктердің алдын алып, аса жоғары нақтылықты қамтамасыз етеді. Зерттеу жұмысының бағдарламалық ағын диаграммасы 1.16-суретте көрсетілген [14].

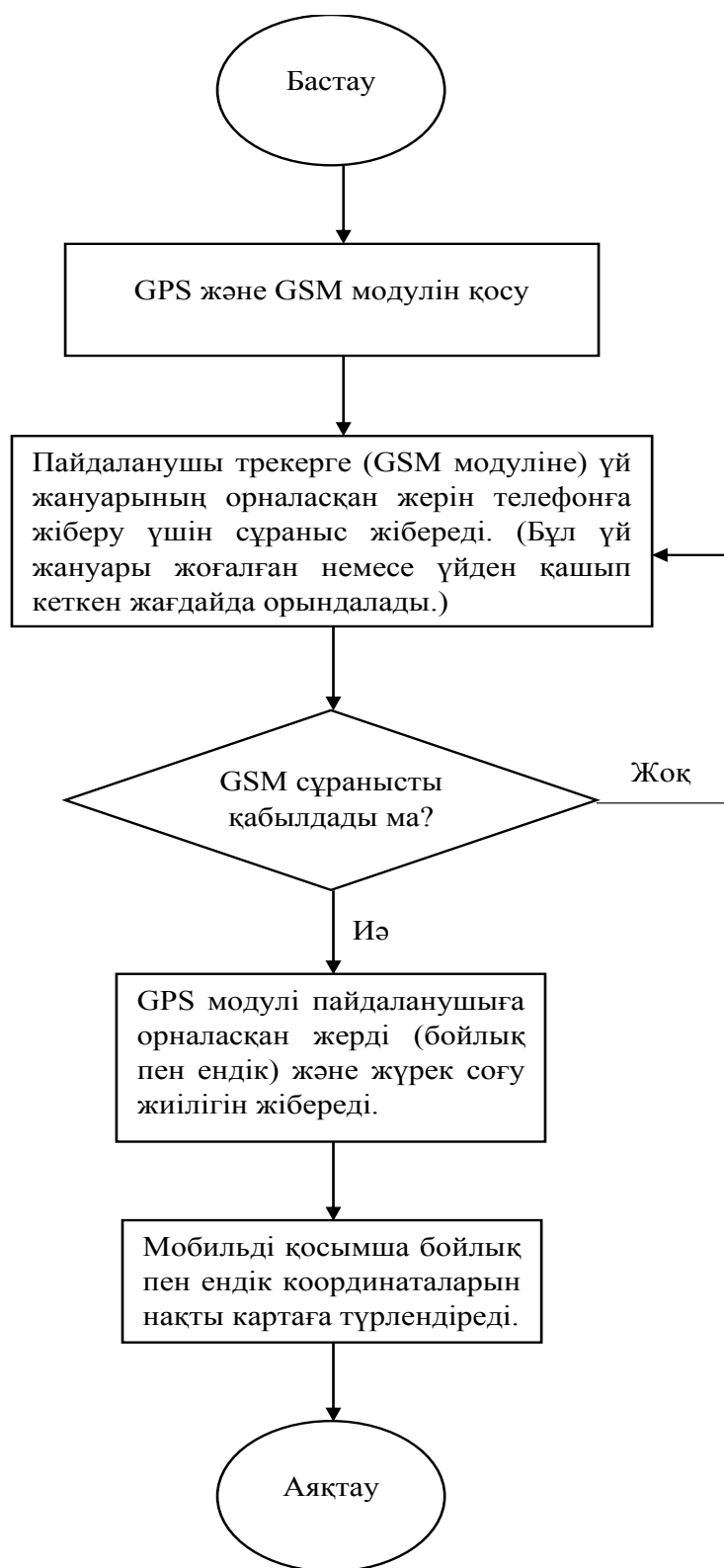


1.16-сурет – Зерттеу жұмысының бағдарламалық ағын диаграммасы

Сонымен қатар, мультипат жолдарын азайту алгоритмдері ғимараттар арасындағы GPS сигналдарының шағылу әсерін түзетіп, координаталарды дәлірек анықтауға көмектеседі. Бұл технология әсіресе қалалық жерлерде, биік ғимараттар арасында навигация жүргізу кезінде өте маңызды, өйткені ол құрылғының дұрыс емес координаталар көрсету ықтималдығын азайтады [19].

1.4 Іздестіру-құтқару шараларында GPS трекерлерді қолдану

Қазіргі заманғы іздестіру - құтқару жұмыстарында GPS трекерлер маңызды рөл атқарады. Бұл құрылғылар адасып кеткен адамдар мен жоғалған жануарларды табуға көмектесіп, олардың нақты орналасқан жерін жылдам анықтауға мүмкіндік береді. GPS жүйесі арқылы алынған координаттар құтқару қызметтеріне немесе иелеріне бірден жіберіліп, іздеу жұмыстарын жеделдетіп, олардың тиімділігін арттырады. Әсіресе, ормандарда, таулы аймақтарда немесе қолайсыз ауа райы жағдайында жоғалып кеткендерді табуда бұл технология таптырмас көмекші бола алады. GPS трекерлер құтқару операцияларында түрлі мақсаттарда қолданылады. Олардың көмегімен жоғалған адамның немесе жануардың соңғы тұрған жерін анықтап, қозғалыс бағытын картада қадағалауға болады. Бұл ақпарат құтқарушыларға іздеу бағытын дұрыс таңдауға және жұмысты барынша тиімді ұйымдастыруға көмектеседі. Жүйенің блок-схемасы 1.17–суретте көрсетілген. Кейбір құрылғылар гео-қоршау (geofencing) технологиясымен жабдықталған, ол объект белгіленген қауіпсіз аймақтан шығып кеткен жағдайда иесіне ескерту хабарламасын жібереді. Заманауи GPS трекерлер тіпті пульс сенсорларымен жабдықталып, жоғалған адамның немесе жануардың жүрек соғысын бақылап отыра алады. Егер жүрек соғу жиілігі қалыптан тыс өзгерсе, бұл ақпарат шұғыл түрде құтқару қызметтеріне жіберіледі. GPS технологиясының басты артықшылықтарының бірі – нақты уақыт режимінде объектінің орналасуын бақылау мүмкіндігі. Егер адам немесе жануар жоғалып кетсе, GPS координаттары құтқарушыларға іздеу жұмыстарын жылдам бастауға көмектеседі. Сонымен қатар, кейбір GPS құрылғылары ұзақ уақыт бойы автономды жұмыс істей алады, ал арнайы энергия үнемдеу режимдері оларды ұзақ мерзімді іздестіру операцияларында қолдануға мүмкіндік береді. Бүгінде іздестіру-құтқару жүйелерін жетілдіру мақсатында GPS технологиясы жаңа мүмкіндіктермен толықтырылуда. LPWAN (Low Power Wide Area Network) және LoRaWAN желілері арқылы деректерді тиімді тарату әдістері әзірленіп, іздеу жұмыстарында қолданысқа енгізіліп жатыр. Сондай-ақ, GPS жүйелерін қосымша сенсорлармен біріктіру (мысалы, акселерометрлер немесе температура датчиктері) іздеу дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл жоғалған адамдар мен жануарлардың қозғалысын алдын ала болжауға және олардың қауіпсіздігін қамтамасыз етуге көмектеседі [12].



1.17-сурет – Жүйенің блок-схемасы

GPS және RFID технологиялары бүгінде жоғалған адамдар мен жануарларды іздеу үшін таптырмас құралға айналды. Бұл жүйелер нақты уақыт режимінде объектінің орналасқан жерін анықтап, қажетті ақпаратты иелеріне немесе құтқару қызметтеріне жылдам жеткізуге мүмкіндік береді. GPS спутниктері объектінің нақты координаттарын анықтап, оның қозғалыс

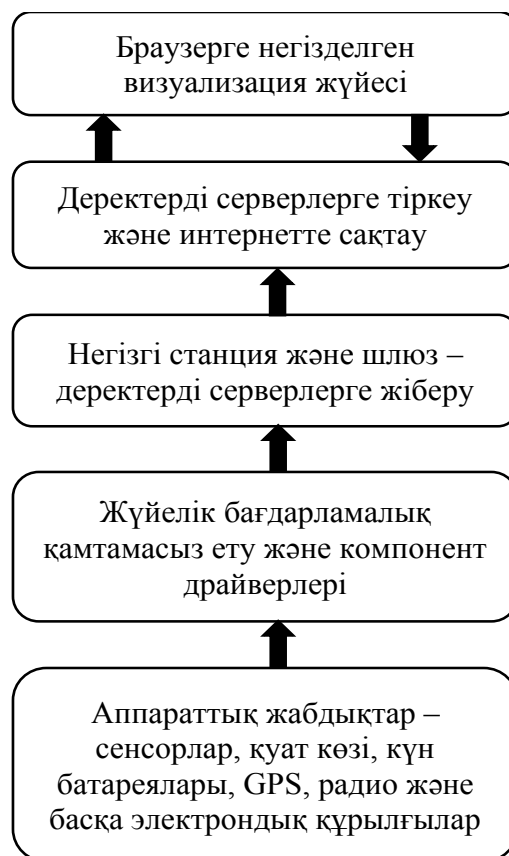
бағытын, жылдамдығын және орнын дәл көрсетсе, RFID сенсорлары белгілі бір жануар немесе адам туралы қосымша ақпарат ұсынуға көмектеседі. Мұндай технологиялардың көмегімен іздестіру-құтқару жұмыстары әлдеқайда тиімді жүргізіледі. Мысалы, жануарларға RFID чиптері орнатылып, олардың қозғалысын ғана емес, дене қызуы мен басқа да биометриялық көрсеткіштерін бақылауға мүмкіндік береді. Егер жануар белгіленген қауіпсіз аймақтан шығып кетсе немесе оның денсаулығында күмәнді өзгерістер байқалса, жүйе дереу ескерту жасап, иесіне немесе тиісті мекемелерге хабарлама жібереді. GPS және RFID негізінде жұмыс істейтін бұл жүйелер адамдардың араласуын барынша азайтып, іздестіру жұмыстарын автоматтандырады. Бұл уақытты үнемдеп қана қоймай, төтенше жағдайларда жедел әрекет етуге мүмкіндік беретін маңызды артықшылықтардың бірі болып табылады [20].

GPS және LPWAN технологиялары қазіргі таңда жоғалған адамдар мен жануарларды іздеу үшін таптырмас көмекші құралға айналды. Бұл жүйелер нақты уақыт режимінде объектінің орналасқан жерін анықтап, қажетті ақпаратты құтқарушыларға немесе иелеріне лезде жеткізуге мүмкіндік береді. GPS спутниктері арқылы объектінің координаттары белгіленіп, оның қозғалыс бағыты мен жылдамдығы бақыланады, ал LPWAN технологиясы байланыс әлсіз немесе мүлде жоқ шалғай аймақтарда ақпаратты тиімді таратуға көмектеседі. Жануарларды немесе адамдарды бақылау үшін арнайы GPS трекерлер қолданылады, олар GPS сенсорларынан, микроконтроллерлерден және байланыс модульдерінен тұрады. Сонымен қатар, кейбір құрылғылар акселерометрлер және басқа да сенсорлармен жабдықталып, жоғалған адамның немесе жануардың қозғалысын бақылап, олардың жағдайын болжауға көмектеседі. GPS және LPWAN негізінде жұмыс істейтін бұл жүйелер іздестіру-құтқару операцияларын тиімді жүргізуге мүмкіндік береді. Егер адам немесе жануар жоғалып кетсе, GPS құрылғысы олардың соңғы тұрған жерін картаға тіркеп, қозғалыс бағытын анықтайды. Бұл ақпарат құтқарушыларға іздеу жұмыстарын дұрыс жоспарлауға және тиімді бағыт таңдауға көмектеседі. Сонымен қатар, GPS құрылғылары төмен қуат тұтыну режимінде ұзақ уақыт бойы жұмыс істей алады, бұл әсіресе шалғай аймақтарда іздеу жұмыстарын жүргізу кезінде өте маңызды. Бұл жүйелердің тағы бір артықшылығы – олардың тұрақты және сенімді жұмыс істеуі [16].

GPS трекерлер әсіресе егде жастағы адамдарды, жабайы табиғаттағы жануарларды және құнды жүктерді бақылау үшін қолданылады. Олардың шағын әрі жеңіл құрылымы күнделікті пайдалануға ыңғайлы етіп жасалған, ал төмен қуат тұтынуы құрылғылардың ұзақ уақыт автономды жұмыс істеуіне мүмкіндік береді. Кейбір модельдер төтенше жағдайларда дабыл беру функциясымен жабдықталған, бұл адам немесе жануар қауіпке тап болған кезде тез әрекет етуге мүмкіндік береді. Егер объект белгіленген қауіпсіз аймақтан шығып кетсе, жүйе автоматты түрде иесіне немесе тиісті қызметтерге хабарлама жібереді. GPS құрылғысы жинақталған координаттарды басқару орталығына жіберіп, бұл ақпаратты арнайы мобильді қосымша немесе веб-платформа арқылы пайдаланушыға қолжетімді етеді [15].

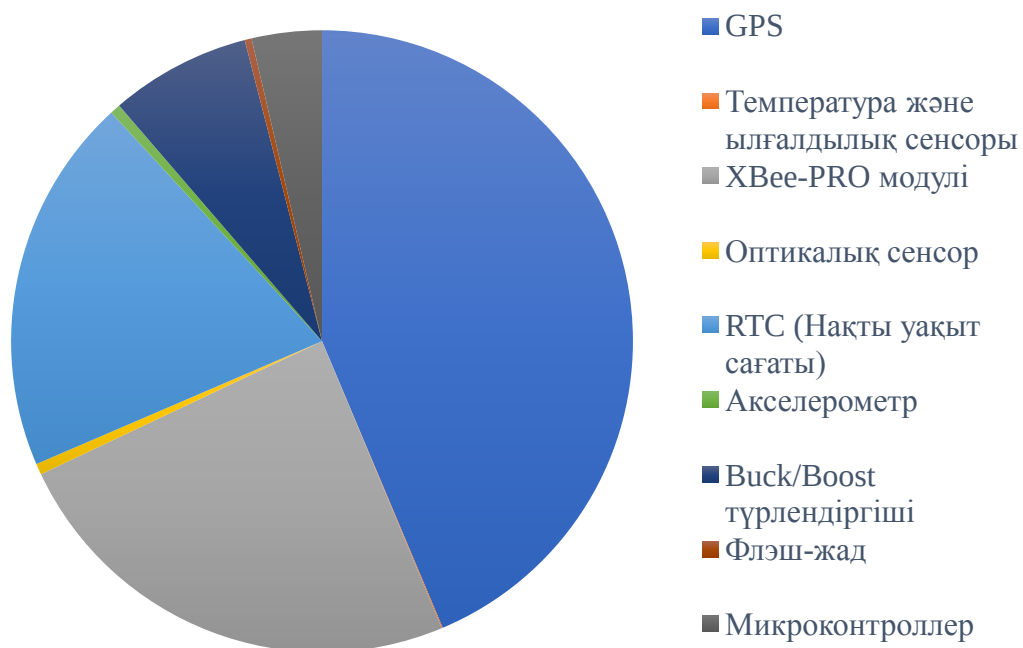
GPS және LoRa технологиясынан құралған құрылғы екі негізгі компоненттен тұрады: бірі объектінің нақты орнын анықтап, деректерді жинайтын беріліс схемасы, ал екіншісі – қабылдау схемасы, ол объект белгіленген шекарадан шығып кеткен жағдайда пайдаланушыға хабарлама жібереді. Егер жануар немесе адам белгіленген аймақтан тыс кетсе, жүйе автоматты түрде иесіне ескерту жіберіп, соңғы белгілі орналасқан жерін көрсетеді. Бұл мүмкіндік іздестіру-құтқару жұмыстарын әлдеқайда тиімді етіп, жоғалған объектіні тез табуға көмектеседі. Құрылғы LCD дисплей және дыбыстық дабылмен жабдықталған, бұл пайдаланушыға тез әрекет етуге мүмкіндік береді. LoRa технологиясы әлсіз сигнал қабылдайтын немесе мобильді байланыс нашар аймақтарда да деректерді тұрақты түрде жіберуге мүмкіндік береді, бұл әсіресе орманды, таулы немесе шалғай аймақтарда іздестіру жұмыстарын жүргізу кезінде үлкен артықшылыққа ие. Бұл жүйе тек жануарларды ғана емес, сонымен қатар балаларды, қарт адамдарды немесе ерекше күтімді қажет ететін адамдарды бақылауға мүмкіндік береді. Трекердің шағын әрі жеңіл болуы оны күнделікті өмірде ыңғайлы пайдалануға жағдай жасайды. Ұзақ уақыт автономды жұмыс істеуі, энергияны үнемдейтін технологиялармен жабдықталуы және нақты уақыт режимінде деректер жіберуі іздестіру-құтқару шараларының тиімділігін арттырады [13].

Wildcense жүйесі – жануарлардың жүріс-тұрысы мен миграциялық жолдарын зерттеу мақсатында әзірленген сымсыз сенсорлық желіге негізделген жүйе. wildCENSE жүйесінің жалпы көрінісі 1.18–суретте.



1.18-сурет – WildCENSE жүйесінің жалпы көрінісі

Бұл жүйе жануарлардың мекен ету ортасы мен қозғалысын бақылау үшін арнайы құрылғыларды пайдаланады. GPS модулі, радио таратқыш, температура, ылғалдылық және жарық сенсорлары орнатылған құрылғылар жануарлардың орналасқан жері мен олардың табиғи ортадағы жағдайын анықтауға көмектеседі. Арнайы жасалған трекерлер жинақталған мәліметтерді өңдеп, желі арқылы зерттеушілерге немесе құтқару қызметтеріне жеткізіп отырады. GPS трекерлері жануарлардың миграциясын зерттеу үшін қолданылады. Мысалы, Barasingha бұғыларының көшу жолдарын бақылау үшін жүйе олардың координаттарын әр үш сағат сайын тіркеп отырады. Сонымен қатар, жануарлардың қандай орталарда өмір сүретінін, қай аймақтарда жайылатындығын және олардың табиғи мекендеу жағдайларын зерттеу үшін температура, ылғалдылық, жарық деңгейі мен қозғалысын бақылайтын сенсорлар орнатылған. Бұл мәліметтер жануарлардың тіршілік ету аймақтарын жақсырақ түсінуге және олардың экожүйедегі өзгерістерге қалай бейімделетінін анықтауға мүмкіндік береді. Жиналған деректер арнайы алгоритмдер арқылы өңделіп, зерттеушілердің қолына түседі. GPS құрылғылары деректерді өңдеу үшін автоматтандырылған жүйелермен жабдықталған. Олар жинақталған ақпаратты базалық станцияға немесе желідегі басқа құрылғыларға жібереді. Мұндай тәсіл әсіресе кең аумақтарда жұмыс істегенде өте тиімді, себебі әр аймаққа жеке бекеттер қоюдың мүмкіндігі бола бермейді. Сондықтан GPS трекерлері тораптан-торапқа ақпарат беру әдісін қолданады, осылайша деректер әр құрылғы арқылы өңделіп, соңында зерттеу орталығына жетеді. Құрылғының жұмыс жасау ұзақтығын арттыру үшін арнайы энергия үнемдеу жүйесі қолданылады. GPS модулі тек қажетті уақытта ғана іске қосылып, қалған уақытта күту режиміне өтеді, бұл батарея қуатын үнемдеп, құрылғының үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, жүйе күн энергиясын пайдаланып, ұзақ мерзімді автономды жұмыс істеуге мүмкіндік береді. GPS координаттарының дәлдігі 15 метрге дейін жететіндіктен, іздеу-құтқару операцияларында бұл жүйенің маңыздылығы артады. wildCENSE түйінінің қуат тұтыну құрылымы 1.19-суретте [19].



1.19-сурет – WildCENSE түйінінің қуат тұтыну құрылымы

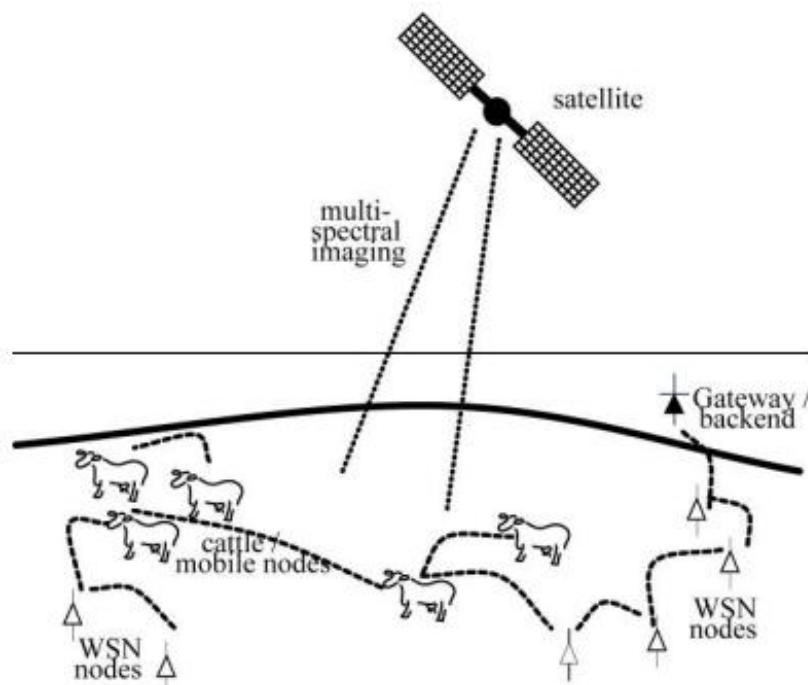
GPS мойынбауларының басты мақсаты – жануарлардың орналасқан жерін, қозғалыс бағытын және қоршаған ортаның жағдайын үздіксіз бақылау. 1.20-суретте GPS мойынбауын таққан сиыр мен бұзау көрсетілген.



1.20-сурет – GPS мойынбауын таққан сиыр мен бұзау

Бұл сенсорлар жануарлардың белсенділігін тіркеп, олардың қандай аймақтарды көбірек мекендейтінін анықтайды және жиналған мәліметтерді желі арқылы зерттеушілерге немесе фермерлерге жіберіп отырады. Бұл ақпарат жер бедерінің өзгеруін және өсімдіктер жамылғысының жағдайын бағалау үшін де қолданылады. Жануарлардың қозғалысын дәл анықтау үшін жоғары жиілікті GPS деректері қажет, өйткені төмен жиіліктегі деректер олардың нақты жүріс-тұрысын көрсетуде жеткіліксіз болуы мүмкін. GPS құрылғыларынан алынған мәліметтерді спутниктік суреттермен біріктіру арқылы жануарлардың қай аймақтарға көбірек шоғырланатынын және олардың тіршілік ететін ортасының жағдайын анықтауға болады. Бұл тәсіл әсіресе ауыл шаруашылығы мен экология саласында маңызды рөл атқарады,

себебі ол жайылымдарды тиімді басқаруға және жердің тозуын болдырмауға көмектеседі. GPS және сымсыз сенсорлық желілерді біріктіру жануарлардың әлеуметтік қарым-қатынасын да зерттеуге мүмкіндік береді. 1.21-суретте жылжымалы жануар сенсорларының бір-бірімен және статикалық түйіндер массивімен байланысуының схемалық диаграммасы көрсетілген.



1.21-сурет – Жылжымалы жануар сенсорларының бір-бірімен және статикалық түйіндер массивімен байланысуының схемалық диаграммасы көрсетілген

Арнайы құрылғылар жануарлардың бір-біріне қаншалықты жақын болғанын және қанша уақыт бірге өткізгенін тіркейді, бұл олардың әлеуметтік құрылымын, топ ішіндегі иерархиясын және өзара байланысын зерттеуге мүмкіндік береді [21].

2 GPS трекерлерді талдау және салыстыру

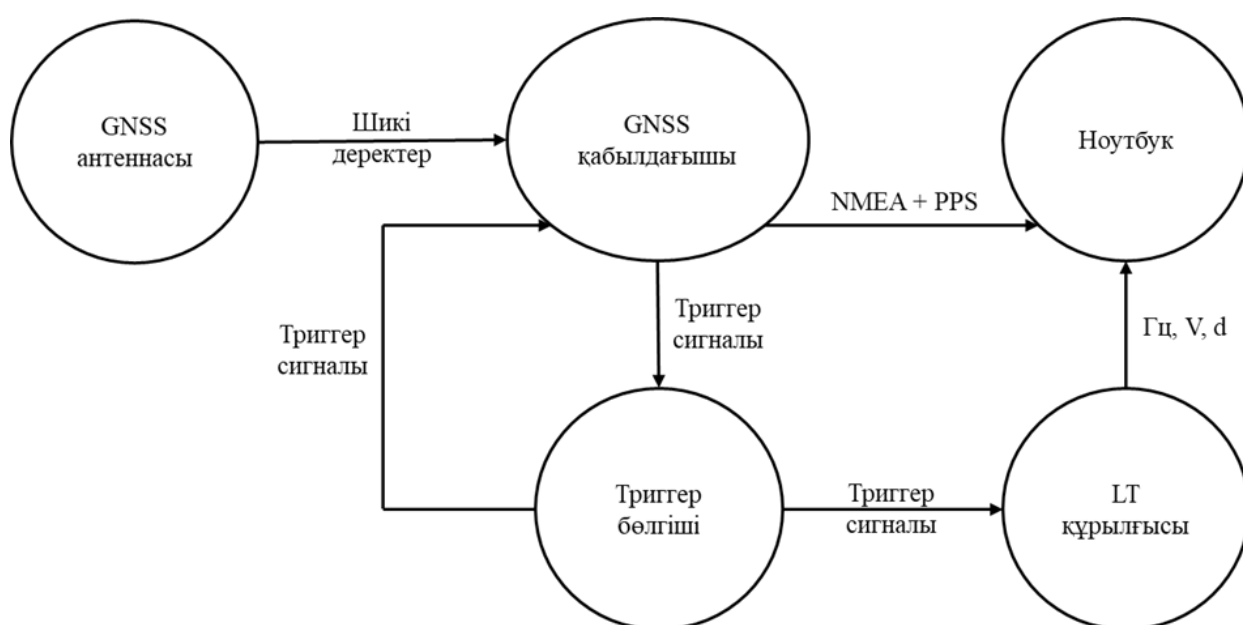
2.1 Заманауи GPS трекерлердің техникалық сипаттамалары

[22] зерттеу жұмысындағы заманауи GPS трекерлердің техникалық сипаттамаларына тоқталсақ, зерттеуде төмен бағалы DIY GPS құрылғыларын жасау және олардың жұмыс тиімділігін бағалау қарастырылды. Бұл трекерлерді жасау үшін Arduino Pro Mini микроконтроллері мен SparkFun GPS қабылдағышы қолданылып, деректерді сақтау үшін Memory Integrated Circuit (IC) орнатылды. Құрылғының қуат көзі ретінде 400 mAh батареясы таңдалып, оның жұмыс кернеуі 3.4–12V аралығында болды. Бағдарламалау және деректерді оқу үшін Arduino Integrated Development Environment (IDE) және Bitbucket платформасындағы ашық бастапқы кодты бағдарламалар пайдаланылды. GPS модулі әр 6–10 секунд сайын координаталарды тіркеп, орташа қателік 2.5 метр (медианалық) және 13.3 метр (орташа мән, стандартты ауытқу – 39.5 м) шамасында болды. Құрылғының координаталарды тіркеу сәттілігі 0.83 көрсеткішін берді, ал статикалық сынақтар кезінде 100% дәлдікпен деректер жазылды. Алғашқы сынақтарда трекерлер су өткізбейтін қабықшасының жеткіліксіздігі себебінен істен шығып отырды, сондықтан құрылғыны қорғау үшін коррозияға қарсы майлау (CorrosionX), силикон қабаты, екі қабатты жылу қысқыш түтік (heat-shrink tubing) және тез қататын эпоксид (Quik-cure ероху) қолданылды. GPS трекерлерін жасау құны \$47.60, ал қосымша VHF таратқышымен жабдықталған толық нұсқасы \$202.00 тұрады. Бұл нарықтағы стандартты коммерциялық GPS құрылғыларымен салыстырғанда 2-3 есе арзан, бірақ дәлдік көрсеткіші бойынша олардан қалыспайды. Мұндай трекерлер жабайы табиғатты зерттеу, құстардың қозғалысын бақылау және төмен бюджеті бар ғылыми жобалар үшін өте тиімді балама бола алады. Зерттеу жұмысы бойынша GPS трекерінің техникалық сипаттамасы 2.1 кестеде көрсетілген.

Кесте 2.1 – GPS трекерінің техникалық сипаттамасы

Параметр	Сипаттамасы
Микроконтроллер	Arduino Pro Mini
GPS модулі	SparkFun GPS қабылдағышы
Жады	Memory Integrated Circuit (IC)
Батарея	400 mAh, 3.4–12V
Бағдарламалық орта	Arduino IDE, Bitbucket кодтары
Fix rate	0.83
Қателік	Медианалық – 2.5 м, Орташа – 13.3 м (SD = 39.5 м)
Су өткізбейтін қабықша	CorrosionX, силикон, екі қабатты жылу қысқыш түтік, эпоксид
Бағасы	GPS - \$47.60, VHF таратқышымен - \$202.00
Коммерциялық GPS-ке қарағанда артықшылығы	2-3 есе арзан, ұқсас дәлдік

GPS уақытына негізделген референстік траекторияларды дамыту көп сенсорлы жүйелердің дәлдігін бағалауда маңызды рөл атқарады. Бұл зерттеу роботталған тотальдық станциялар (RTS) мен лазерлік трекерлерді (LT) GPS уақытымен синхрондау әдістеріне бағытталған. Себебі бұл құрылғылар GPS уақытымен тікелей жұмыс істей алмайды, сондықтан олардың уақыт дәлдігін арттыру үшін арнайы әдістер қажет. RTS құрылғыларын синхрондау үшін Measure & Stream бағдарламасы қолданылды, бұл уақыт сәйкессіздігін азайтуға мүмкіндік бергенімен, толық тұрақтылыққа қол жеткізу мүмкін болмады. Орташа уақыт ауытқуы 63.9 мс деңгейінде қалды, ал бұл жылдам қозғалатын нысандарды бақылау кезінде айтарлықтай позициялық қателіктерге алып келуі мүмкін. LT құрылғылары үшін синхрондау GNSS қабылдағышынан триггер сигналдарын пайдалану арқылы жүзеге асырылды, бұл жоғары дәлдікті қамтамасыз етіп, синхрондау қателігін микросекундтық деңгейге дейін азайтты. LT бақылауларын GPS уақытымен синхрондау үшін схемалық құрылымы 2.1-суретте көрсетілген.



2.1-сурет – LT бақылауларын GPS уақытымен синхрондау үшін схемалық құрылым

Зерттеу барысында екі құрылғы да жан-жақты тестіленді. RTS үшін ұзақ мерзімді сынақтар жүргізіліп, уақыттық дрейфтің 39.1 ppm деңгейінде өзгеретіні анықталды, бұл уақыт өте келе позициялық дәлдікке әсер етуі мүмкін екенін көрсетеді. LT құрылғысы үшін GPS триггер сигналдарына тәуелділік зерттеліп, оның сенімді синхрондау әдісі екені дәлелденді. Егер MSS жүйелері GPS уақытымен дұрыс синхрондалмаса, әсіресе жоғары жылдамдықтағы қозғалыстарда координаталық дәлдіктің төмендеуі байқалады. Роботталған қолмен жүргізілген сынақтарда RTS деректеріндегі уақыттық ығысу 44 см/с жылдамдықта 11.5 мм позициялық қателікке әкелгені

анықталды. 2.2 кестеде зерттеу жұмысы бойынша GPS трекерінің техникалық сипаттамасы көрсетілген.

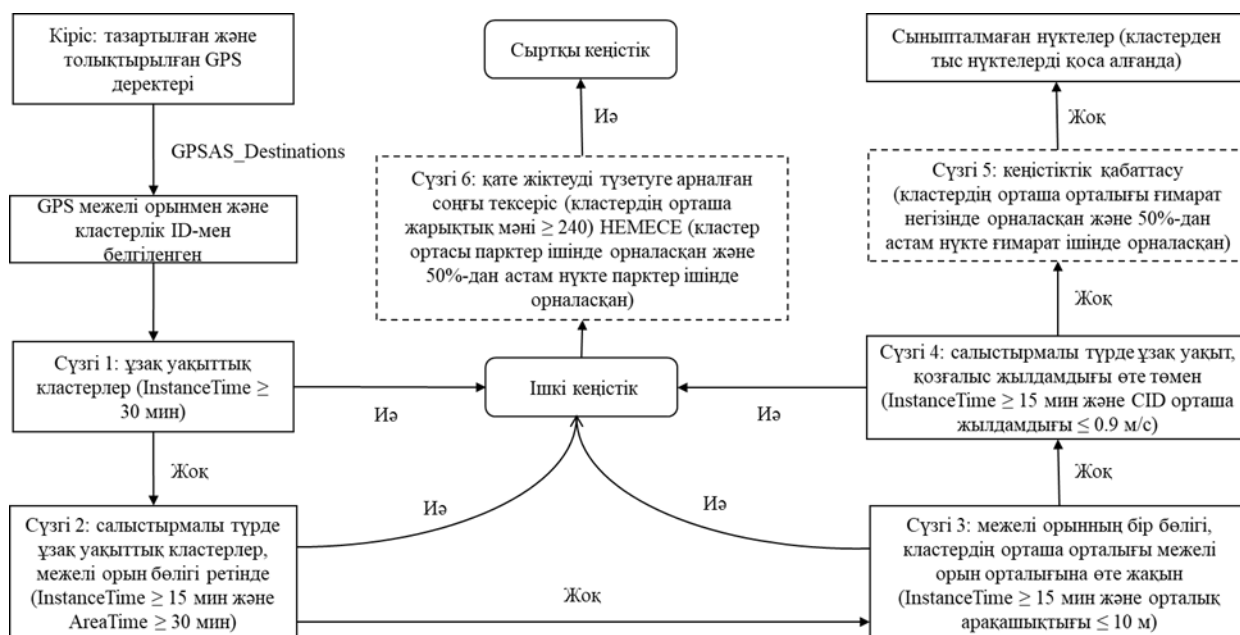
Кесте 2.2 – GPS трекерінің техникалық сипаттамасы

Параметр	RTS (Measure & Stream)	LT (GPS триггер)
Синхрондау дәлдігі	± 63.9 мс	Микросекундтық деңгей
Орташа уақыт дрейфі	39.1 ppm	Тұрақты
Жылдам қозғалыстағы ауытқу	11.5 мм (0.44 м/с)	Минималды
Пайдаланылған технология	Measure & Stream, NTP	GNSS триггер сигналы

Зерттеу нәтижелері GPS уақытына негізделген референстік траекторияларды құрудың маңыздылығын айқындайды. Лазерлік трекер триггер сигналдарын қолдану арқылы жоғары дәлдікті қамтамасыз етсе, RTS құрылғылары үшін уақыттық ауытқулар позицияны анықтауда қосымша қателіктерді тудырады. Бұл әдістер көп сенсорлы жүйелерді бағалау, бақылау және навигация салаларында кеңінен қолданылуы мүмкін [23].

[24] зерттеу жұмысында ашық ауада өткізілген уақытты дәл есептеу денсаулыққа оң әсерін зерттеуде маңызды рөл атқарады, бірақ бұл көрсеткішті анықтаудың қолжетімді әрі сенімді әдістері аз. Көптеген зерттеулер сауалнамаға сүйенеді, бірақ адамдардың өз әрекеттерін есте сақтауында қателіктер болуы мүмкін. Басқа әдістер арнайы GPS құрылғыларының белгілі бір функцияларын талап етеді, бұл олардың кеңінен қолданылуын шектейді. Осы мәселені шешу үшін зерттеушілер GPS және акселерометр құрылғыларын біріктіріп, ішкі және сыртқы кеңістікте болған уақытты автоматты түрде анықтайтын алгоритм әзірледі.

Зерттеу барысында университеттің бес студенті арнайы құрылғыларды екі сағат бойы беліне тағып жүрді. Қатысушылар GPS құрылғысы (Canmore GT-730FL-S) және акселерометр (ActiGraph wGT3X-BT) көмегімен әр 5 секунд сайын координаталарын тіркеп, сонымен бірге өз әрекеттерін күнделікке жазып отырды. 2.2-суретте GPSAS_Destinations бағдарламасы арқылы өңделіп, уақытша кеңістіктік кластерлер анықталады. Кейін мәліметтер R бағдарламасында талданып, қосымша факторлар ретінде ғимараттардың картографиялық деректері, жарық сенсоры (lux) көрсеткіштері және саябақ орындары пайдаланылды.



2.2-сурет – GPSAS_Destinations арқылы анықталған нүктелік кластерлер

Нәтижесінде, жаңа әдіс ашық немесе жабық кеңістікте болған уақытты 89.58% дәлдікпен анықтай алды (Каппа = 0.78). Бұл оның жоғары сенімділік деңгейін көрсетеді. Дегенмен, кейбір жағдайларда қателіктер байқалды. Мысалы, ғимарат ішінде орналасқан GPS сигналдары кездейсоқ ауытқулар берді, ал жарық сенсоры терезеге жақын болғандықтан, кейбір ішкі кеңістіктер сыртқы орта ретінде анықталды. 2.3 кестеде зерттеу жұмысы бойынша GPS трекерінің техникалық сипаттамасы көрсетілген.

Кесте 2.3 – GPS трекерінің техникалық сипаттамасы

Параметр	Сипаттамасы
Құрылғылар	Canmore GT-730FL-S (GPS), ActiGraph wGT3X-BT (Акселерометр)
GPS деректерді тіркеу интервалы	5 секунд
Тест ұзақтығы	2 сағат
Қатысушылар саны	5 адам
Ашық/жабық кеңістікті анықтау дәлдігі	89.58%
Қолданылған әдістер	GPS кластерлеу (GPSAS_Destinations), жарық сенсоры (lux), ғимарат карталары

Бұл әдістің басты артықшылығы – оны әртүрлі GPS құрылғыларымен және акселерометрлермен қолдануға болатыны. Ол адамдардың ашық кеңістікте қанша уақыт өткізетінін дәлірек өлшеуге мүмкіндік береді және денсаулық, қалалық жоспарлау мен экология салаларында кеңінен қолданылуы мүмкін.

Ірі қара малдың жайылымда қанша қашықтық жүретінін нақты өлшеу – мал шаруашылығында маңызды міндеттердің бірі. [25] зерттеу жұмысында LoRa-WAN технологиясы бар GPS және акселерометр құрылғыларын

біріктіре отырып, малдың қозғалысын нақты уақыт режимінде бақылау әдістері қарастырылды. Жайылымдағы алты сиырға Abeeway® Industrial Trackers US915 құрылғылары бекітілсе, тағы алты бақылау құрылғысы стационарлық түрде орнатылды. GPS деректері 15 минут сайын, ал қозғалыс белсенділігі бір минут сайын тіркеліп отырды. Деректерді өңдеу барысында әртүрлі әдістер қолданылып, қозғалысты өлшеудің дәлдігін арттыруға тырысты. Алғашқы әдіс ретінде шикі GPS деректері (RawDist) алынды, бірақ бұл әдіс қозғалысты дұрыс көрсете алмады. Екінші әдісте дұрыс емес GPS координаталары (CorrectedDist) сүзіліп, қашықтық өлшеу көрсеткіші нақтырақ болды. Ал үшінші әдіс – түзетілген және статикалық күйдегі GPS деректері (CorrectedDist_Act), яғни қозғалыссыз күйдегі деректер де алынып тасталған есептеулер ең дәл нәтиже көрсетті. Талдау нәтижелеріне сүйенсек, GPS пен акселерометр деректерін біріктіру малдың жүріп өткен қашықтығын әлдеқайда нақты өлшеуге мүмкіндік береді. Осылайша, CorrectedDist_Act әдісі мал мен бақылау құрылғылары арасындағы қозғалыс айырмашылығын дәл көрсетті, бұл жаңа технологияларды мал шаруашылығына енгізудің тиімділігін дәлелдейді. LoRa-WAN сенсорларының арқасында фермерлер жайылымдағы малдың мінез-құлқын бақылап, нақты уақыт режимінде деректер ала алады, бұл малдың денсаулығы мен жайылымдық әдеттерін жақсартуға көмектеседі. 2.4 кестеде зерттеу жұмысы бойынша GPS трекерінің техникалық сипаттамасы көрсетілген.

Кесте 2.4 – GPS трекерінің техникалық сипаттамасы

Параметр	Сипаттамасы
Зерттеу орны	Clayton Livestock Research Center (Жаңа Мексико)
Құрылғылар	LoRa-WAN байланысы бар Abeeway® Industrial Trackers US915
GPS деректерді тіркеу интервалы	15 минут
Қозғалыс деректерін тіркеу интервалы	1 минут
Сынақ мерзімі	7 күн
Зерттелген әдістер	RawDist, CorrectedDist, CorrectedDist_Act
Дәлдігі жоғары әдіс	CorrectedDist_Act (GPS + акселерометр)

Қаржылық ұйымдар көлікті сатып алу кезінде несие алған тұтынушылардың төлем қабілеттілігін бақылау мақсатында олардың көліктеріне GPS трекерлер орнатуы мүмкін. Алайда, бұл құрылғылар тұтынушылардың келісімінсіз орнатылған жағдайда, олардың жеке өміріне қол сұғу және заңсыз тыңдау мәселелері туындайды. GPS деректері арқылы қаржылық ұйымдар тұтынушылардың қайда жүргенін, қай уақытта қандай жерлерде болғанын бақылай алады, бұл заң тұрғысынан жеке өмірдің бұзылуы ретінде қарастырылады.

Заңдық тұрғыдан алғанда, тұтынушы өз көлігін бақылауға алынғанын білмесе, бұл әрекет тұтынушылар құқығын қорғау туралы заңдарға қайшы келеді. Мұндай жағдайда тұтынушылар BPSK (тұтынушылар дауларын шешу

агенттігіне) немесе сотқа талап-арыз беруге құқылы. Егер мәселе сотқа жетсе, қаржылық ұйым азаматтық немесе қылмыстық жауапкершілікке тартылуы мүмкін. Кейбір елдерде мұндай заңсыз әрекет үшін айыппұл салу немесе тіпті бас бостандығынан айыру жазасы қарастырылған. 2.5 кестеде зерттеу жұмысы бойынша GPS трекерінің техникалық сипаттамасы көрсетілген.

Кесте 2.5 – GPS трекерінің техникалық сипаттамасы

Параметр	Сипаттамасы
Құқықтық мәселе	GPS арқылы заңсыз тыңдау және жеке өмірге қол сұғу
Қаржылық ұйымдардың әрекеті	Тұтынушылардың келісімінсіз GPS трекерлерді орнату
Тұтынушылардың құқықтары	BPSK немесе сот арқылы талап-арыз беру
Құқықтық салдары	Азаматтық немесе қылмыстық жауапкершілік
Мүмкін санкциялар	Айыппұл немесе түрме жазасы

GPS трекерлерді тұтынушының келісімінсіз орнату қаржылық ұйымдардың заңсыз әрекетке баруына әкелуі мүмкін, себебі бұл адамдардың жеке деректерін бақылау және олардың жүріс-тұрысын заңсыз қадағалау болып табылады. Сонымен қатар, тұтынушыларға өздерінің қозғалысы туралы мәліметтерді қадағалау құқығы берілмеген жағдайда, бұл олардың құқықтарының бұзылғанын көрсетеді. Осы себепті, заңсыз GPS орнату мәселесі тұтынушылардың құқықтарын қорғау, қаржылық ұйымдардың жауапкершілігін күшейту және заңды қатаңдату қажеттілігін айқындайды [18].

Құрлықтық және су экожүйелеріндегі макропластиктердің таралуын бақылау маңызды мәселе болып табылады, алайда бұл үшін қолданылатын әдістердің тиімділігі әртүрлі. Осы зерттеуде ғалымдар пластиктің мөлшерін анықтау және мониторинг жүргізудің ең тиімді жолдарын табу үшін сарапшылардың пікірін жинақтады. Олар визуалды бақылау, дронмен түсіру, спутниктік түсірілімдер және GPS/GNSS трекерлерін қолдану сияқты төрт әдісті салыстырып, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін зерттеді.

Зерттеуге пластикалық ластану мәселесімен айналысатын 100 сарапшы шақырылып, олардың 46-сы жауап берген. Қатысушылар кемінде үш жылдық тәжірибесі бар зерттеушілер болды. Оларға әр әдісті пластикті анықтау қабілеті, зерттеу аймағына қолжетімділік, қоқысты жинау мүмкіндігі және уақыт шығыны бойынша бағалау ұсынылды.

Нәтижелер көрсеткендей, пластиктің таралуын бақылауда ең тиімді әдістер – визуалды бақылау мен дронмен түсіру болды. Визуалды бақылау (3.5 ұпай) пластиктің түрін нақты анықтап, оны бірден жинауға мүмкіндік беретіні үшін ең жоғары бағаланды. Дронмен түсіру әдісі (2.0 ұпай) кең аумақтарды қамту мүмкіндігімен және жоғары ажыратымдылықтағы суреттер түсіретіндігімен ерекшеленді. Ал спутниктік түсірілімдер (1.2 ұпай) және GPS/GNSS трекерлерін қолдану (0.7 ұпай) төмен бағаланды, себебі бұл әдістердің қолдану аясы шектеулі, әрі далалық зерттеулермен толық дәлелденбеген.

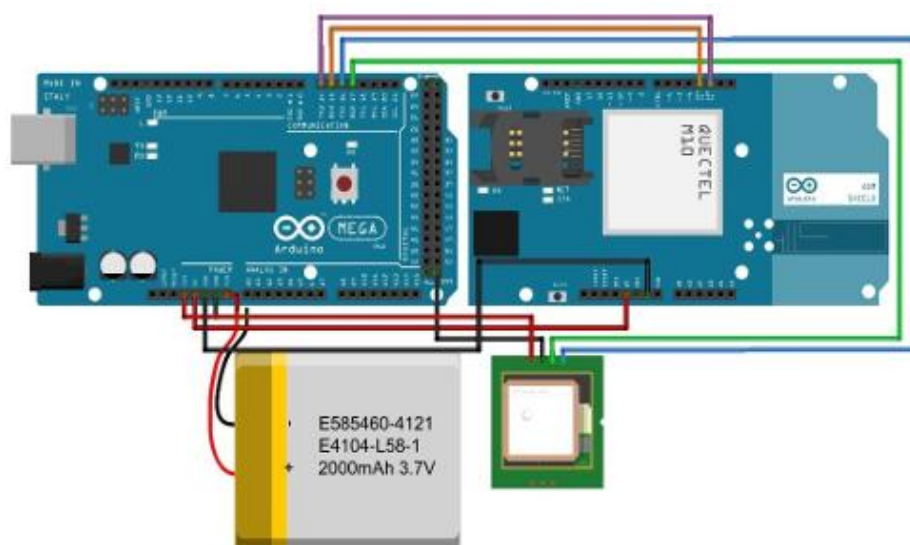
Зерттеуде сонымен қатар бақылау әдістерін қолдану ерекшеліктері анықталды. Мысалы, жоғары табысты елдерде спутниктік түсірілімдер мен GPS/GNSS трекерлерін қолдану жиі кездессе, орта және төмен табысты елдерде визуалды бақылау мен дронмен түсіру кеңінен таралған. 2.6 кестеде зерттеу жұмысы бойынша GPS трекерінің техникалық сипаттамасы көрсетілген.

Кесте 2.6 – GPS трекерінің техникалық сипаттамасы

Параметр	Сипаттамасы
Зерттеу әдістері	Визуалды бақылау, дрон, спутник, GPS/GNSS
Сарапшылар саны	46 (100 шақырылған)
Ең тиімді әдістер	Визуалды бақылау (3.5/5), дронмен түсіру (2.0/5)
Төмен бағаланған әдістер	Спутник (1.2/5), GPS/GNSS (0.7/5)
Қолдану аймағы	Өзендер, теңіздер, жағалаулар, қалалық сулар
Жаңа технологиялар	AI және машиналық оқыту алгоритмдері

Зерттеу нәтижелері болашақта пластик мониторингін автоматтандыру үшін машиналық оқыту (AI) мен терең оқыту (deep learning) әдістерін қолданудың маңыздылығын көрсетеді. Сарапшылардың пікірінше, бұл технологиялар деректерді өңдеуді жылдамдатып, зерттеулерді тиімдірек жүргізуге көмектеседі. Бұл зерттеу пластикалық ластануды бақылау әдістерін біріздендіруге және болашақ зерттеулерге негіз қалыптастыруға ықпал етеді [26].

Көлікті бақылаудың қазіргі таңда үш негізгі түрі бар: ұялы телефон арқылы жұмыс істейтін бақылау жүйелері, сымсыз пассивті құрылғылар және нақты уақыт режимінде спутниктік бақылау жүргізетін трекерлер. Бұл зерттеу барысында Arduino MEGA 2560 микроконтроллері негізінде GSM және GPS модульдерін қолданатын арнайы жүйе жасалды. 2.3-суретте – GPS бақылау модулі көрсетілген.



2.3-сурет – GPS бақылау модулі

Оның жұмыс істеу принципі үш негізгі кезеңнен тұрады. Бірінші кезеңде барлық аппараттық жабдықтар қосылып, олардың байланысы тексеріледі. Одан кейін GSM және GPS модульдері арқылы деректерді жіберу процесі орындалады. Соңғы кезеңде көліктің орнын анықтау, GPS координаталарын жинау және оларды өңдеу жүргізіледі.

Жүйенің негізгі құрылғылары Arduino MEGA 2560 микроконтроллері, SIM900A GSM модулі, GY-NEO6MV2 GPS модулі және діріл сенсоры болып табылады. Егер көлік жол апатына ұшыраса, діріл сенсоры дірілдің шекті деңгейден асып кеткенін анықтап, GPS модулі арқылы координаталарды алады, ал GSM модулі бұл ақпаратты жедел қызметтерге немесе жүргізушінің жақындарына SMS арқылы жібереді. 2.7 кестеде зерттеу жұмысы бойынша GPS трекерінің техникалық сипаттамасы көрсетілген.

Кесте 2.7 – GPS трекерінің техникалық сипаттамасы

Компонент	Функциясы
Arduino MEGA 2560	Бүкіл жүйені басқару
SIM900A GSM модулі	GPS координаталарын SMS арқылы жіберу
GY-NEO6MV2 GPS модулі	Көліктің нақты орнын анықтау
Діріл сенсоры	Апатты анықтап, деректерді жіберуді іске қосу

Бұл жүйенің ерекшелігі – оның сенімділігі мен тиімділігі. MATLAB симуляциясы арқылы тексерілген бұл жүйе тәжірибелік сынақтарда оң нәтиже көрсеткен. Сонымен қатар, болашақта оның мүмкіндіктерін кеңейту үшін қосымша сенсорлар мен жасанды интеллект технологияларын қолдану мүмкіндігі қарастырылуда. Осылайша, бұл технология көліктердің қауіпсіздігін арттырып, төтенше жағдайларда жылдам әрекет етуге мүмкіндік береді [27].

Деменциямен ауыратын адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін GPS трекерлерін пайдалану олардың тәуелсіздігін сақтауға және күтушілердің жүктемесін азайтуға көмектесетін тиімді құрал болуы мүмкін. Бұл зерттеу GPS трекерлерінің осындай пациенттер үшін қаншалықты пайдалы екенін және олардың қамқоршыларына қандай әсер ететінін анықтау мақсатында жүргізілді. Сонымен қатар, бұл құрылғылардың науқастарды 24 сағаттық күтімге көшіру мерзімін кешіктіруге және жоғалған пациенттерді іздеуде полицияның араласуын азайтуға ықпалы бағаланды.

Зерттеуге 45 адам және олардың қамқоршылары қатысты, әрқайсысына GPS трекері беріліп, олар алты ай бойы құрылғыны пайдаланып, тәжірибелері туралы деректермен бөлісті. Сонымен қатар, фокус-топтық талқылаулар жүргізіліп, нәтижелер талданды. Зерттеу нәтижесінде қатысушылардың 76%-ы (34 адам) GPS трекерлерін сәтті қолданып, зерттеуді аяқтады, ал қалғандары түрлі себептермен қатысуды тоқтатты. GPS жүйесін қолдану пациенттердің қозғалысына қойылатын шектеулерді азайтып, олардың тәуелсіздігін арттырды. Күтушілер үшін бұл құрылғы науқастарды бақылауды жеңілдетіп, психологиялық жүктемені төмендетті, полицияға немесе әлеуметтік

қызметтерге жүгіну қажеттілігін азайтты. Сонымен қатар, 24 сағаттық күтімге көшу мерзімі кейінге шегерілді, бұл пациенттердің өз үйлерінде ұзағырақ тұруына мүмкіндік берді.

GPS трекерлері бірнеше маңызды функцияларды орындады. Қозғалысты бақылау арқылы күтушілер науқастың қайда жүргенін қосымша арқылы көре алды. Гео-қоршау (Geofencing) функциясы егер науқас белгіленген аймақтан шығып кетсе, күтушіге бірден хабар беруге мүмкіндік берді. Екі жақты байланыс науқасқа күтушімен байланысу үшін арнайы түймені басуға жағдай жасады. Құлау сенсоры науқас құлап қалған жағдайда күтушіге автоматты түрде хабарлама жіберді, ал батарея деңгейін бақылау функциясы құрылғының қуаты таусылуға жақын болғанда ескерту беріп отырды.

Қатысушылар құрылғыны қалтасында, мойнында, сөмкесінде немесе кілтке тағылған күйде алып жүрген. Көпшілігі трекердің ең пайдалы функциялары ретінде нақты уақыттағы бақылауды, екі жақты байланысты және гео-қоршауды атап өтті. Фокус-топтық талқылаулар барысында GPS трекерлерінің тиімділігі расталғанымен, кейбір қиындықтар да байқалды. Мысалы, кейбір науқастар құрылғыны тағудан бас тартты, ал орналасу деректерінің дәлдігі кейде өзгеріп отырды. 2.8 кестеде зерттеу жұмысы бойынша GPS трекерінің техникалық сипаттамасы көрсетілген.

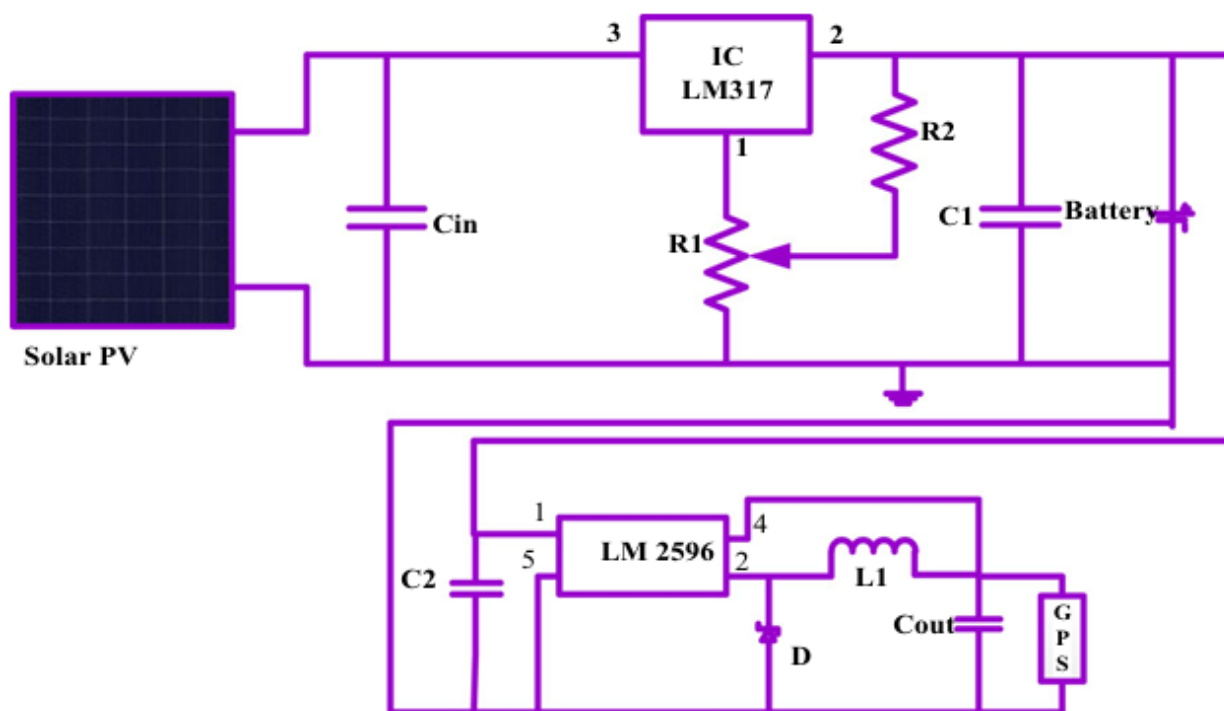
Кесте 2.8 – GPS трекерінің техникалық сипаттамасы

Параметр	Сипаттамасы
Қатысушылар саны	45 адам (34 адам зерттеуді аяқтады)
Негізгі нәтиже	GPS трекерлері пациенттердің тәуелсіздігін арттырып, қамқоршылардың жүктемесін азайтты
Қолдану тәсілдері	Қалтасына салу, кілтке тағу, мойынға ілу, сөмкеге салу
Ең жиі қолданылған функциялар	Орналасу тарихын сақтау, екі жақты байланыс, гео-қоршау
Негізгі артықшылықтар	Тәуелсіздікті арттыру, жоғалған жағдайда тез табу, полиция араласуын азайту

Бұл зерттеу GPS трекерлерін деменцияға шалдыққан адамдар үшін күнделікті өмірде пайдаланудың тиімді екенін дәлелдеді. Мұндай технология олардың өз үйлерінде ұзағырақ өмір сүруіне, ал күтушілердің оларды қауіпсіз әрі ыңғайлы қадағалауына мүмкіндік береді. Болашақта үлкенірек зерттеулер жүргізу және GPS трекерлерінің технологиясын жетілдіру қажеттілігі бар [28].

GPS трекерлерді үздіксіз қуат көзімен қамтамасыз ету – олардың тиімділігі мен ұзақ мерзімді жұмысын қамтамасыз етудің маңызды аспектісі. Әсіресе электр көліктерінде және қашықтағы мониторинг жүйелерінде бұл құрылғылар тұрақты қуатқа тәуелді, алайда батареяның шектеулі ресурсы жиі қайта зарядтауды қажет етеді. Осы мәселені шешу үшін зерттеуде күн энергиясын пайдаланатын жаңа зарядтау контроллері әзірленді. Бұл жүйе GPS трекерлерін тұрақты қуат көзімен қамтамасыз етіп, олардың үздіксіз жұмыс істеуін жеңілдетеді.

Зарядтау контроллері күн панельдерінен алынған қуатты тиімді басқаруға мүмкіндік береді, осылайша батарея тұрақты деңгейде зарядталып, GPS трекері үздіксіз 5 В кернеумен жұмыс істей алады. Зерттеу нәтижесінде күн панелінің шығыс кернеуі 10 В-қа дейін жететіні, ал батареяның 12.4 В деңгейінде тұрақты күйде қалатыны анықталды. Бұл GPS трекеріне үздіксіз энергия беруді қамтамасыз етіп, құрылғының сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін арттырады. GPS трекерге арналған зарядтау контроллері 2.4-суретте көрсетілген.



2.4-сурет – GPS трекерге арналған зарядтау контроллері

Жүйе бірнеше негізгі компоненттерден тұрады. Күн панелі батареяны қуаттандыру үшін қажетті энергияны өндіреді. Зарядтау контроллері кернеуді тұрақтандырып, батареяның шамадан тыс зарядталуын немесе тез разрядталуын болдырмайды. LM317 кернеу реттегіші GPS трекерге қажетті тұрақты 5 В кернеуді береді, ал қорғау жүйесі құрылғыны артық кернеу мен температуралық өзгерістерден қорғайды.

Бұл шешімнің бірнеше артықшылықтары бар. Біріншіден, батареяны жиі ауыстыру қажеттілігін азайтып, техникалық қызмет көрсету шығындарын төмендетеді. Екіншіден, күн энергиясын пайдалану арқылы экологиялық таза шешім ретінде қарастырылады. Үшіншіден, қашықтағы мониторинг жүйелерін үздіксіз жұмыс істеуге мүмкіндік береді, бұл көлік парктерін басқару, активтерді бақылау және логистикалық операцияларды жетілдіру үшін өте маңызды. 2.9 кестеде зерттеу жұмысы бойынша GPS трекерінің техникалық сипаттамасы көрсетілген.

Кесте 2.9 – GPS трекерінің техникалық сипаттамасы

Компонент	Функциясы
Күн панелі	10 В қуат өндіреді, батареяны зарядтайды
Батарея (12В, 7.5Ah)	GPS трекерге тұрақты қуат көзі
LM317 кернеу реттегіші	GPS трекерге тұрақты 5 В береді
Қорғау жүйесі	Артық кернеу мен температурадан қорғау

Зерттеу нәтижелері бұл жүйенің GPS трекерлерін энергиямен қамтамасыз ету мәселесін шешуге қабілетті екенін дәлелдеді. Эксперименттік сынақтар оның тұрақты жұмыс істейтінін және энергияны тиімді пайдаланатынын көрсетті. Болашақта бұл технология электр көліктерінде, флотты басқаруда және ақылды көлік жүйелерінде кеңінен қолданылуы мүмкін, себебі ол энергияны тиімді пайдалану және үздіксіз бақылау жүргізуге мүмкіндік береді [29].

2.2 GPS трекерлердің деректерді жіберу және қабылдау мүмкіндіктері

GPS трекерлер деректерді жіберу және қабылдау үшін әртүрлі технологияларды қолданады. Invoxia GPS трекері бұл процесті барынша тиімді ету үшін SIM-картасыз жұмыс істейді және LoRa & Sigfox төмен қуатты желілерін пайдаланады, бұл оның ұзақ автономды жұмыс істеуіне мүмкіндік береді. Құрылғы әр 10 минут сайын орналасу нүктелерін жібереді, бірақ бұл параметрді пайдаланушы қалауы бойынша өзгерте алады. Гео-қоршау (Geofencing) функциясы белгілі бір аймақтан объекті шыққан немесе кірген кезде хабарлама жіберуге мүмкіндік береді. GPS модулі ашық кеңістікте жоғары дәлдікпен жұмыс істесе, жабық орындарда Wi-Fi Positioning System (WPS) және Bluetooth технологиялары қосымша навигация көзі ретінде пайдаланылады. Батарея 1-6 айға дейін жұмыс істейді, ал қуат деңгейі 20%-дан төмендегенде пайдаланушыға ескерту келеді. Деректерді қорғау және құрылғының үздіксіз жаңартылуын қамтамасыз ету үшін Bluetooth арқылы қауіпсіз қосылу мүмкіндігі бар [30].

GPS жүйесі бүкіл әлем бойынша тегін қолжетімді және оның жұмыс істеу принципі спутниктерден келетін сигналдарды қабылдап, объектінің орналасуын анықтауға негізделген. GPS құрылғылары ең кемінде үш спутниктің сигналын қабылдауы керек, бұл әдіс триангуляция немесе дәлірек айтқанда трилатерация деп аталады. Егер құрылғы төрт немесе одан да көп спутниктің сигналын алса, ендік пен бойлық қана емес, биіктік те анықталады. Сонымен қатар, GPS объектінің қозғалыс бағытын, жылдамдығын және жүру қашықтығын есептей алады, бұл оны көлік қозғалысын бақылау, логистика және қауіпсіздік жүйелерінде кеңінен қолдануға мүмкіндік береді [1].

GPS модулі спутниктерден сигнал қабылдап, объектінің ендігін, бойлығын және биіктігін есептейді, ал GPRS желісі бұл деректерді сымсыз

байланыс арқылы серверге жібереді. Егер GPS қабылдағыш кем дегенде үш спутниктің сигналын қабылдаса, екі өлшемді орналасуды, ал төрт немесе одан көп спутниктің көмегімен үш өлшемді координаттарды анықтай алады. Алынған ақпарат Google Earth немесе Google Maps секілді картографиялық жүйелер арқылы визуалды түрде көрсетіліп, пайдаланушыға нақты уақытта бақылау жасауға мүмкіндік береді. Егер байланыс уақытша үзілсе, трекер жинақталған деректерді MMC жадысында сақтап, байланыс қалпына келген кезде серверге қайта жібереді. Зерттеу жұмысында жасалған GPS бақылау құрылғысы 2.5-суретте көрсетілген [2].



2.5-сурет – GPS бақылау құрылғысы

2.3 GPS трекерлердің сенімділігі мен дәлдігін бағалау әдістері

GPS трекерлердің сенімділігін бағалау үшін оның орналасуды анықтау дәлдігі, деректерді беру тұрақтылығы және автономды жұмыс уақыты зерттеледі. Invoxia GPS трекері нақты уақытта қозғалысты бақылау және деректерді үздіксіз жіберу мүмкіндігіне ие. Ашық кеңістікте GPS модулі жоғары дәлдікпен жұмыс істесе, ғимарат ішінде WPS және Bluetooth технологиялары қосымша қолданылады. Сенімділікті арттыру үшін маршрутты бақылау, қозғалыс барысында алынған деректердің жиілігін тексеру және әртүрлі навигация көздерінен алынған мәліметтерді салыстыру әдістері пайдаланылады. Батарея қуатын үнемдеу үшін құрылғы қозғалыс кезінде ғана белсенді болып, тұрақта тұрғанда энергия тұтынуды азайтады. GPS координаттарының нақты болуын қамтамасыз ету үшін орналасу деректерінің өзгерісін талдау және алынған сигналдарды сүзу әдістері қолданылады. 2.6-суретте – Invoxia GPS қолданбасы: Кеңейтілген функциялар көрсетілген [30]. Сонымен қатар GPS трекерлердің сенімділігі мен дәлдігіне бірнеше фактор әсер етеді. Спутниктердің орналасуы, сигналдардың атмосферадан өту барысында кідірісі және кедергілердің болуы құрылғының

көрсеткіштеріне әсер етуі мүмкін. GPS сигналдары жерден 20 000 км биіктіктегі спутниктерден жіберілетіндіктен, кішкене уақыттық ауытқулардың өзі бірнеше жүз метрлік дәлсіздікке әкелуі мүмкін. Осы мәселені шешу үшін жердегі бақылау станциялары спутниктердің нақты орнын тексеріп, түзетілген мәліметтерді қайта жібереді. Сондай-ақ, GPS қабылдағыш ішіндегі алгоритмдер алынған сигналдарды бір-бірімен салыстырып, дәлсіздіктерді азайтады. Дифференциалды GPS (DGPS) және Жаксартылған GPS (AGPS) әдістері де дәлдікті арттыру үшін қолданылады. DGPS жүйесі стационарлық қабылдағыштарды пайдаланып, жергілікті жердегі сигнал қателіктерін түзетеді, ал AGPS мобильді құрылғыларды ұялы желі арқылы қосып, қосымша түзету деректерін жібереді, бұл әсіресе қалалық ортада, ғимарат ішінде немесе тығыз орманды аймақтарда дәлдікті арттыруға мүмкіндік береді [1].



(a)

GPS трекердің орналасқан жерін анықтау. Invoxia GPS трекері өзінің орналасқан жерін сіз Roadie GPS қолданбасында таңдаған жиілікке байланысты жібереді.



(ә)

Географиялық аймақтарды орнату арқылы GPS трекер кіргенде немесе шыққанда хабарлама жібереді.



(б)

Белгілі бір уақыт аралығын таңдап және сол кезеңде Invoxia GPS трекерінің нақты бағытын көруге болады.

2.6-сурет – Invoxia GPS қолданбасы: Кеңейтілген функциялар

GPS қабылдағыштары бірнеше спутниктен сигнал алып, триангуляция әдісі арқылы орналасуды есептейді, алайда кейбір жағдайда сигнал атмосфералық құбылыстар немесе ғимараттардың шағылысуы салдарынан

бұрмалануы мүмкін. Бұл дәлсіздікті азайту үшін AGPS (Assisted GPS) және DGPS (Differential GPS) технологиялары қолданылады. AGPS мобильді желілерді пайдалана отырып қосымша сигналдарды өңдейді, ал DGPS жердегі қабылдағыштар арқылы спутниктік сигналдардың дәлдігін арттырады. Бұл әдістер GPS трекерлерінің орналасу дәлдігін айтарлықтай жақсартып, нақты уақыттағы бақылау мүмкіндігін береді [2].

2.4 GPS трекерлерді таңдау критерийлері

GPS трекер таңдау кезінде бірнеше маңызды факторларды ескеру қажет. Байланыс технологиясы құрылғының қаншалықты тиімді жұмыс істейтінін анықтайды. 2.7-суретке сәйкес SIM-картасыз жұмыс істейтін және төмен қуатты желілерді (LoRa, Sigfox) пайдаланатын трекерлер ұзақ уақыт бойы қуат көзін қажет етпей жұмыс істей алады. 2.8-суретке сәйкес батареяның қызмет ету мерзімі де маңызды, себебі ұзақ автономды жұмыс пайдаланушыға қосымша ыңғайлылық береді – Invoxia GPS трекері 1-6 ай аралығында жұмыс істейді және қуат деңгейі төмендегенде хабарлама жібереді. Гео-қоршау функциясы объектінің белгіленген аймақтан шыққанын немесе кіргенін бақылауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, Wi-Fi позициялау (WPS) және Bluetooth қолдауы жабық кеңістікте нақты деректерді алуға көмектеседі. Құрылғының ықшамдығы мен жеңілдігі оны тасымалдау мен орнату процесін жеңілдетеді – Invoxia GPS трекері ықшам, жеңіл және кез келген жерде оңай бекітіледі. Сыртқы ортаға төзімділігі мен беріктігі құрылғының ұзақ мерзімді пайдалануға жарамдылығын қамтамасыз етеді. Баға мен қызмет көрсету шығындары да маңызды рөл атқарады – Invoxia GPS трекері үш жылдық тегін желі жазылуымен бірге ұсынылады, бұл қосымша шығындарды азайтып, пайдаланушыға ұзақ уақыт бойы сенімді қызмет көрсетеді.



2.7-сурет – SIM-картасыз жұмыс істейтін трекер

Invoxia GPS трекері адамды артық әуре-сарсаңнан құтқарады – оған SIM картасы да, қосымша мобильді жазылым да қажет емес. Ол басқа құрылғыларға қарағанда әлдеқайда тиімді және автономды жұмыс істеу үшін төмен қуатты желілерді қолданады. Ең бастысы, оны сатып алғанда қосымша төлем жасау керек болмайды. Себебі, құрылғы бірден 3 жылдық тегін жазылыммен келеді. Ал үш жылдан кейін де шығын айтарлықтай төмен болады: жылына бар болғаны 9,99 €, бұл айына небәрі 0,83 € ғана, әрі жазылымды қолданба арқылы оңай жаңартуға мүмкіндік береді. Құрылғы адам тұрған аймақта қолжетімді ме екенін білу үшін Sigfox сайтына кіріп, географиялық қамту аймағын тексеріп алуға болады.



2.8-сурет – Invoxia GPS трекері

Invoxia GPS трекері – сенімділігі мен ыңғайлылығымен ерекшеленетін құрылғы. Ол қашықтыққа ешқандай шектеу қоймай, кез келген жерде GPS арқылы нақты орынды көрсетеді. Бұл құрылғы әрдайым хабардар етіп отырады – егер алдын ала белгіленген аймақтарға кірсе немесе олардан шықса, смартфонға бірден ескерту келеді. Ол әр 10 минут сайын орналасқан жерін жаңартып отырады, бірақ бұл көрсеткіш қозғалысқа, желіге және басқа да параметрлерге байланысты өзгеруі мүмкін. Сондай-ақ, белгілі бір уақыт аралығында жүрген жолды дәл көрсету мүмкіндігі бар. Қуаттау да оңай – құрылғы Micro USB арқылы зарядталады, және зарядтау кабелі жиынтыққа кіреді. Ең бастысы, бір рет толық қуатталған батарея 6 айға дейін жұмыс істейді, сондықтан оны жиі қуаттаудың қажеті жоқ [30].

GPS трекерді таңдағанда бірнеше маңызды факторларды ескеру қажет. Дәлдігі – басты критерийлердің бірі, өйткені жоғары сапалы GPS трекер спутниктермен тұрақты және сенімді байланыс орната алуы керек. Ашық кеңістікте GPS дәл жұмыс істесе де, ғимараттар арасында немесе қалың орманда сигнал әлсіреуі мүмкін, сондықтан AGPS немесе DGPS технологияларын қолдайтын құрылғылар анағұрлым нақты нәтиже береді.

Батареяның ұзақ жұмыс істеуі де маңызды, себебі қуаты тез бітетін құрылғыларды жиі қуаттау қажет, бұл олардың тиімділігін төмендетуі мүмкін. Автономды жұмыс уақыты ұзақ трекерлер көліктерді бақылау, жүктерді тасымалдау немесе табиғатты зерттеу секілді ұзақ мерзімді бақылау жүргізілетін жағдайларда таптырмас құрал. Байланыс технологиясы да маңызды рөл атқарады – кейбір трекерлер Wi-Fi немесе ұялы желілерді (GSM, LTE) қолданса, басқалары LoRa немесе Sigfox сияқты төмен қуатты желілер арқылы жұмыс істейді, бұл оларды энергияны үнемдеуге және алыстан бақылау мүмкіндігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, гео-қоршау (geofencing), қозғалысты анықтау сенсорлары және нақты уақыттағы хабарламалар жіберу мүмкіндігі сияқты қосымша функциялар трекерді таңдауда маңызды рөл атқарады, өйткені олар пайдаланушыға қажетті мәліметтерді дер кезінде алуға және бақылауды оңтайландыруға мүмкіндік береді [1].

3 Адамдар мен жануарларды іздеу үшін GPS трекерлерін жобалау

3.1 GPS трекерлердің жұмыс істеу дәлдігін бағалау

GPS трекердің қаншалықты дәл жұмыс істейтінін анықтау үшін бірнеше маңызды параметрлерді қарастыру қажет. Бұл параметрлер құрылғының нақты координатадан қаншалықты ауытқығанын көрсетеді және оның сенімділігін бағалауға көмектеседі. GPS трекердің қателігін бағалау үшін мына негізгі көрсеткіштерді қолдануға болады: географиялық қате – GPS координаталары мен нақты орналасқан нүкте арасындағы қашықтық (метрмен өлшенеді); орташа ауытқу (Mean Error, ME) – GPS өлшеулерінің орташа нақты нүктеден қашықтығы; қателіктердің таралуы (Standard Deviation, SD) – GPS деректерінің қаншалықты тұрақты екенін анықтайды; CEP (Circular Error Probable) – GPS координаталарының 50%-ы орналасатын радиусты көрсетеді.

GPS өлшенген координаталарын Google Maps-тегі нақты координаталармен салыстыру арқылы қателікті анықтауға болады.

Мысалы, егер GPS құрылғысы ($lat_{measured}$, $lon_{measured}$) координаталарын қайтарса, ал шын мәніндегі нақты орналасқан жер (lat_{true} , lon_{true}) болса, олардың арасындағы қашықтықты (3.1) формуламен есептеуге болады:

$$d = R \times \arccos(\sin(lat_{true}) \times \sin(lat_{measured}) + \cos(lat_{true}) \times \cos(lat_{measured}) \times \cos(lon_{true} - lon_{measured})), \quad (3.1)$$

мұндағы, R – Жердің радиусы (шамамен 6371 км), lat және lon – координаталар (градус түрінде, радианға айналдыру қажет). Егер бірнеше өлшеу жүргізілген жағдайда, олардың орташа мәні (3.2) формуламен есептелінеді:

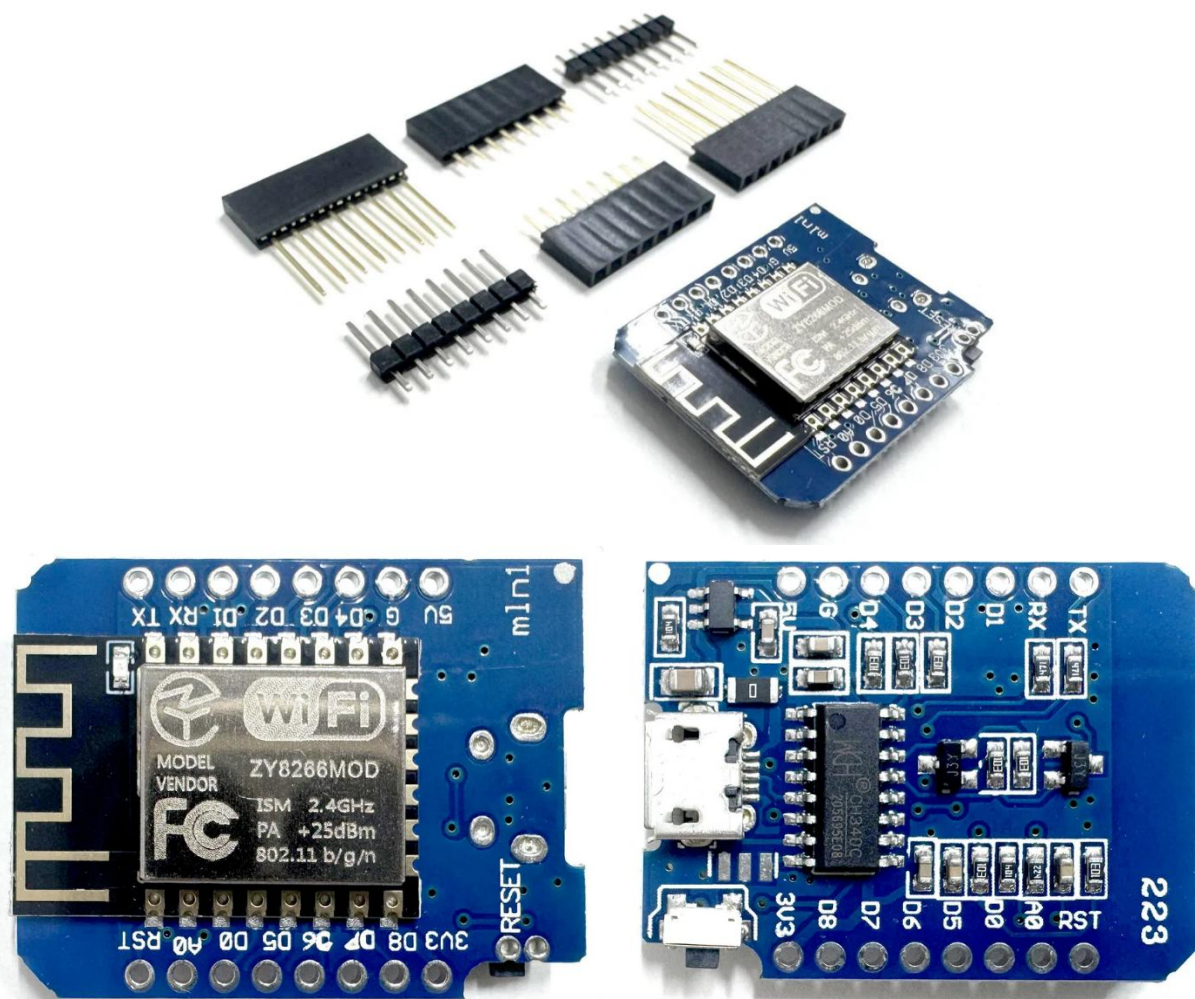
$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N d_i \quad (3.2)$$

Ал өлшеулердің тұрақтылығын анықтау үшін стандартты ауытқуды (3.3) формуламен есептейміз:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (d_i - ME)^2} \quad (3.3)$$

GPS трекердің жұмыс жасау принципіне мыналар жатады:

WeMos D1 mini – шағын, бірақ қуатты Wi-Fi плата. Бұл ESP8266 негізіндегі шағын және қуатты Wi-Fi модулі, ол GPS координаталарын алып, оларды интернет арқылы жіберуге жауап береді. 3.1-суретте WeMos D1 mini модулі көрсетілген. Ал, 3.1 кестеде техникалық сипаттамасы көрсетілген [31].

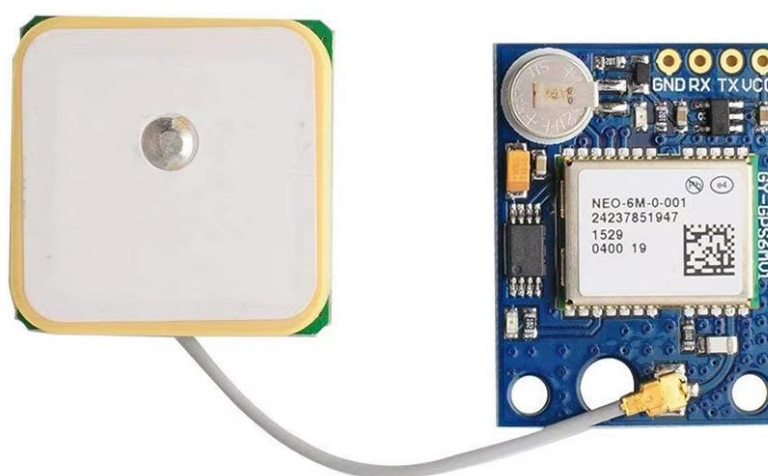


3.1-сурет – WeMos D1 mini

Кесте 3.1 – WeMos D1 mini техникалық сипаттамасы

Сипаттамасы	Мәліметтер
Чип	ESP8266, Wi-Fi 802.11 b/g/n қолдауы
Процессор	32-биттік Tensilica L106, 80 МГц (160 МГц-ке дейін қолдау)
Жад	Flash: 4 МБ
RAM: 50 КБ (қолданбалар үшін)	
Wi-Fi мүмкіндіктері	Точка доступа (AP), станция (STA) және гибриді режим
WPA/WPA2 шифрлау	
GPIO порттары	11 жалпы мақсаттағы кіріс-шығыс (PWM, I2C, SPI қолдауымен)
Қуат кернеуі	5 В (microUSB арқылы) немесе 3.3 В (VCC контакты арқылы)
Интерфейстер	UART, SPI, I2C

NEO-6M GPS модулі – Спутниктерден GPS сигналдарын қабылдап, нақты уақыттағы орналасқан жердің координаталарын анықтайды. GY-GPS6MV2 – GY-GPS6MV1 модулінің жаңартылған нұсқасы, ол жоғары дәлдігі мен сенімділігімен танымал Ublox NEO-6M GPS чіпінің негізінде жасалған. Бұл модуль GPS параметрлерін сақтау үшін кіріктірілген жадымен және баптауларды жоғалтпай сақтау үшін қосалқы батареямен жабдықталған. Arduino, AVR, PIC, ARM сияқты микроконтроллерлермен толық үйлесімді, сондықтан оны әртүрлі жобаларда қолдануға болады. Жинақ құрамына сенімді сигнал қабылдауды қамтамасыз ететін керамикалық антенна кіреді, бұл оны дрондар, автомобильдік GPS құрылғылары, IoT жобалары және навигациялық жүйелер үшін тамаша таңдау етеді. 3.2-суретте NEO-6M GPS модулі көрсетілген. 3.2 кестеде техникалық сипаттамасы көрсетілген [32].



3.2-сурет – NEO-6M GPS модулі [33]

Кесте 3.2 – NEO-6M GPS модулінің техникалық сипаттамасы

Сипаттамасы	Мәні
Жұмыс кернеуі, В	2.7 - 3.6 В
Жоғары сезімталдық	-148 dBm
Жоғары дәлдік	1 мкс
Суық/жылы/ыстық іске қосылу уақыты	38/35/1 сек
Координат жүйесі	WGS-84
Максималды жылдамдық	515 м/с
Биіктік позициясы	18000 м
Жұмыс температурасы, °C	-40°C - +85°C
Өлшемдері	18 x 18 мм

Литий-ионды батарея 3.3-суретте көрсетілген. Ол трекердің автономды жұмысын қамтамасыз етеді.



3.3-сурет – Литий-ионды батарея [34]

Литий батареяларының разряд жылдамдығы әртүрлі болады. Ufine аккумуляторлары 5,0C-ке дейінгі максималды разряд жылдамдығын қолдайды, бұл оларды қысқа уақыт ішінде жоғары қуат шығара алатын сенімді энергия көзіне айналдырады. 3.3 кестеде механикалық сипаттамасы мен 3.4 кестеде электрлік сипаттамасы көрсетілген [34].

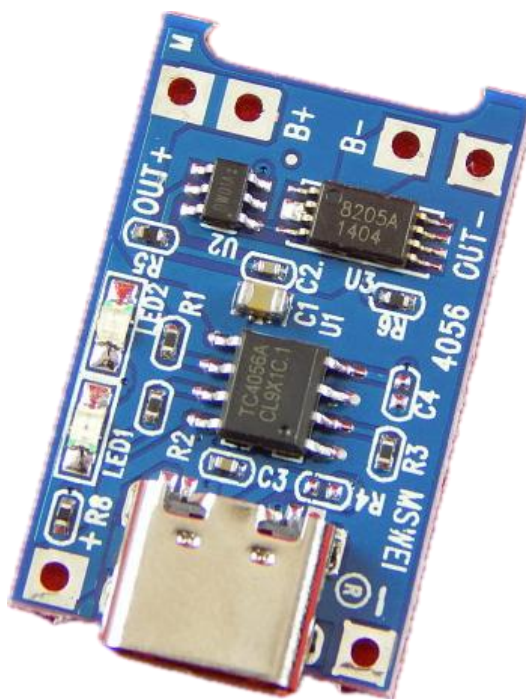
Кесте 3.3 – Механикалық сипаттама

Сипаттамасы	Мәліметтер
Ұяшық түрі	503443
Пакеттелген (ПКМ)	Иә
НТК	Жоқ
Салмағы	Шамамен 15 г
Конфигурация	1C1P

Кесте 3.4 – Электрлік сипаттама

Сипаттамасы	Мәліметтер
Сыйымдылық	750 мА·сағ
Номиналды кернеу	3,7 В
Энергия	2.775 Вт·сағ
Ішкі кедергі	180 мОм-нан аз
Максималды заряд кернеуі	4.2 В
Разрядтың ажырау кернеуі	2.75 В
Максималды заряд тогы	750 мА
Максималды разряд тогы	750 мА
Стандартты заряд тогы	150 мА
Стандартты разряд тогы	150 мА
Зарядтау температурасы	0°C-тан 45°C-қа дейін
Разряд температурасы	-20°C-тан 60°C-қа дейін
Сақтау температура диапазоны	1 жыл (-20°C-тан +30°C-қа дейін) 3 ай (-20°C-тан +45°C-қа дейін) 1 ай (-20°C-тан +60°C-қа дейін)
Жұмыс циклі	100 цикл – ≥92% 300 цикл – ≥89% 500 цикл – ≥80%

TP4056 зарядтау және қорғаныс модулі – Батареяны қауіпсіз зарядтауды және тұрақты қуат беруді басқарады. 3.4-суретте көрсетілген. TP4056 заряд контроллері схеманың ортасында орналасқан, ал оның үстінде зарядтау күйін көрсететін екі жарықдиод бар: қызыл түсті индикатор зарядтау процесі жүріп жатқанын, ал жасыл түсті индикатор зарядтаудың аяқталғанын білдіреді. Контроллердің төменгі жағында R3 резисторы орналасқан, оның номиналын өзгерту арқылы аккумулятордың зарядтау тогын реттеуге болады. TP4056 CC/CV (тұрақты ток/тұрақты кернеу) алгоритмі бойынша жұмыс істейді және зарядтау тогы бастапқы мәnniң 1/10 бөлігіне дейін төмендегенде, зарядтау процесін автоматты түрде аяқтайды. 3.5 кестеде техникалық сипаттамасы көрсетілген [35].



3.4-сурет – TP4056 зарядтау және қорғаныс модулі

Кесте 3.5 – Техникалық сипаттама

Сипаттамасы	Мәліметтер
Өнім түрі	Зарядтау модулі
Қосылу түрі	USB Type-C
Кіріс кернеуі, В	4.35–6 В
Зарядтау тогы	1 А

3.2 GPS сигналының кедергілерге төзімділігін есептеу

GPS модульдерінің сигнал сапасын бағалау үшін SNR (Signal-to-Noise Ratio) көрсеткіші қолданылады. GPS сигналының сигнал-шуыл қатынасы (3.4) формулада көрсетілген. Ол қабылданған сигналдың қуаты мен қоршаған

ортадағы шу деңгейінің арақатынасын сипаттайды және децибелмен (dB) өлшенеді. SNR неғұрлым жоғары болса, GPS сигналы соғұрлым анық әрі тұрақты болады.

$$SNR = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right), \quad (3.4)$$

мұндағы: P_{signal} – GPS сигналының қуаты (Вт), P_{noise} – қоршаған ортадағы шуылдың қуаты (Вт).

GPS сигналының қуаты $P_{signal}=5 \times 10^{-9}$ Вт

Шуыл қуаты $P_{noise}=1 \times 10^{-10}$ Вт

$$SNR = 10 \times \log_{10} \left(\frac{5 \times 10^{-9}}{1 \times 10^{-10}} \right) = 10 \times \log_{10} (50) \approx 10 \times 1.699 = 16.99 \text{ дБ}$$

GPS сигналының кедергілерге қаншалықты төзімді екенін J/S (бөгеуіл қуатының сигналға қатынасы) арқылы анықтауға болады. Бұл көрсеткіш сигналдың бөгеуілдер әсерінен әлсіреу деңгейін бағалауға көмектеседі: J/S мәні неғұрлым жоғары болса, кедергілер GPS қабылдауына соғұрлым қатты әсер етеді. GPS сигналының кедергілерге төзімділігі (3.5) формулада.

$$J/S = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P_{jammer}}{P_{signal}} \right) \quad (3.5)$$

Бөгеуіл қуаты $P_{jammer}=1 \times 10^{-8}$ Вт

GPS сигналының қуаты $P_{signal}=5 \times 10^{-9}$ Вт

$$J/S = 10 \times \log_{10} \left(\frac{1 \times 10^{-8}}{5 \times 10^{-9}} \right) = 10 \times \log_{10} (2) \approx 10 \times 0,301 = 3,01 \text{ дБ}$$

Қозғалыстағы объектілерге GPS сигналының қабылдануына доплерлік ығысу әсер етеді. Бұл құбылыс объектінің жылдамдығына байланысты өзгеріп отырады және (3.6) формула арқылы есептеледі:

$$f_d = \frac{u}{c} \times f_0 \quad (3.6)$$

Объект жылдамдығы $u=30$ м/с

GPS сигнал жиілігі $f_0=1.57542 \times 10^9$ Гц

$$f_d = \frac{30}{3 \times 10^8} \times 1.57542 \times 10^9 = 1.57542 \times 10^9 \times 10^{-7} = 157.542 \text{ Гц}$$

Қозғалыстағы объект үшін доплерлік ығысу шамамен 158 Гц құрайды. SNR және J/S көрсеткіштері GPS сигналының сапасы мен кедергілерге төзімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Доплерлік ығысу қозғалыстағы нысандар үшін сигнал жиілігінің өзгеруін сипаттайды, ол GPS жүйесінің дәлдігін әсер етеді.

3.3 GPS трекерлердің деректерді өңдеу жылдамдығы және олардың байланыс сапасына әсері

GPS трекердің деректерді өңдеу жылдамдығы қоршаған ортадағы түрлі факторларға байланысты өзгеруі мүмкін. Ашық аспан астында және бұлтсыз ауа райында сигнал сапасы жоғары болады, ал тұман, жаңбыр немесе қар радиотолқындардың таралуын бәсеңдетіп, сигналды әлсіретеді. Қатты жауын-шашын кезінде GPS сигналының дәлдігі төмендеп, деректерді өңдеу жылдамдығы баяулайды. Қала ішінде немесе биік ғимараттардың арасында GPS сигналының қабылдануы әлсірейді, себебі спутниктен келген сигналдар ғимараттардан шағылысып, кешігуі немесе бұрмалануы мүмкін, ал жабық ғимараттар мен жер асты тұрақтарында сигнал мүлдем жоғалуы ықтимал. Ашық кеңістікте GPS трекер тұрақты әрі дәл жұмыс істейді, өйткені спутниктермен тікелей байланыс бар, алайда орманды аймақтарда қалың ағаштар да сигналдың әлсіреуіне әсер етуі мүмкін. Жоғары жылдамдықпен қозғалған кезде, әсіресе ұшақ немесе пойызда, GPS сигналының тұрақтылығы төмендеуі ықтимал, себебі доплерлік ығысу күшейіп, сигналдың жиілігі өзгеруі мүмкін, бірақ заманауи GPS құрылғылары бұл әсерді түзетуге қабілетті. Сонымен қатар, GPS сигналы Жер атмосферасының ионосфера және тропосфера қабаттарынан өтетіндіктен, Күн белсенділігі жоғарылаған кезде электромагниттік толқындардың таралуына әсер етіп, сигналдың кідірісіне немесе ауытқуына әкелуі мүмкін. GPS трекердің жұмыс жылдамдығын барынша оңтайлы ету үшін оны ашық жерде, кедергілерден алыс ортада пайдалану ұсынылады.

3.4 Адамдарды және жануарларды іздеу кезінде GPS трекерлердің тиімділігін бағалау

GPS арқылы іздеу процесі спутниктерден алынған координаталарды пайдалану арқылы жүзеге асады. Алдымен GPS модулі жерсеріктерден сигнал қабылдап, пайдаланушының нақты орналасқан жерін анықтау үшін ендік (latitude) пен бойлық (longitude) мәндерін есептейді. Бұл координаталар WGS-84 жүйесінде беріледі және нүктенің Жер бетіндегі нақты орнын көрсетеді. Алынған деректер Google Maps API немесе кез келген картографиялық жүйеге енгізілгенде, бағдарлама координаталарды картаға орналастырып, пайдаланушының тұрған орнын анықтайды. Егер GPS трекер қозғалыста болса, координаталар үздіксіз жаңартылып, картада қозғалыс бағыты мен

маршруты белгіленеді. Осылайша, GPS трекердің көмегімен нақты уақыт режимінде объектінің орналасуын бақылауға болады. 3.5-суретте – Іздеу алгоритмі көрсетілген.



3.5-сурет – Іздеудің құрылымдық сұлбасы

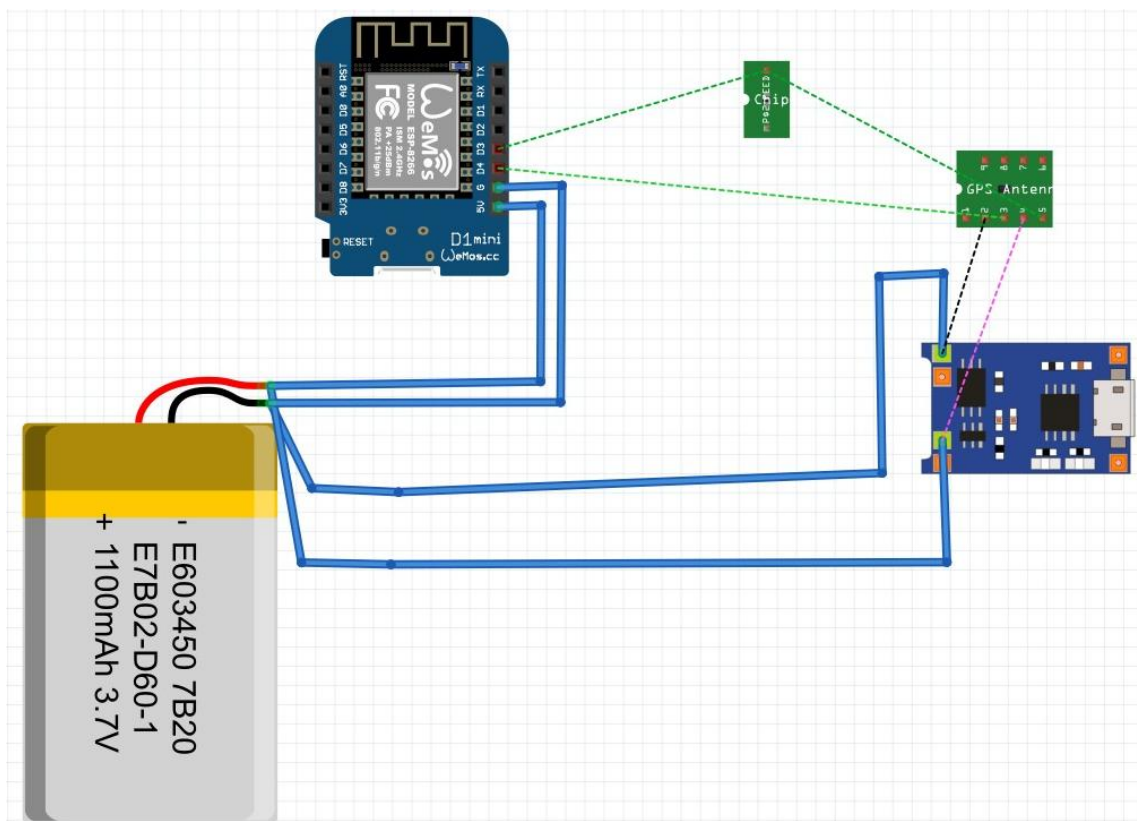
3.5 Адам мен жануарларды іздеу үшін ең қолайлы GPS трекерлерді анықтау

Адам мен жануарларды іздеудегі ең қолайлы GPS трекер жасалынды. Жасалынған GPS трекерді 3.6-суреттен көруге болады. Бұл GPS трекерді жануарларға мойынбау ретінде тағуға болатындай етіп жасалынған. Ал, адамдарға қалтаға немесе сөмкеге салуға болатындай етіп өлшемі кішірейтіліп жасалынды.



3.6-сурет – Жобаланған GPS трекері

GPS трекердің құрылымдық сұлбасы 3.7-суретте көрсетілген. Төмендегі сұлба арқылы адам және жануарларды іздеуге арналған GPS трекер жасалынды.



3.7-сурет – GPS трекердің құрылымдық сұлбасы

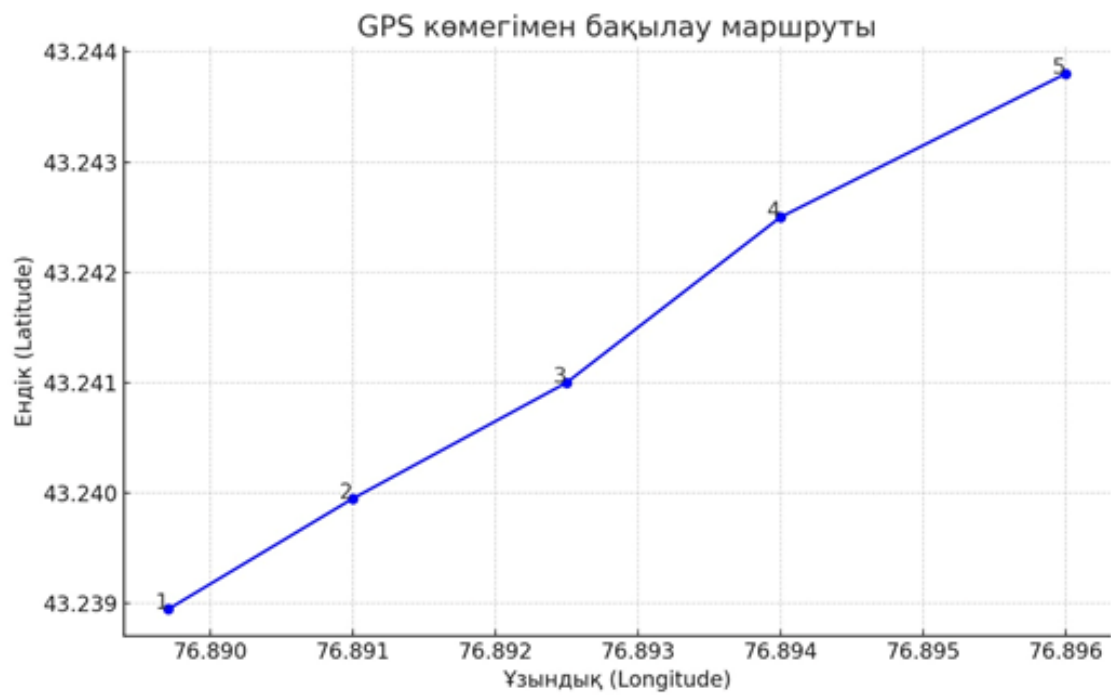
Matlab бағдарламасына төмендегі кодты енгізу арқылы шығарылған анализ 3.8-суретте көрсетілген.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from geopy.distance import geodesic

# 1. GPS координаттар тізімі (мысалы, Алматы қаласы бойынша қозғалыс)
coordinates = [
    (43.238949, 76.889709), # Бастапқы нүкте
    (43.239949, 76.891000),
    (43.241000, 76.892500),
    (43.242500, 76.894000),
    (43.243800, 76.896000), # Соңғы нүкте
]

# 2. Екі нүкте арасындағы қашықтықтарды есептеу (метрмен)
distances = [geodesic(coordinates[i], coordinates[i+1]).meters for i in range(len(coordinates)-1)]
total_distance = sum(distances)
```


3. График құру



3.8-сурет – GPS көмегімен бақылау маршруттарының ұзындығы мен ендік бойынша графигі

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыс аясында адамдар мен жануарларды іздеу жүйесін жобалау үшін GPS трекерлерді қолдану мүмкіндіктері зерттелді. Жоба барысында жүйенің негізгі аппараттық және бағдарламалық компоненттері әзірленіп, нақты уақыт режимінде деректерді жинау, өңдеу және қашықтан беру механизмдері құрылды. Жүйенің ұзақ уақыт бойы тиімді жұмыс істеуі үшін қуат тұтыну мәселесі де шешіліп, деректерді қашықтан беру үшін GSM және LoRa технологиялары пайдаланылды. Нәтижесінде адамдар мен жануарларды қашықтықтан бақылауға арналған, сенімді және тиімді GPS трекер жүйесі жасалды.

1. GPS трекерлердің қолдану салаларына жан-жақты талдау жасалынды. Олардың қазіргі заманғы іздеу-құтқару, экология, жануарларды бақылау және қауіпсіздік салаларындағы маңызы анықталды. Жұмыста GPS технологиясының даму тарихы, жұмыс істеу принциптері, сондай-ақ нақты дәлдік пен сенімділік сипаттамалары қаралды.

2. Жобаның техникалық параметрлері нақты анықталды. GPS модульдерінің, энергия көздерінің, байланыс технологияларының (GSM, LoRa) талаптары мен ерекшеліктері негізге алынды. Жүйе ұзақ уақыт жұмыс істеу үшін қуат тұтынуды оңтайландыру әдістері қарастырылып, жүзеге асырылды.

3. GPS трекерлердің деректерді жинау және өңдеу алгоритмдері әзірленді. Нақты уақытта сенімді ақпарат алуға бағытталған шешімдер ұсынылды. Сонымен қатар, алынған мәліметтерді қашықтан беру технологиялары (GSM, LoRa) тиімді қолданылып, жүйенің жұмыс қабілеттілігі арттырылды.

Осы аталған жұмыстар негізінде адам мен жануарларды іздеу үшін сенімді, үнемді және нақты жұмыс істейтін іздестіру жүйесі жобаланды. Жүйе нақты уақыт режимінде объектінің орналасуын анықтап, басқаруға мүмкіндік беретін толық функционалды құрылым ретінде жүзеге асырылды.

Жүргізілген зерттеу нәтижелері көрсеткендей, жобаланған жүйе жоғалған адамдарды немесе жануарларды жылдам әрі тиімді табуға мүмкіндік беретін заманауи шешім болып табылады және оның кең көлемде қолданылуы әлеуметтік және экологиялық маңызға ие.

ПАЙДАЛАНЫЛҖАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] R. Bajaj, S. L. Ranaweera and D. P. Agrawal, "GPS: location-tracking technology," in Computer, vol. 35, no. 4, pp. 92-94, March 2002, <https://doi.org/10.1109/MC.2002.993780>
- [2] N. Chadil, A. Russameesawang and P. Keeratiwintakorn, "Real-time tracking management system using GPS, GPRS and Google earth," 2008 5th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, Krabi, Thailand, 2008, pp. 393-396, doi: <https://doi.org/10.1109/ECTICON.2008.4600454>
- [3] Navarro J, Grémillet D, Afán I, Ramírez F, Bouten W, Forero MG (2016) Feathered Detectives: Real-Time GPS Tracking of Scavenging Gulls Pinpoints Illegal Waste Dumping. PLoS ONE 11(7): e0159974. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159974>
- [4] Erin York Cornwell, Kathleen A Cagney, Aging in Activity Space: Results from Smartphone-Based GPS-Tracking of Urban Seniors, The Journals of Gerontology: Series B, Volume 72, Issue 5, September 2017, Pages 864–875, <https://doi.org/10.1093/geronb/gbx063>
- [5] Miss. A. S. Mamdya, Miss. P. R. Sandupatla, Miss. N. I. Saka, Prof. P. J. Kothawale, Prof. V. V. Shirashayad, Dr Kazi K. S. GPS Tracking System. Volume 2, Issue 1, October 2022. DOI: 10.48175/568
- [6] K. Michael, A. McNamee and M. Michael, "The Emerging Ethics of Humancentric GPS Tracking and Monitoring," 2006 International Conference on Mobile Business, Copenhagen, Denmark, 2006, pp. 34-34, <https://doi.org/10.1109/ICMB.2006.43>
- [7] Korpilo S, Virtanen T, Lehvävirta S. Smartphone GPS tracking—Inexpensive and efficient data collection on recreational movement. Landscape and Urban Planning. 2017 Jan 1; 157:608-17. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.005>
- [8] Dujon AM, Lindstrom RT, Hays GC. The accuracy of Fastloc- GPS locations and implications for animal tracking. Methods in Ecology and Evolution. 2014 Nov;5(11):1162-9. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12286>
- [9] Schofield G, Bishop CM, MacLean G, Brown P, Baker M, Katselidis KA, Dimopoulos P, Pantis JD, Hays GC. Novel GPS tracking of sea turtles as a tool for conservation management. Journal of experimental marine biology and ecology. 2007 Aug 24;347(1-2):58-68. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.03.009>
- [10] Kauth HR, Lonsinger RC, Kauth AJ, Gregory AJ. Low- cost DIY GPS trackers improve upland game bird monitoring. Wildlife Biology. 2020;2020(2):1-7. <https://doi.org/10.2981/wlb.00653>
- [11] Wojtusiak J, Nia RM. Location prediction using GPS trackers: Can machine learning help locate the missing people with dementia. Internet of Things. 2021 Mar 1; 13:100035. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.01.002>
- [12] D. Srinivasulub. Vamshi krishnad. Rahulshow all 5 authorsm. Neha vidushi. Advanced gps tracking system for pets. Jan 2024Journal of Nonlinear

[13] C. Akhil, D. P. Iyengar, P. S. Manideep, B. Ganesh and E. Prabhu, "Pet Tracking System using LoRa," 2022 3rd International Conference on Issues and Challenges in Intelligent Computing Techniques (ICICT), Ghaziabad, India, 2022, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/ICICT55121.2022.10064587>

[14] Pangestu A, Al-Hakim RR, Andriyani D, Wilyanti S, Yusro M, Ma'arif A, Iswanto I, Purwono P. Pet Tracking System Using GPS with Android-Based Geofencing Method. In 2023 8th International Conference on Information Technology and Digital Applications (ICITDA) 2023 Nov 17 (pp. 1-7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICITDA60835.2023.10427488>

[15] Janwadkar S, Bhavar D, Kolte MT. Design and implementation of a GPS based personal tracking system. In 2016 IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES) 2016 Jul 4 (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICPEICES.2016.7853253>

[16] Mamatnabiyev Z. Animal Tracking System based on GPS sensor and LPWAN. In 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST) 2022 Apr 28 (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SIST54437.2022.9945724>

[17] Munir MW. Tracking Devices for Elderly Care System by Using GPS and RF Tags. Master of Science Thesis. Finland: Tampere University of Technology. 2009 May 6.

[18] Lestaluhu A, Jeane NS, Gunadi A. LEGAL IMPACT OF WIRETAPPING USING GPS TRACKERS ON CARS FIDUCIARY GUARANTEE OBJECTS BY CONSUMER FINANCE COMPANIES. Environmental & Social Management Journal/Revista de Gestão Social e Ambiental. 2024 Aug 15;18(8). <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n8-095>

[19] V. R. Jain, R. Bagree, A. Kumar and P. Ranjan, "wildCENSE: GPS based animal tracking system," 2008 International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, Sydney, NSW, Australia, 2008, pp. 617-622, <https://doi.org/10.1109/ISSNIP.2008.4762058>

[20] Kim SH, Kim DH, Park HD. Animal situation tracking service using RFID, GPS, and sensors. In 2010 Second International Conference on Computer and Network Technology 2010 Apr 23 (pp. 153-156). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCNT.2010.40>

[21] Handcock RN, Swain DL, Bishop-Hurley GJ, Patison KP, Wark T, Valencia P, Corke P, O'Neill CJ. Monitoring animal behaviour and environmental interactions using wireless sensor networks, GPS collars and satellite remote sensing. Sensors. 2009 May 13;9(05):3586-603. <https://doi.org/10.3390/s90503586>

[22] Kauth HR, Lonsinger RC, Kauth AJ, Gregory AJ. Low- cost DIY GPS trackers improve upland game bird monitoring. Wildlife Biology. 2020;2020(2):1-7. <https://doi.org/10.2981/wlb.00653>

[23] Vogel S, Hake F. Development of GPS time-based reference trajectories for quality assessment of multi-sensor systems. Journal of Applied Geodesy. 2024 Oct 28;18(4):597-612. <https://doi.org/10.1515/jag-2023-0084>

[24] Liu W, Chambers T, Clevenger KA, Pfeiffer KA, Rzotkiewicz Z, Park H, Pearson AL. Quantifying time spent outdoors: A versatile method using any type of global positioning system (GPS) and accelerometer devices. Plos one. 2024 May 3;19(5): e0299943. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299943>

[25] S. Nyamuryekung'e, G. C. Duff, S. A. Utsumi, R. E. Estell, M. McIntosh, M. Funk, A. Cox, H. Cao, H. Chen, S. Spiegel, A. Perea, S. Rahman, A. F. Cibils. Calculation of daily distance walked by grazing cattle using real-time activity and position data collected by LORA-WAN sensors. Conference Paper May 2023. <https://www.researchgate.net/publication/372308863>

[26] Gallitelli L, Girard P, Andriolo U, Liro M, Suaria G, Martin C, Lusher AL, Hancke K, Blettler MC, Garcia-Garin O, Napper IE. Monitoring macroplastics in aquatic and terrestrial ecosystems: Expert survey reveals visual and drone-based census as most effective techniques. Science of The Total Environment. 2024 Dec 10; 955:176528. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176528>

[27] S. M. A. Motakabber, AHM Zahirul Alam, Mohamed Reda Maurice Francis and Syed Ahmad Fawwaz Wafa. GPS and GSM Based Vehicle Tracker. Received:28th January 2022; Accepted: 1st April 2022. DOI: <https://doi.org/10.69955/ajoeee.2022.v2i1.28>

[28] Doyle M, Nwofe ES, Rooke C, Seelam K, Porter J, Bishop D. Implementing global positioning system trackers for people with dementia who are at risk of wandering. Dementia. 2024 Aug;23(6):964-80. DOI: 10.1177/14713012241248556

[29] Mariprasath T, Venkatanaraya M. Design and development of new charge controller for GPS tracker for electric vehicles. Discover Electronics. 2024 Jun 24;1(1):8. <https://doi.org/10.1007/s44291-024-00011-4>

[30] Tracker, G. (2023). Gps tracker. URL: <https://play.google.com/store/apps/details>.

[31] <https://arduino-parts.kz/p103785003-wemos-mini.html>

[32] <https://images.app.goo.gl/rKMr6gSPRTBJVPB97>

[33] <https://radiomart.kz/datchiki-polozheniya/162-gps-modul-ublox-neo-6m-gy-gps6mv2-9031809100.html>

[34] <https://www.ufinebattery.com/products/3-7-v-750mah-lithium-ion-battery-503443/>

[35] <https://radiomart.kz/moduli-pitaniya/5262-modul-zaryadki-tp4056-1a-type-c-s-zasshitoy-ot-peregruzok-8504405500.html>

ҚОСЫМША А

```
import tkinter, threading
import tkintermapview
import PyInstaller
from paho.mqtt import client as mqtt

import sys
import os

topic = [("gps",0)]
# create tkinter window
root_tk = tkinter.Tk()
root_tk.geometry(f"{1000}x{700}")
root_tk.title("GPS арқылы бақылау бағдарламасы")
taildata = []
# create map widget
map_widget = tkintermapview.TkinterMapView(root_tk, width=1000, height=700,
corner_radius=0)
map_widget.pack(fill="both", expand=True)
map_widget.set_position(43.238924, 76.909964, marker=False)

def connect_mqtt():
    def on_connect(client, userdata, flags, rc):
        print(f"Connected with result code {rc}")
        client = mqtt.Client("PythonClientgps")
        client.username_pw_set("OrkaLord", "Lord1234")
        client.on_connect = on_connect
        client.connect("orka.lol", 1883)
        return client

firstmarker = 1
marker = None
path = None
mapdata = []

def subscribe(client: mqtt):
    def getip(client, userdata, msg):
        global firstmarker, marker, path, mapdata
        payload = msg.payload.decode()
        print(payload)
        if msg.topic == "gps":
            lat = ""
            long = ""
            try:
                lat, long = payload.split(":")
            except:
                pass
            lat = float(lat)
            long = float(long)
            map_widget.set_position(lat, long, marker=False)
```

```

if firstmarker == 2:
    marker.set_position(lat, long)
    mapdata.append((lat, long))
    path = map_widget.set_path(mapdata)
if firstmarker == 1:
    marker = map_widget.set_marker(lat, long, text="GPS тұрған жері")
    mapdata = [(lat, long)]
    firstmarker = 2
else:
    marker.set_position(lat, long)
    path.add_position(lat, long)
client.subscribe(topic)
client.on_message = getip

client = connect_mqtt()
subscribe(client)

def mqtt():
    client.loop_forever()

threading.Thread(target=mqtt, args=()).start()
print("Map Loaded")
root_tk.mainloop()

```

Дипломдық жобаға (жұмысқа)

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Билдебаева Назерке Сериковна

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: GPS трекерлердің көмегімен адам немесе жануарларды іздеу
жүйесін жобалау

Билдебаева Назерке Сериковнаның дипломдық жұмысы заманауи телекоммуникациялық технологияларды, атап айтқанда GPS және деректерді қашықтан беру жүйелерін тиімді қолдануға бағытталған. Бұл жоба жоғалған адамдар мен жануарларды жылдам әрі нақты табуға мүмкіндік беретін іздестіру жүйесін жобалауға арналған.

Жұмыстың құрылымы логикалық түрде дұрыс ұйымдастырылған, үш негізгі бөлімнен және қорытындыдан тұрады. Әр бөлімде қойылған міндеттер нақты әрі жүйелі түрде шешімін тауып, нақты техникалық параметрлерге сүйене отырып жобалау жүргізілген.

Билдебаева Назерке өзін жауапты, ізденімпаз және техникалық жағынан дайын маман ретінде көрсетті. Ол әдеби көздермен жұмыс істей біледі, практикалық зерттеулер жүргізіп, алынған нәтижелерді жүйелі түрде талдап, қорытынды шығара алады.

Студент, Билдебаева Назерке Сериковна дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс «95/A/ өте жақсы» деп бағаланды, ал Билдебаева Назерке Сериковнаны 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф. аға оқытушы,
техника ғылымдарының магистрі

Маркесұлы С

«80»

2025 ж.



Дипломдық жоба (жұмыс) бойынша

РЕЦЕНЗИЯ

Билдебаева Назерке Сериковна

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: GPS трекерлердің көмегімен адам немесе жануарларды іздеу жүйесін жобалау

Орындалды:

- а) Графикалық бөлім 3 парақтарда
- б) түсіндірме жазба 71 беттерінде

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

Дипломдық жұмыста GPS технологиясы негізінде нақты уақыт режимінде жұмыс істейтін, адам мен жануарларды іздеуге арналған іздестіру жүйесі жобаланған. Жоба барысында құрылғының техникалық сипаттамалары, деректерді беру хаттамалары, қуат тұтыну деңгейі және қолдану салалары толық талданған.

Жұмыстың артықшылықтары:

- Тақырыптың өзектілігі мен практикалық маңыздылығы жоғары;
- Зерттеу терең жүргізілген, техникалық есептеулер мен салыстырмалар орындалған;

- Қолданылатын технологиялар (GPS, GSM, LoRa) нақты негізделіп, тиімділігі дәлелденген;

- Студент AutoCAD, Arduino, Python секілді заманауи құралдарды пайдаланған;
- Сызбалар мен иллюстрациялар мазмұнды, жұмыстың мәнін ашуға көмектеседі.

Кемшіліктері:

- Кейбір бөлімдерде әдеби дереккөздерге сілтемелерді нақтылау қажет;
- GPS сигналдарының түрлі жағдайда жұмыс істеу сенімділігі бойынша нақты сынақ нәтижелері толығырақ ашылса тиімді болар еді.

Дипломдық жұмыс мазмұны мен құрылымы жағынан талаптарға толық сәйкес келеді, ғылыми деңгейі жоғары, практикалық құндылығы зор. Студент инженерлік ойлау қабілетін және кәсіби дағдысын жақсы меңгерген.

Жұмысты бағалау

Жалпы, дипломдық жұмысқа «өте жақсы» (95%) деген баға, ал студент Билдебаева Назерке Сериковнаны 6B06201 – Телекоммуникация білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар бакалавры» дәрежесіне ұсынамын.

Рецензент

М.Тынышбаев атындағы

АЛТ университеті, PhD,

«АКТ» кафедрасының

ассистент-профессоры

Мәдібайұлы Ж.

«20» 05 2025 ж.



ҚазҰТУ 706-17 Ү. Рецензия



**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: Билдебаева Назерке Сериковна

Тақырыбы: GPS трекерлердің көмегімен адам немесе жануарларды іздеу жүйесін жобалау

Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 2

2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.2

Дәйексөз (35): 0.3

Әріптерді ауыстыру: 8

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 12

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:

2025-05-18

Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Билдебаева Назерке Сериковна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: GPS трекерлердің көмегімен адам немесе жануарларды іздеу жүйесін жобалау

Научный руководитель: Сұңғат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 2

Коэффициент Подобия 2: 1.2

Микропробелы: 12

Знаки из других алфавитов: 8

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:

2025-05-18

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Билдебаева Назерке Сериковна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: GPS трекерлердің көмегімен адам немесе жануарларды іздеу жүйесін жобалау

Научный руководитель: Сұңғат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 2

Коэффициент Подобия 2: 1.2

Микропробелы: 12

Знаки из других алфавитов: 8

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:

2025-05-18

Дата



Сұңғат Марксұлы

проверяющий эксперт