

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Хайрол Әлібек Жәнісұлы

«Ка диапазонындағы спутниктік байланыс және навигация жүйелерін зерттеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 – Телекоммуникациялар

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Ка диапазонындағы спутниктік байланыс және навигация
жүйелерін зерттеу»

6B06201 – Телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Хайрол Ә.Ж.

Пікір беруші

Ғ. Дәукеев ат. Алматы энергетика және
байланыс университеті
Ф.И.Ғ.К., профессор

Ғылыми жетекші

PhD докторы,
Профессор

Хизирова М.А.

«29» 05 2025 ж.

Нургужин М.Р.

«29» 05 2025 ж.

Алматы 2025ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 – Телекоммуникация

Бекітемін
ЭТ ж ҒТ кафедрасының меңгерушісі
техн.ғыл.канд.
Е. Таштай
« 03 » 9/2 2025 ж



Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Хайрол Әлібек Жәнісұлы

Тақырыбы «Ка диапазонындағы спутниктік байланыс және навигация жүйелерін зерттеу».

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

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «30» мамыр 2025 ж.

1. Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері:

1.1. Ғарыш аппаратының жиілік диапазоны Ка-диапазоны - 26,5 бастап - 40 ГГц.

1.2. Толқын ұзындығы спектрі – 1,13-тен 0,75 см-ге дейін

1.3. Спутниктік байланыс жүйелерінің таратқыш қуаты – 5 Вт дейін

1.4. Транспондер сыйымдылығы – деректерді берудің максималды сыйымдылығы -40°C бастап және +85°C.

1.5 Сондай-ақ халықаралық стандарттар талаптарын басшылыққа алу қажет:

1.5.1 ҚР СТ ECSS R-001B-2010 Ғарыш қызметінің терминдері мен анықтамалары

1.5.2 ҚР СТ ИСО 22672-2010 Ғарыштық мәліметтер мен ақпаратты беру жүйелері. Ғарыштық байланыс желісін кеңейту

1.5.3 ҚР СТ ИСО 22667-2010 Ғарыштық мәліметтер мен ақпаратты беру жүйелері. Коммуникациялар. 1-әдіс.

2. Сұрақтар тізімі, магистрлік диссертацияда зерттелуі тиіс:

2.1 Қолданыстағы спутниктік байланыс және навигация жүйелерін зерттеу және шолу, SWOT талдау;

2.2 Спутниктік жүйе үшін оңтайлы дизайн тұжырымдамасын әзірлеу байланыс және навигация жүйелерімен қамтамасыз ету бастапқы мәліметтерді ескере отырып р.р. 1.1-1.2.3 Спутниктік байланыс жүйелерінің таратқыш қуатын есептеңіз;

2.4 Python бағдарламалау тілін пайдалана отырып, спутниктік байланыс және навигация жүйесінің симуляциялық моделін жасау.

3.Графикалық материалдар тізімі: дипломдық жұмыстың материалдарын графикалық материалдың 15-20 слайдтарында көрсету;

4. Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Спутниктік байланыс және хабар тарату: анықтамалық / Ред. Л.Я. Кантор. — М.: Радио және байланыс, 2017. — 528 б.

2. Чернявский Г.М., Бартенев В.А. Байланыс спутниктерінің орбиталары. — М.: Связь, 2015 ж.

3. Спутниктік байланыс желілері: Оқу құралы. нұсқаулық/В.Е. Камнев, В.В. Черкасов, Г.В. шешен. — М.: Альпина баспасы, 2024. — 536 б. 4.

4. Prokis J. Сандық байланыс. Транс. Ағылшын тілінен/Ред. Д.Д. Кловский. — М.: Радио және байланыс, 2000 ж.

Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, әзірленетін мәселелер тізімі	Жетекші мен консультанттарды тапсыру мерзімдері	Ескерту
1 Қолданыстағы спутниктік байланыс және навигация жүйелерін зерттеу және шолу, SWOT талдау;	01.09.2024-31.12.2024 ж	Винюлкер
2. Спутниктік жүйені жобалаудың оңтайлы тұжырымдамасын жасау байланыс және навигация жүйелерімен қамтамасыз ету бастапқы мәліметтерді ескере отырып	01.01.2025-31.03.2025 ж	Винюлкер
3. Спутниктік байланыс жүйелерінің таратқыш қуатын есептеңіз;	01.04.2025-31.10.2025 ж	Винюлкер
4. Python бағдарламалау тілін пайдалана отырып, спутниктік байланыс және навигация жүйесінің симуляциялық моделін жасау.	01.11.2024-01.02.2025 ж	Винюлкер
5. ҚазҰТУ СТ 09-2019 талаптарына сәйкес бөлімдерді қалыптастыру және диссертацияны ресімдеу	01.04.2025-30.04.2025 ж	Винюлкер

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	PhD докторы, профессор Нургужин М.Р.	30.05.25	
Теориялық ақпарат	PhD докторы, профессор Нургужин М.Р.	30.05.25	
Норма бақылау	ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, Досбаев Ж.М.	29.05.25	

Ғылыми жетекшісі



Нургужин М.Р.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Хайрол Ә.Ж.

Күні « 2 » 02 2025 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Ka диапазонында жұмыс істейтін спутниктік байланыс және навигация жүйелерінің ерекшеліктері мен даму перспективалары зерттеледі. Ka диапазоны (26,5–40 ГГц) қазіргі спутниктік технологияларда жоғары өткізу қабілеті мен кең жолақты байланыс мүмкіндіктерін қамтамасыз ету үшін қолданылады. Зерттеу барысында осы жиілік ауқымының артықшылықтары, оның ішінде деректерді жоғары жылдамдықпен беру, шағын антенналардың қолданылуы және сигнал сапасының жақсаруы сияқты аспектілер талданады. Сонымен қатар, Ka диапазонында жұмыс істейтін спутниктік навигация жүйелерінің дәлдігі мен сенімділігіне әсер ететін факторлар қарастырылады.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассматриваются особенности и перспективы развития спутниковых систем связи и навигации, работающих в диапазоне Ka. Диапазон Ka (26,5–40 ГГц) используется в современных спутниковых технологиях для обеспечения высокой пропускной способности и возможностей широкополосной связи. В исследовании анализируются преимущества этого диапазона частот, включая высокоскоростную передачу данных, использование небольших антенн и улучшенное качество сигнала. Кроме того, рассмотрены факторы, влияющие на точность и надежность спутниковых навигационных систем, работающих в диапазоне Ka.

ANNOTATION

This diploma work studies the features and development prospects of satellite communication and navigation systems operating in the Ka band. The Ka band (26.5–40 GHz) is used in modern satellite technologies to provide high throughput and broadband communication capabilities. The study analyzes the advantages of this frequency range, including high-speed data transmission, the use of small antennas, and improved signal quality. In addition, factors affecting the accuracy and reliability of satellite navigation systems operating in the Ka band are considered.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Қолданыстағы спутниктің байланыс және навигация жүйелерін зерттеу және SWOT талдау	9
1.1 Спутниктік байланыс жүйелерінің жалпы сипаттамасы	9
1.2 Спутниктік навигация жүйелерінің принциптері	17
1.3 Қазіргі спутниктік байланыс жүйелерінің қолдану салалары	20
2 Спутниктік жүйені жобалаудың оңтайлы тұжырымдамасын жасау	24
2.1 Спутник жүйесінің жобалау талаптары	24
2.2 Спутниктік байланыс жүйесін жобалау	31
2.3 Жобаның техникалық сипаттамасы	38
3 Спутниктік байланыс жүйелерінің таратқыш қуатын есептеу	40
3.1 Байланыс каналының қуаты мен оның есептелу әдістері	40
3.2 Спутник жүйесіндегі қуат шығындары мен олардың оптимизациясы	45
4 Python бағдарламалау тілін пайдалана отырып,спутниктік байланыс және навигация жүйесінің симуляциялық моделін жасау	49
4.1 Симуляциялық модельдің теориялық негіздері	49
4.2 Python тілінде симуляциялау және оның мүмкіндіктері	55
Қорытынды	57
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	58

КІРІСПЕ

Зерттеудің өзектілігі. Спутниктік байланыс және навигация жүйелері қазіргі заманғы ғарыштық технологиялардың маңызды құрамдас бөліктері болып табылады. Бұл жүйелер жердегі ақпарат алмасу және навигациялық қызметтерді қамтамасыз етуде үлкен рөл атқарады. Әр түрлі салаларда, әсіресе көлік, байланыс, ғарыш зерттеулері, қауіпсіздік, ауыл шаруашылығы және экологияда спутниктік жүйелердің маңызы күннен-күнге артуда. Осы жүйелердің бірі болып табылатын Ка диапазоны (20-30 ГГц аралығы) жоғары жиілікті спектрде жұмыс істейтін спутниктік байланыс және навигация қызметтерін ұсынады.

Ка диапазоны спутниктік байланыс үшін кеңінен қолданылатын жиілік спектрлерінің бірі болып табылады. Бұл диапазонның ерекшелігі – жоғары өткізу қабілеті мен аз кешігу уақытын қамтамасыз ететіндігі, бұл оны жоғары жылдамдықты интернет және деректерді беру сияқты қызметтер үшін өте қолайлы етеді. Сондай-ақ, Ка диапазоны арқылы жүзеге асырылатын спутниктік байланыс жүйелері кең ауқымды байланыс қызметтерін ұсынады, олар жер бетінде инфрақұрылымдарды жеткізудің қиын немесе мүмкін емес болатын аймақтарда тиімді жұмыс істейді.

Зерттеудің мақсаты – Ка диапазонында жұмыс істейтін спутниктік байланыс және навигация жүйелерінің артықшылықтары мен мүмкіндіктерін, сондай-ақ олардың қазіргі уақытта және болашақта қандай салаларда қолданыс табатындығын зерттеу болып табылады. Сонымен қатар, осы жүйелердің жұмыс істеу принциптері, олардың қолданылу салалары, технико-экономикалық сипаттамалары және дамуының негізгі тенденциялары қарастырылады.

Зерттеудің міндеті – Ка диапазонында жұмыс істейтін спутниктік байланыс және навигация жүйелерін тереңінен зерттеу, олардың қолдану салаларын, техникалық сипаттамаларын және болашақтағы даму тенденцияларын анықтау. Зерттеу барысында төмендегі мақсаттарға қол жеткізу көзделеді:

1. Ка диапазонының спутниктік байланыс және навигация жүйелерінде қолданылу ерекшеліктерін талдау.
2. Спутниктік жүйелердің жұмыс принциптерін, құрылымын және техникалық параметрлерін қарастыру.
3. Ка диапазонының артықшылықтары мен шектеулерін анықтап, олардың түрлі салаларда қолдану мүмкіндіктерін бағалау.
4. Спутниктік байланыс және навигация жүйелерінің әлеуетті даму бағыттарын зерттеу.
5. Ка диапазонының спутниктік жүйелердің қауіпсіздігі мен тиімділігіне әсерін бағалау.
6. Спутниктік жүйелердің осы диапазонда жұмыс істеу тиімділігін арттыру жолдарын ұсыну.

Зерттеу жұмысында қолданылатын негізгі әдістер келесілер:

Теориялық талдау: Ка диапазонында жұмыс істейтін спутниктік жүйелердің техникалық және ғылыми әдебиеттерін зерттеу арқылы олардың жұмыс принциптері, құрылымы және қолданыс салалары туралы теориялық білімдер қалыптастырылады.

SWOT талдауы: Спутниктік байланыс және навигация жүйелерінің Ка диапазонында жұмыс істеуінің күшті жақтары, әлсіз тұстары, мүмкіндіктері мен қауіп-қатерлерін анықтау үшін SWOT талдауы жүргізіледі.

Салыстырмалы талдау: Әртүрлі жиілік диапазондарында жұмыс істейтін спутниктік жүйелерді салыстыру арқылы Ка диапазонының ерекшеліктері мен артықшылықтары қарастырылады.

Математикалық модельдеу: Спутниктік жүйелердің тиімділігін бағалау үшін математикалық модельдер жасалады. Бұл модельдер арқылы жүйенің жұмыс параметрлері, байланыс сапасы мен тиімділігі есептеледі.

Графикалық әдіс: Спутниктік байланыс жүйелерінің техникалық сипаттамаларын және олардың қолдану салаларын бейнелеу үшін графиктер мен диаграммалар пайдаланылады.

Эмпирикалық зерттеу: Қолданыстағы спутниктік байланыс жүйелерін зерттеу арқылы нақты мысалдар мен деректер негізінде олардың тиімділігі мен даму бағыттары туралы қорытындылар жасалады.

Зерттеу нәтижелері спутниктік байланыс пен навигация жүйелерін жобалау, енгізу және тиімді пайдалану үшін қажетті ғылыми негіздерді қамтамасыз етеді, сондай-ақ спутниктік жүйелердің Ка диапазонында жұмыс істеу тиімділігін арттыру жолдарын анықтайды.

Келешекте спутниктік жүйелердің дамуымен, әсіресе жоғары жиілікті байланыс спектрлерін қолдану арқылы жаңа мүмкіндіктердің пайда болуымен, ғаламдық ауқымда деректер мен ақпаратты беру жүйелері, сондай-ақ дәл орналасуды анықтау қызметтері одан әрі кеңейе түспек. Осы тұрғыда Ка диапазонының рөлі әсіресе мобильді байланыс, ғарыштық зерттеулер және қоршаған орта мониторингінде маңызды болмақ.

1 Қолданыстағы спутниктің байланыс және навигация жүйелерін зерттеу және SWOT талдау

1.1 Спутниктік байланыс жүйелерінің жалпы сипаттамасы

Спутниктік навигация жүйесі – жер, су және әуе нысандарының орналасқан жерін (географиялық координаттар және биіктігін) анықтау үшін әзірленген жүйе. Спутниктік навигациялық жүйелер, сондай-ақ, сигнал қабылдағыштың қозғалыс жылдамдығы мен бағытын алуға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, оны дәл уақытын алу үшін пайдалануға болады. Мұндай жүйелер ғарыштық жабдықтар мен жер сегментінен (басқару жүйесі) тұрады. Қазіргі уақытта, тек екі спутниктік жүйелер – GPS және ГЛОНАСС жер шарының толық және үздіксіз қамтуды қамтамасыз етеді.

Спутниктік навигация жүйесінің негізгі элементтері:

- Бірнеше арнайы радиосигнал шығаратын спутниктен, тұратын орбиталық тобы (2-ден 30-ға дейін);
- Жердегі бақылау және басқару жүйесі (жерүсті сегменті) спутниктердің ағымдағы жағдайын өлшейтін бірлік, соның ішінде, оларға орбиталар туралы ақпаратты түзету үшін алынған ақпаратты беруге;
- Координаттарын анықтау үшін пайдаланылатын, спутниктік навигациялық жүйелер тұтынушы жабдығы («спутниктік навигаторлар»);
- Айтарлықтай координаттарын анықтау дәлдігін арттыру үшін қосымша шамшырақтардың жер жүйесі.

Қосымша: айтарлықтай координаттарды анықтау дәлдігін арттыру үшін пайдаланушыларға түзетулерді беру үшін ақпараттық радио жүйесі .

Ғылым мен техниканың соңғы он жыл ішінде қарқындап дамуы геодезияға координаттар мен координата өсімшелерін анықтаудың жер серіктік атты жаңа әдісін дүниеге әкелді. Бұл әдісте геодезистер әдеттегідей геодезиялық тораптардың жылжымайтын пункттерін пайдаланбай, оның орнына жылжымалы жер серіктерінің координаталарын қолданады. Әлбетте, ол координаталарды геодезистер кез-келген уақытта пайдаланып, тұрған жерінің орнын анықтай алады. Қазіргі кезде координаталарды анықтаудың екі түрлі жер серіктік жүйесі қолданылады.

ГЛОНАСС атты Ресейлік жүйе. Ол бұл жүйенің глобальдық навигациялық жер серіктік жүйесі деген ұзақ атының қысқартылған түрі. Екіншісі америкалық NAVSTAR GPS жүйесі NAVigation System with Time And Ranging Global-Positioning System (арақашықтық пен уақытты анықтаудың навигациялық жүйесі, позициондау глобальды жүйесі). Бұл жағдайда «позициондау» деген сөзді координаттарды анықтау деу керек. Екі жүйе де әскери есептерді шешуге арналған, бірақ соңғы кезде геодезияда кеңінен пайдалануда. Координата өсімшелерін өте жоғары дәлдікпен, яғни орташа квадраттық қателігі 5 мм+D106 дәлдікпен, ал жеке қабылдағыш координаталарын 10 м ден 100 м-ге дейінгі орташа квадраттық қателікпен анықтайды. Геодезиялық өлшеулерде GPS

(позициондау глобальды жүйесі) кеңінен қолданыс тапқандықтан әрі қарай осы жүйеге жан-жақты тоқталамыз.

Тұрған жердің орнын анықтаудың барлық жер серіктік навигациялық жүйесін үш сегментке бөлуге болады: Ғарыштық сегмент; бақылау және басқару сегменті, пайдаланушылар (жер серіктік сигналды қабылдағыш) сегменті. Қазіргі кездегі NAVSTAR GPS және ГЛОНАСС жүйелерінің толық комплектісіне 21 жұмыстағы және 3 запастағы жер серіктері кіреді. Жер серіктерінің орбиталары іс жүзінде дөңгелек және үш орбиталық жазықтықтарда, ал NAVSTAR жүйесі алты орбиталық жазықтықтарда орналасқан. Жер серіктері оның барлық жүйесін оның ішінде, жер серіктің жердің көленкесінде болған кезінде де энергиямен қамтамасыз ететін күн.

Жер серіктерінің орбиталары дөңгелек және 20180 км геодезиялық биіктіктерде Жер орталығынан 26600 км орналасқан. Жер серіктерінің осы саны және олардың орналасулары сигналды бір уақытта Жер шарының кез-келген бөлігіне де кем дегенде төрт жер серігінен қабылдауды қамтамасыз етеді. Барлық жер серіктері алты орбиталық жазықтықта біркелкі орналасқан. Жер серіктерінің айналу кезеңдері жұлдыздар уақытының 12 сағатын құрады, соған байланысты әр жер серігі күн сайын бір жерде өткен күнгі уақыттан 4 минут ерте пайда болады.[4]

Спутниктік байланыс – радио байланысының Жердің жасанды серіктерін құрал ретінде пайдалануға негізделген түрлерінің бірі. Спутниктік байланыс стационарлы да, қозғалмалы да болуы мүмкін жер станциялары арасында іске асырылады.

Спутниктік байланыс жүйелері баяғыдан белгілі және әртүрлі сигналдарды ұзақ қашықтықтарға беру үшін қолданылады. Өзінің пайда болған сәтінен бастап спутниктік байланыс қарқынды дамып отырды және, тәжірибенің жинақталуына, аппаратураның жетілдірілуіне, сигналдарды беру әдістерінің дамуына қарай, спутниктік байланыстың жекелеген желілерінен жергілікті және жаһандық жүйелерге көшу жүрді.

Спутниктік байланыс жүйелерінің дамуының мұндай қарқындары олар ие болып отырған бірқатар қасиеттермен түсіндіріледі. Жекелей алғанда, оларға байланыс арналарының үлкен өткізгіштік қабілеті, қамтитын шексіз кеңістіктері, жоғары сапасы және сенімділігі жатады. Спутниктік байланыстың кең мүмкіндіктерін анықтайтын бұл қасиеттер оны бірегей және тиімді байланыс құралы етіп отыр.

Спутниктік байланыстың кең мүмкіндіктерін анықтап отырған бұл қасиеттер оны бірегей және тиімді байланыс құралы етіп отыр. Қазіргі уақытта спутниктік байланыс үлкен және орта қашықтықтарға халықаралық және ұлттық байланыстың негізгі түрі болып табылады. Байланысты ұйымдастыру үшін Жердің жасанды серіктерін пайдалану байланыстың қазірде бар желілерінің дамуына қарай кеңеюін жалғастыруда. Көптеген елдер өздерінің ұлттық спутниктік байланыс желілерін жасауда. Барлық жүйелерді екі түрдегі: геостационарлы емес және геостационарлы орбиталардағы спутниктер арқылы жұмыс істейтін жүйелерге бөлуімізге болады.

Кесте 1.1 – SWOT талдау

Strengths (Артықшылықтар)	Weaknesses (Әлсіз жақтар)
Жаһандық қамту — Құрлық, теңіз және ауада дербес байланыс пен навигацияны қамтамасыз етеді.	Құрылымдық күрделілік және жоғары баға — Спутник құру, ұшыру және қызмет көрсету өте қымбат (мысалы, бір спутниктің орташа бағасы 100–500 млн АҚШ доллары).
Үздіксіз жұмыс — Көптеген жүйелер (мысалы, GPS, Iridium) тәулігіне 24 сағат, жылына 365 күн жұмыс істейді.	Орташа және төмен орбитадағы спутниктердің қысқа өмірлік циклі — 5–15 жыл арасында ауыстыру керек.
Өртүрлі салада қолдану — Әскери, азаматтық авиация, теңіз флоттары, төтенше жағдайлар қызметі, көлік логистикасы, ауыл шаруашылығы, туризм.	Сигнал әлсіреуі — Ауа райының бұзылуы (жанбыр, қар, күннің әсері) және табиғи кедергілер (тау, орман) сигнал сапасын төмендетеді.
Дәлдік пен сенімділік — Геолокацияда (GPS: орташа 5 метрге дейін дәлдік), байланыста төмен кешігулермен жұмыс істейді.	Жүйелер арасындағы үйлесімсіздік — Өртүрлі елдердің навигация жүйелері толық бір-бірімен үйлесе бермейді.
Opportunities (Мүмкіндіктер)	Threats (Қауіптер)
5G және IoT интеграциясы — Спутниктік жүйелер Жер бетіндегі инфрақұрылыммен бірге жұмыс істеп, заттар интернеті (IoT) мен ақылды қалаларда қолдануға мүмкіндік береді.	Кибершабуылдар және бұзылу қаупі — Спутниктер мен байланыс желілеріне жасалатын хакерлік шабуылдар ұлттық қауіпсіздікке қатер төндіреді.
Автономды көлік құралдарын дамыту — Дәл позициялау мен тұрақты байланысты қажет ететін дрондар, автопилотты автокөліктердің дамуы.	Геосаяси қақтығыстар — Елдер арасындағы шиеленістер спутниктік қызметтерге қолжетімділікті шектеуі мүмкін.
Климаттық мониторинг және апаттық ескерту — Жаһандық жылыну мен табиғи апаттарға бақылау орнату үшін спутниктердің маңызы артады.	Космостық қоқыс және апаттар — Орбитадағы қоқыстар спутниктерге соғылып, олардың істен шығуына алып келуі мүмкін (мысалы, Iridium 33 және Cosmos 2251 соқтығысы, 2009 ж.).
Экономикада жаңа нарықтар — Ғарыштық туризм, спутник арқылы ауыл шаруашылығын қашықтықтан бақылау, интеллектуалды логистика салаларында сұраныс өсуде	Бәсекелестіктің күшеюі — Starlink, Kuiper (Amazon), OneWeb сияқты жаңа жобалар нарықта бәсекелестікті күрт күшейтеді.

Геостационарлы емес спутниктер негізінен алғанда әскери, ғылыми және метеорологиялық зерттеулер үшін пайдаланылады. Олардың негізгі ерекшелігі – Жердегі станциялармен тәулік бойы байланыс ұстап отырудың мүмкін еместігі. Алайда, Жердің бетіне қатысты белгіленген орбита бойынша орын ауыстыра отырып, олар жер бетінің үлкен ауданынан мәліметтер жинай алады. Геостационарлы спутниктер экватор жазықтығындағы осының кезінде бұлардың бұрыштық жылдамдығы Жердің өз осінің айналасында айналу жылдамдығымен сәйкес келетіндей орбитаға шығарылады. Осында жылдамдықтардың тұрақтылығы және орталықтан тебетін мен гравитациялық күштердің теңдігі шарттары орындалатын, Жер бетінен биіктік 36 мың километр құрайды. Теориялық тұрғыдан алғанда, осылайша орналастырылған бір спутник жер бетінің үштен бір бөлігі үшін сапалы байланысты қамтамасыз ете алады. Ал шындығында, қызмет көрсетілетін аумақтар анағұрлым азырақ. Геостационарлы орбиталардағы спутниктердің ерекшелігі – Жердегі станцияларнан спутникке дейінгі 36 мың км болатын қашықтықты екі рет өтумен туындайтын, спутниктік арнадағы айтарлықтай уақыттық кідіріс (шамамен 240 мс) болып табылады.

Спутниктік байланыс пен навигация жүйелері бүгінгі күнде адамзаттың байланыс, тасымал, ғылыми зерттеу және қауіпсіздік салаларында ажырамас бөлігіне айналды. Дегенмен, жоғары бәсеке, экологиялық қауіптер мен киберқауіпсіздік мәселелері бұл саладағы тұрақты дамуды талап етеді. Инновациялар мен халықаралық ынтымақтастық осы жүйелердің ұзақ мерзімді тиімділігі үшін шешуші рөл атқарады.

Біз орбиталарда Жердің айналуымен синхронды айналып отыратын байланыс спутниктері қолданылатын жүйелерді қарастыратын боламыз. Бұл байланыс жүйесін елеулі қарапайым етуге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда әрбір жердегі станция дәл сол бір байланыс спутнигімен үздіксіз жұмыс істеп отырады. Бұрын, синхронды емес спутниктерді пайдаланған кезде, әр жер станциясының антенналық жүйесін бір спутниктен екінші спутникке оқтын-оқтын ауыстырып қосып отыру қажеттілігі бар болатын, бұл, әрине, байланыстағы үзілістерді тудырып отыратын. Оның үстіне, Жердегі станцияларның құнының айтарлықтай бөлігін онша сенімді емес қадағалау аппаратуралары құрайтын еді. Стационарлы байланыс спутниктерін пайдалану үздіксіз байланысты қамтамасыз етеді, бірақ Жердің жасанды серігінің орбитасын сан мәрте коррекциялауды жүргізу үшін жұмыс денесінің қосымша қорын қажет етеді. Жұмыс денесінің орбитаны коррекциялауға арналған қосымша қоры жүйені пайдаланудың қарапайымдылығы және байланыстағы үзілістердің жоқтығы үшін төленген салыстырмалы түрде шамалы ақы болып табылады деп саналады. Стационарлы спутниктерді пайдаланған кезде, Жердегі станциялар күрделі де қымбат тұратын қадағалау жүйесінен бас тартылуы есебінен оңайлана, ықшамдала түседі.

Спутниктік байланыс жүйелері сонымен қатар берілетін сигналдың осы сандық немесе аналогтық болуы мүмкін типімен де ерекшеленуі мүмкін. Ақпаратты сандық түрде беру ақпарат берудің басқа әдістерімен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие болып келеді. Осы артықшылықтарға:

- көптеген тәуелсіз сигналдарды біріктірудің және сандық хабарламаларды коммутацияның ыңғайлы болуы үшін «пакеттерге» түрлендірудің қарапайымдығы және тиімділігі;

- аналогтық сигналды берумен салыстырғанда, қуаттың аз шығындалуы; сандық арналардың, әдетте аналогық байланыс жүйелерінде елеулі проблема болып келетін, ретрансляциялар кезінде бұрмаланулардың жинақталу әсеріне салыстырмалы түрде сезімтал еместігі;

- қателерді табу және түзету арқылы, беру қателіктерінің өте аз ықтималдықтарын алудың және берілген мәліметтердің жаңғыртылуының жоғары дәлдігіне, растығына қол жеткізудің потенциалды мүмкіндігі;

- байланыстың конфиденциалдылығы;

- микропроцессорларды, сандық коммутацияны пайдалануға және компоненттерінің интеграциясының көбірек дәрежесі бар микросхемаларды қолдануға жол беретін, сандық аппаратураның іске асуының икемділігі.

VSAT1-станция – шамамен 1.8 ... 2.4 м болатын шағын диаметрлі антеннасы бар спутниктік байланыс станциясы. VSAT-станция жер бетіндегі бекеттер арасында, сондай-ақ мәліметтерді жинау және бөлу жүйелерінде ақпарат алмасу үшін қолданылады. VSAT типті Жердегі станцияларның желісі бар спутниктік байланыс жүйелері айтылған сөзді сандық жолмен беретін телефон байланысын, сондай-ақ сандық ақпаратты беруді қамтамасыз етіп отырады.

VSAT типті спутниктік байланыс станцияларына №725-729 ММКР ұсыныстарында сипатталған белгілі бір сипаттамаларға ие болып келетін спутниктік байланыс станциялары жатады. .

Телефон трафигін берген кезде спутниктік жүйелер топтық тракттар (топтық сигналдың өтуін қамтамасыз етіп отыратын техникалық құралдардың жиынтығы, яғни бірнеше телефон арнашықтары бір спутниктік арнаға біріктіріледі) және беру арналарын (сигналдардың бір нүктеден екінші нүктеге дейін беруді қамтамасыз ететін құралдардың жиынтығы) құрайды. Спутниктік байланыс жүйелерінің арналары және топтық тракттары магистральды және аймақ ішіндегі телефон желілерінің учаскелерінде, бірқатар жағдайларда жергілікті байланыс желілерінде кеңінен қолданылып отыр, Спутниктік байланыс желілері: Жердің жасанды серігі қызмет көрсететін аймақта кез келген байланыс бекеттері арасында тікелей бекітілген арналарды және тракттарды ұйымдастыруға, сондай-ақ бұл режимнің кезінде спутник арналары мен тракттары желідегі трафиктің қажеттіліктері өзгерген кезде бір бағыттардан екінші бағыттарға шұғыл ауыстырыла алатын, сондай-ақ толық қол жетімді шоқтармен ең тиімді пайдаланыла алатын, бекітілмеген арналар режимінде жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Қазіргі кезде VSAT пайдаланатын бірнеше спутниктік байланыс жүйелері жасалған. Осындай түрдегі типтік жүйелердің бірі болып геостационарлы спутниктердің негізінде ұйымдастырылған жүйе табылады. Аталған жүйенің құрамында жұмыс істейтін VSAT бірқатар елдерде, оның ішінде Қазақстанда да орнатылған.

VSAT станциясының тартымды ерекшелігі болып оларды пайдаланушыларға тікелей жақын жерге орналастыру мүмкіндігі табылады, осының арқасында пайдаланушылар жер бетіндегі байланыс желілерісіз де күн көре алады. Жалпы алғанда VSAT станциялары деп №725-729 ММКР ұсыныстарында сипатталған белгілі бір сипаттамаларға ие болып отыратын станциялар аталады.

Ақпаратты жоғары жылдамдықтарда (10 кбит/сек және одан көп) тұрақты беріп отырған кезде тиімді болып келетін, бекітілген арнасы бар жүйелерден өзге, арнаның көптеген абоненттік Жердегі станциялар арасында уақыттық, жиіліктік, кодтық немесе құрама бөлінуін пайдаланатын жүйелер де бар. Спутниктік байланыс жүйелерін классификациялауға мүмкіндік беретін тағы бір параметр болып хаттаманы пайдалану табылады. Алғашқы спутниктік жүйелер хаттамасыз болған және пайдаланушыға ашық арнаны ұсынатын еді. Мұндай жүйелердің кемшілігі болып, мысалға, пайдаланушының ақпаратын, әдетте, оның жеткізілуін қабылдаушы жақтың растауынсыз беру табылды. Басқаша айтар болсақ, мұндай жүйелерде ақпарат алмасуға қатысушылар арасындағы диалогтың ережелері келісіп шешілмеген болатын. Бұл жағдайда спутниктік байланыс жүйелерінің сапасы спутниктік арнаның сапасымен анықталады. Символға қатенің ықтималдығының 10-6..10-7 шамасындағы типтік мәндері кезінде үлкен файлдарды спутниктік жүйелер арқылы беру, тіптен әртүрлі кедергіге төзімді кодтарды пайдалана отырып та, мүмкін емес демесек те, қатты қиынға соғады. Қазіргі спутниктік байланыс жүйелері абоненттер арасындағы ақпарат алмасудың жоғары жылдамдығын сақтай отырып, байланыстың сенімділігін арттыратын хаттаманы пайдаланады. Мысалға, мәліметтерді берудің PEST™ (PersonalEarthStation - персональная земная станция) типті, төменде қарастырылып отырған жүйесі үшін символға қатенің ықтималдығы 99% байланыс уақыты үшін 10-9 аспайды.

Қазіргі таңда Қазақстанда оларды қатаң осылайша түсінгендегі VSAT типті желілер мен Жердегі станциялар әзірге аз, бірақ олардың саны өсетін болады, өйткені біздің еліміз, ұлан-байтақ жерімен қатар, әсіресе шеткері жатқан өңірлерде, байланыстың нашар дамыған инфрақұрылымына да ие.

Осындай күрделі аппаратураны тандап алған кезде көптеген факторларға назар аудару қажет, аса маңыздыларының бірі аталған типтегі аппаратураның әлемде қаншалықты таралғандығы, осындай техниканы жасап шығарумен айналысып отырған фирманың нарықта қаншама жыл жұмыс істеп келе жатқандығы болып табылады. Бұл жүйенің жұмысының сенімділігіне кепілдік беруге, басқа жүйелермен байланысты қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы спутниктік байланыс және навигация жүйелері әлемдік ақпараттық инфрақұрылымның маңызды құрамдас бөлігіне айналды. Олар жаһандық деңгейде үздіксіз байланыс пен дәл позициялауды қамтамасыз ете отырып, көлік, әскери қауіпсіздік, төтенше жағдайлар қызметі, ғылыми зерттеу және күнделікті өмір салаларында шешуші рөл атқарады.

Кесте 1.3 – Спутниктік байланыс және навигация жүйелерінің SWOT талдауы

Элемент	Сипаттамасы
Strengths (Артықшылықтар)	- Әлемдік ауқымды қамту (құрлық, теңіз, әуе) - 24/7 үздіксіз жұмыс істеу мүмкіндігі - Әскери, азаматтық, коммерциялық салаларда кең қолданылуы - Жоғары дәлдік пен сенімділік (навигацияда, байланыста) - Мемлекеттік стратегиялық маңызы (өз жүйесін иелену)
Weaknesses (Әлсіз жақтар)	- Жоғары қаржылық шығындар (ұшыру, қызмет көрсету, жаңарту) - Табиғи факторларға (ауа райы, жер бедері) тәуелділік - Спутниктердің шектеулі өмірлік циклі (5–15 жыл) - Жүйелер арасындағы үйлесімсіздік мәселелері - Орбиталық қоқыстардың көбею қаупі
Opportunities (Мүмкіндіктер)	- 5G, IoT технологияларымен интеграция мүмкіндігі - Автономды көліктер мен дрондарды қолдау - Климаттық бақылау және төтенше жағдайларды ерте анықтау - Жаңа нарықтарға ену (ғарыштық интернет, ауыл шаруашылығы, логистика) - Әлемдік цифрлық теңсіздікті төмендету жобалары (мысалы, Starlink)
Threats (Қауіптер)	- Кибершабуылдар және қауіпсіздік қатері - Геосаяси қақтығыстар мен шектеулер - Орбитадағы қоқыстардан туындайтын апаттар - Бәсекелестіктің күшеюі (жаңа спутниктік жүйелер) - Ғарыштық реттеу мен заңнамалық шектеулер

Қазіргі заманғы спутниктік байланыс және навигация жүйелері әлемдік ақпараттық инфрақұрылымның маңызды құрамдас бөлігіне айналды. Олар жаһандық деңгейде үздіксіз байланыс пен дәл позициялауды қамтамасыз ете отырып, көлік, әскери қауіпсіздік, төтенше жағдайлар қызметі, ғылыми зерттеу және күнделікті өмір салаларында шешуші рөл атқарады.

SWOT талдау нәтижелері көрсеткендей:

Бұл жүйелердің айқын артықшылықтары – жаһандық қамту, жоғары сенімділік және көптеген қолдану салаларындағы әмбебаптық.

Дегенмен, әлсіз жақтары да бар: спутниктерді жасау мен ұшырудың жоғары құны, табиғи факторларға тәуелділік және орбитадағы қоқыстар санының артуы сияқты мәселелер.

Болашақта спутниктік жүйелердің даму мүмкіндіктері өте зор: 5G және IoT технологияларымен бірігу, автономды көлік құралдарының навигациясын қамтамасыз ету, ауыл шаруашылығында, логистикада, және апаттық жағдайда деректерді тиімді қолдану салаларында өсім күтіледі.

Сонымен қатар, қауіптер де жоқ емес: кибершабуылдар, геосаяси шиеленістер және орбиталық қоқыстар сияқты факторлар осы жүйелердің тұрақты және қауіпсіз жұмыс істеуіне қауіп төндіреді.

Жалпы алғанда, спутниктік байланыс пен навигация жүйелері – заманауи әлемнің ажырамас негізі. Бұл салада тұрақты даму үшін инновацияларды енгізу, ғарыштық қауіпсіздік шараларын күшейту және халықаралық ынтымақтастықты арттыру қажет.

1.2 Спутниктік навигация жүйелерінің принциптері

Спутниктік навигация жүйелері (Global Navigation Satellite Systems – GNSS) – белгілі бір орындағы объектінің географиялық координаталарын (ендік, бойлық, биіктік) және қозғалыс параметрлерін (жылдамдық, уақыт) анықтайтын заманауи технологиялар.

Спутниктік навигация жүйелері – Жердің айналасында қозғалып жүрген спутниктер арқылы жердегі объектінің нақты орнын, қозғалыс бағытын және жылдамдығын анықтауға арналған жүйелер. Олардың жұмыс принциптері келесі негізгі кезеңдерге сүйенеді.

Спутниктерден сигнал тарату. Навигациялық спутниктер үздіксіз арнайы радиосигналдар (уақыт белгісі, спутниктің орналасу координаттары сияқты деректер) таратады.

Бұл сигналдар өте дәл уақыт көзіне (атом сағаттарына) негізделген. Мысалы: GPS спутниктері әр 30 секунд сайын өз уақытын және орнын жіберіп тұрады.

Қабылдаушы құрылғы (приемник) сигналдарды қабылдайды.

Жер бетіндегі қабылдағыш (мысалы, автокөліктегі GPS, смартфон, дрондағы навигатор) бірнеше спутниктен бір уақытта сигнал алады.

Қабылдағыш әр спутниктен сигналдың келу уақыты мен спутниктің координатын тіркейді.

Маңызды: Бір ғана спутниктен сигнал жеткіліксіз, нақты орын анықтау үшін кем дегенде 4 спутниктің сигналы қажет.

Уақыт айырмашылығын өлшеу. Қабылдағыш әр спутниктен сигналдың келу уақыты мен жіберілген уақытын салыстырады.

Уақыт айырмасы сигналдың спутниктен қабылдағышқа дейінгі қашықтықты есептеуге мүмкіндік береді.

Орналасуды анықтау (Триангуляция әдісі). Әрбір спутникпен анықталған қашықтық сфера түрінде қарастырылады.

Үш спутник берген сфералардың қиылысуы арқылы жердегі нүктенің (қабылдағыштың) орны анықталады.

Төртінші спутник уақытты синхрондау мен үш өлшемді координаттарды (X, Y, Z) анықтау үшін керек. Бұл әдіс триангуляция деп аталады.

Деректерді өңдеу және нәтиже беру. Қабылдағыш құрылғы барлық есептеулерді орындайды.

Нәтижесінде ол қолданушыға:

- Нақты географиялық координаттарын (ендік, бойлық, биіктік);
- Қозғалыс жылдамдығын;
- Қозғалыс бағытын көрсетеді.

Кесте 1.4 – Негізгі спутниктік навигация жүйелері

Жүйе	Ел	Ерекшелігі
GPS	АҚШ	Ең көп таралған, жаһандық қолжетімділік
GLONASS	Ресей	Жоғары ендіктерде жақсы жұмыс істейді
Galileo	Еуропа Одағы	Өте жоғары дәлдік, азаматтық қолданушыларға арналған
BeiDou	Қытай	Азия-Тынық мұхиты аймағында күшті қамту
QZSS	Жапония	Жапон аралдарына бағытталған толықтыру жүйесі

Спутниктер өздерінің координаттары мен уақыт белгісі бар сигналдарды үздіксіз жібереді.

Қабылдағыш құрылғы (GPS трекер, смартфон, навигатор) осы сигналдарды қабылдап, әр спутниктен келген сигналдың кешігу уақытын өлшейді.

Үш спутниктің сигналы арқылы координаталық орынды анықтайды (триангуляция әдісі).

Төртінші спутник – құрылғының уақыт дәлдігін сәйкестендіруге көмектеседі.

Нәтижесінде пайдаланушы өзінің нақты орналасқан орнын және қозғалыс параметрлерін біледі.

Спутниктік навигация жүйелері – Жер орбитасында айналып жүрген спутниктерден арнайы радиосигналдар қабылдау арқылы жердегі объектінің орнын, қозғалысын және уақытты дәл анықтауға мүмкіндік беретін технологиялар. Бұл жүйелердің жұмыс принципі спутниктен келген сигналдардың таралу уақытын өлшеп, триангуляция әдісі арқылы координаталарды есептеуге негізделген.

Спутниктік навигация жүйелері көлік қозғалысын басқару, әскери мақсаттар, ғылыми зерттеулер, ауыл шаруашылығы, логистика және күнделікті

тұрмыста кеңінен қолданылады. Бұл жүйелердің дәлдігі мен қолжетімділігі заманауи өмірдің ажырамас бөлігіне айналды.

Қорытындылай келе, спутниктік навигация жүйелері – уақыт пен қашықтықты жоғары дәлдікпен өлшеу негізінде жұмыс істейтін, әлемдік ауқымда қозғалыс пен орналасу мүмкіндігін қамтамасыз ететін озық технологиялар болып табылады.

Кесте 1.5 – Жұмыс істеу негіздері

Орбитадағы спутниктер:	Спутниктер Жерді белгілі орбиталарда айналып жүреді. Әр спутник нақты уақыты мен өзінің орналасқан орнын көрсететін сигнал таратады. Бұл сигналдар радиотолқындар арқылы Жерге келеді.
Қабылдағыш құрылғы:	Жер бетінде орналасқан қабылдағыш құрылғы (GPS-навигатор, смартфон және т.б.) бірнеше спутниктен бір уақытта сигнал қабылдайды. Қабылдағыш әр спутниктің сигналын тіркеп, келген уақыт пен жіберілген уақыттың айырмасын өлшейді.
Қашықтықты есептеу:	Сигналдың Жерге жету уақытын біле отырып, спутник пен қабылдағыш арасындағы қашықтық есептеледі. Бұл үшін жарықтың таралу жылдамдығы қолданылады (шамамен 300 000 км/с).
Триангуляция әдісі:	Үш немесе одан көп спутниктің мәліметтері негізінде пайдаланушының орналасқан орны есептеледі. Төртінші спутник уақыт синхрондау үшін қажет болады, себебі қабылдағыштың ішкі сағаты дәл атомдық уақытпен салыстырғанда кішкене ауытқуы мүмкін.
Координаталар мен уақытты анықтау:	Нәтижесінде құрылғы нақты координаталарды, жылдамдықты, қозғалыс бағытын және уақытты көрсетеді.

Спутниктік навигация жүйелері – заманауи әлемнің ең маңызды технологияларының бірі болып саналады. Бұл жүйелердің жұмыс принципі спутниктерден таралатын сигналдарды қабылдап, олардың негізінде уақыт пен қашықтықты өлшеуге сүйенеді. Қабылдағыш құрылғы бір мезетте бірнеше

спутниктен сигнал алып, триангуляция әдісі арқылы өзінің нақты орналасу орнын, қозғалыс жылдамдығын және бағытын анықтайды.

Әлемде кеңінен қолданылатын негізгі жүйелерге – АҚШ-тың GPS, Ресейдің GLONASS, Еуропаның Galileo, Қытайдың BeiDou және Жапонияның QZSS жүйелері жатады. Бұл жүйелер әлемдік масштабта жоғары дәлдікпен навигация қызметтерін ұсына отырып, көлік, әскери іс, ауыл шаруашылығы, төтенше жағдайлар сияқты көптеген салаларда қолданылады.

Технологияның артықшылықтарына оның жаһандық қолжетімділігі, жоғары дәлдігі, сенімділігі жатады. Дегенмен, ғимараттар арасындағы немесе табиғи кедергілер әсерінен сигнал әлсіреуі сияқты шектеулер де бар.

Қорытындылай келе, спутниктік навигация жүйелері – ғаламдық байланыстың, логистиканың, қауіпсіздіктің және экономиканың ажырамас бөлігі. Олар қазіргі таңда ғана емес, болашақта да технологиялық прогрестің негізін құрайтын салалардың бірі болып қала береді.

1.3 Қазіргі спутниктік байланыс жүйелерінің қолдану салалары

Қазіргі спутниктік байланыс жүйелері көптеген салаларда кеңінен қолданылып, әлемнің түкпір-түкпірінде байланыс пен ақпарат алмасуды қамтамасыз етеді. Спутниктер арқылы берілетін сигналдар түрлі салада тиімді шешімдер ұсынады. Міне, спутниктік байланыс жүйелерінің негізгі қолдану салалары:

1. Телевизия және радио хабар тарату.

Телеарналар мен радиостанциялар спутниктер арқылы жоғары сапалы сигналдарды әлемнің кез келген жеріне таратады. Бұл саланың артықшылығы – сигналдардың кең ауқымды аймақтарды қамтуы, әсіресе шалғай елді мекендерде байланыс орнатуға мүмкіндік береді. Тікелей спутник арқылы эфир (DTH) технологиясы үйде теледидар мен радио қызметін ұсынуға мүмкіндік береді.

2. Әскери және қорғаныс саласы.

Спутниктер құпия ақпаратты қорғау, әскерді басқару, аэрофото және географиялық мәліметтерді беру үшін маңызды. Жедел байланыс жүйелері әскердің командалық пункттері мен бөлімшелері арасында қашықтықтан байланыс орнатуға мүмкіндік береді. GPS және навигация жүйелері, сондай-ақ спутниктік бақылау, әуе және су көліктерінің қозғалысын қадағалау үшін қолданылады..

3. Ғылыми зерттеулер және ауа райын болжау.

Спутниктік байланыс жүйелері ғарыштағы және Жер бетіндегі ғылыми зерттеулерде маңызды рөл атқарады. Метеорологиялық спутниктер атмосфера жағдайын бақылап, ауа райын болжауды қамтамасыз етеді. Жердегі табиғи апаттарды бақылау және экологиялық өзгерістерді анықтау үшін спутниктер қолданылады.

4. Төтенше жағдайларда және гуманитарлық көмек көрсету.

Төтенше жағдайлар мен табиғи апаттар кезінде спутниктік байланыс жүйелері жергілікті байланыс жүйелері жұмыс істемей қалған жағдайда, адамдар арасында байланыс орнатуға көмектеседі.

Гуманитарлық миссиялар үшін байланыс құралдары мен ақпарат жинау спутниктер арқылы жүзеге асырылады, бұл көмек көрсету қызметтерін тиімді ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

5. Навигация және көлік жүйелері.

GPS жүйелері көлік, авиация және теңіз көлігі үшін маңызды. Олар тек нақты орналасуды анықтап қана қоймай, сонымен қатар қозғалыс бағыты мен жылдамдығын бақылауға мүмкіндік береді.

Автономды көліктердің навигациясы спутниктік жүйелерге негізделеді, бұл көліктердің жол бойымен дұрыс бағытта қозғалуы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

6. Коммерциялық және жеке байланыс қызметтері.

Интернет байланысы, телефон және мәліметтер алмасу – спутник арқылы кең көлемде жүзеге асырылады, әсіресе қашықтағы аудандарда немесе теңізде.

Қашықтықтан басқару жүйелері (мысалы, ауыл шаруашылығы, энергетика, мұнай-газ өндірісі) салаларында спутниктерді қолдану арқылы мониторинг жүргізіледі.

7. Ауыл шаруашылығы.

Ауыл шаруашылығында спутниктік байланыс жердің жағдайын, топырақтың ылғалдылығын және дақылдардың өсуін бақылауға мүмкіндік береді. Далалық жұмыстарды қадағалау үшін спутниктер деректерді жинап, фермерлерге алқаптардың жағдайы туралы ақпарат ұсынады.

8. Географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЗ).

Спутниктер арқылы алынған географиялық мәліметтер (мысалы, жер бедері, қала құрылысы, табиғи ресурстар) әртүрлі елдер мен ұйымдардың географиялық ақпараттық жүйелерін құруда қолданылады. Бұл жүйелер жоспарлау, қалалық даму және экологиялық мониторинг үшін маңызды.

9. Қаржы және банк саласы.

Қашықтықтан төлем жүйелері мен қызметтер – спутник арқылы жүзеге асырылып, қолма-қол ақшасыз есеп айырысу мүмкіндіктерін қамтамасыз етеді. Қаржы ұйымдары спутник байланыс жүйелерін қолдана отырып, түрлі елдер арасында қауіпсіз және жылдам деректер алмасуды қамтамасыз етеді.

10. Ұшқышсыз ұшатын аппараттар (дрондар).

Спутниктік байланыс дрондар мен ұшқышсыз көлік жүйелеріне тұрақты байланыс орнатуға мүмкіндік береді. Бұл жүйе әртүрлі салаларда, мысалы, топографиялық зерттеулер, жедел көмек көрсету, ауыл шаруашылығында қолданылады.

Қазіргі таңда спутниктік байланыс жүйелері көптеген салаларда маңызды рөл атқарады. Олар ақпаратты қашықтан беру, жағдайларды мониторингтеу, қауіпсіздікті қамтамасыз ету және жаңа технологияларды дамыту үшін қолданылып келеді. Спутниктердің көмегімен орындалатын байланыс қызметтері адамдардың өмірін жеңілдетіп, жаңа мүмкіндіктерге жол ашады.

Қазіргі спутниктік байланыс жүйелері әлемнің әртүрлі салаларында кеңінен қолданылып, жаһандық ақпарат алмасуды, навигацияны, коммуникацияны және қауіпсіздікті қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Олар тек байланыс қызметтерін ғана емес, сонымен қатар ғарыштық зерттеулер, ауа райын болжау, төтенше жағдайлар кезінде көмек көрсету, ауыл шаруашылығы мен көлік жүйелерін дамыту сияқты көптеген бағыттарды қамтиды.

Спутниктердің негізгі артықшылықтары – олардың кең аймақтағы байланыс мүмкіндігі, жоғары дәлдік, ақпараттың жылдам берілуі және табиғи немесе жасанды кедергілерге төзімділігі. Бұл технологиялар ауылды жерлерде немесе алыстағы аймақтарда коммуникацияны қамтамасыз ету үшін өте тиімді. Сонымен қатар, спутниктік жүйелердің дамуы жаңа ғылыми жетістіктерге жол ашады және әлемді тұрақты әрі қауіпсіз басқару үшін қолданылады.

Қазіргі заманғы спутниктік байланыс жүйелерінің тиімділігі мен қолжетімділігі оларды түрлі салаларда қолдануға мүмкіндік береді және болашақта жаңа мүмкіндіктер мен технологиялармен бірігу арқылы олардың маңыздылығы одан әрі артады.

Спутниктік байланыс жүйелерінің маңыздылығы бірнеше негізгі факторлармен түсіндіріледі:

Жаһандық қамту: Жердің ең алыс нүктелеріне дейін байланыс орнату мүмкіндігі, мысалы, мұхиттарда, шөлейттерде немесе таулы аудандарда.

Тәуелсіздік пен сенімділік: Жердегі инфрақұрылым істен шыққан жағдайда да байланыс үзілмейді (табиғи апаттар, соғыстар, техногендік апаттар кезінде).

Жоғары өткізу қабілеті: Мәліметтерді үлкен көлемде жылдам тасымалдау мүмкіндігі (интернет, ТВ хабар тарату).

Жедел әрекет ету. Төтенше жағдайларда немесе дағдарыс кезінде жедел байланыс және ақпарат алмасу.

Бүгінгі таңдағы спутниктік байланыстар мемлекеттік және әскери мақсатта, азаматтық және коммерциялық қызметтерде, ғылыми-зерттеу және экологиялық мониторингте, навигация мен көлік жүйелерінде, төтенше жағдайлар мен іздестіру-құтқару операцияларында кеңінен қолданылады.

Сонымен қатар, спутниктік жүйелердің дамуы цифрлық экономиканы, "ақылды қалалар" концепциясын, қашықтықтан білім беру мен медициналық қызметтерді дамытуға ықпал етеді.

Алдағы болашақта спутниктік байланыс жаңа деңгейге көтеріледі:

- 5G/6G спутниктік желілері;
- Жеке спутник шоғырлары (мысалы, SpaceX Starlink жобасы);
- Ғаламдық интернетті толық қамту;
- Ғарыштық мониторинг пен деректерді автоматты өңдеу жүйелерінің

кең таралуы күтілуде.

Қазіргі спутниктік байланыс жүйелері – жаһандық қоғамның тиімді жұмыс істеуі үшін қажетті инфрақұрылым. Олар әр саланың даму қарқынын арттырып, адамдар арасындағы байланысты жылдам әрі сенімді етеді.

Болашақта бұл жүйелердің жетілдірілуі және жаңа бағыттарда қолданылуы әлемдік экономиканың, ғылымның және технологияның дамуына үлкен серпін береді.

2 Спутниктік жүйені жобалаудың онтайлы тұжырымдамасын жасау

2.1 Спутник жүйесінің жобалау талаптары

Спутниктік байланыс – бұл арнайы қайталағыштарды-жасанды байланыс спутниктерін пайдалануға негізделген ғарыштық радиобайланыстың бір түрі. Олар жердегі алыс нүктелер арасындағы байланысты қамтамасыз ете отырып, олар арқылы берілетін радио сигналдарды қайта жіберу функциясын орындайды.

Жасанды байланыс спутниктері сигналды қабылдау/беру блоктары мен белгілі бір жиіліктерде жұмыс істейтін тар бағытталған антенналарды қамтитын күрделі релелік аппаратурамен жабдықталған. Олар жерді айналып өтіп, радиосигналдарды көру аймағындағы жер станцияларына қайта жібереді.

Спутниктік байланыс жүйелері континенттер мен елдер арасындағы байланысты, сондай-ақ деректерді берудің кең ауқымы мен жоғары сенімділігін қамтамасыз ететін заманауи телекоммуникациялық жүйелерде маңызды рөл атқарады [3]. Спутниктік байланыс – қазіргі әлемдегі ең маңызды және кеңінен қолданылатын телекоммуникация түрлерінің бірі. Ол жер орбитасындағы спутниктер арқылы деректерді, дауыстық және бейне байланыстарды, интернетті, радиохабарларды және т.б. беру мүмкіндігін ұсынады. Спутниктік байланыстың негізгі элементі Жер бетіндегі белгілі бір нүктеге қатысты қозғалмайтын геостационарлық спутниктер болып табылады. Бұл жердегі байланыс құралдарын орнату қиын немесе экономикалық тұрғыдан мүмкін емес шалғай немесе жету қиын аудандармен тұрақты және сенімді байланыс орнатуға мүмкіндік береді.

Спутниктік байланыс телекоммуникация, теледидар, хабар тарату, теңіз және әуе байланысы, навигациялық жүйелер, метеорологиялық бақылаулар және т.б. қоса алғанда, кең ауқымды қолданбаларға ие. Ол соқыр аймақтарды, шалғай аймақтарды, теңіз және әуе кеңістіктерін қоса алғанда, әртүрлі салаларда байланыс пен байланыстың қолжетімділігін қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады.

Спутниктік байланыстың негізгі артықшылықтарына деректерді берудің жоғары жылдамдығы, қызмет көрсетілетін аумақтарды кең қамту, төтенше жағдайларда байланысты ұйымдастыру мүмкіндігі және кез келген ауа райы жағдайында жұмыстың тұрақтылығы жатады. Спутниктік байланыс сонымен қатар GPS, GLONASS және Galileo навигациялық жүйелері сияқты көптеген жаһандық жүйелердің ажырамас бөлігі болып табылады, навигация мен геопозицияда дәлдік пен сенімділікті қамтамасыз етеді.

Осылайша, спутниктік байланыс қазіргі әлемде маңызды рөл атқарады, кез-келген жағдайда тұрақты және сенімді байланыс орнатады және әлемдік коммуникациялар мен технологиялардың дамуына ықпал етеді.

Сигналдың әлсіреуін есептеу.

$$PL = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + K \quad (2.1)$$

PL сигналының әлсіреуі (дБ);

d – таратқыш пен қабылдағыш арасындағы қашықтық (км);

f – жұмыс жиілігі (МГц);

K – жер бедері мен қоршаған ортаның сипаттамаларын ескеретін ыдырау коэффициенті.

Геостационарлық орбита үшін спутниктік биіктіктігі мен сигналдың кешігу уақытын есептеу (h).

$$H = \frac{R+H_P}{R} \quad (2.2)$$

$$T_d = c^2 h, \quad (2.3)$$

R – жердің радиусы (км);

p – жер бетінен орбитаның биіктігі (км);

d – уақыт кідірісі (с);

h – спутниктің биіктігі (км);

c – жарық жылдамдығы (км/с).

Спутниктің бұрыштық диаметрін есептеу:

$$\theta = 2 \cdot \arctan \frac{2xd}{D} \quad (2.4)$$

θ – спутниктің бұрыштық диаметрі (рад);

D – спутниктің диаметрі (м);

d – бақылаушыдан спутникке дейінгі қашықтық (м).

Кеплер Заңы:

$$T^2 = \frac{G}{G \cdot (m_1 + m_2) \cdot 4\pi^2 \cdot a^3} \quad (2.5)$$

T – спутниктің айналу кезеңі (с);

G – гравитациялық тұрақты ($\text{м}^3/\text{кг} \times \text{с}^2$);

1м және 2м – объектілердің массалары (кг).

Қорытындылай келе, жоғарыда келтірілген формулалар спутниктік байланыс жүйелерін жобалау мен талдауда маңызды рөл атқаратынын атап өтуге болады. Сигналдың әлсіреуін есептеу спутниктен қабылдағышқа дейінгі жолдағы сигналдың жоғалуын анықтауға мүмкіндік береді, бұл жүйенің жұмысын оңтайландыру үшін маңызды. Геостационарлық орбитадағы спутниктің биіктігін есептеу тұрақты байланысты қамтамасыз ету үшін спутниктің оңтайлы орнын анықтауға мүмкіндік береді. Сигналдың уақыттық кідірісі және спутниктің бұрыштық диаметрі байланыс сапасына әсер етеді және жобалау кезінде есепке алуды қажет етеді. Кеплер Заңы спутниктің айналу

кезеңін және оның орбитасын бағалауға мүмкіндік береді, бұл сенімді және тиімді спутниктік байланысты қамтамасыз ету үшін де маңызды.

Дипломдық жоба аясында, Қазақстанның шалғай өңірлерінде, мысалы, Шығыс Қазақстан және Қарағанды облыстарында күрделі рельефке және байланыс орталықтарынан қашықтыққа орналасуына байланысты интернеттің жеткіліксіз сапасы туралы мәселе қаралды. Қазақстанның байланыс вице-министрі Асхат Оразбек проблеманың өзектілігін және жағдайды жақсарту үшін OneWeb және Starlink сияқты геостационарлық емес байланыс спутниктерін пайдалану ниетін атап өтті. Бұл спутниктер шалғай аудандарда тұрақты және сапалы интернет байланысын қамтамасыз ететін заманауи технологияларға ие.

Осы өңірлерде интернетті жақсарту бойынша жоспарланған шаралар Қазақстанның цифрлық инфрақұрылымды дамытуға және халықтың заманауи коммуникациялық технологияларға қолжетімділігін қамтамасыз етуге ұмтылысын айғақтайды. Мұндай бастамаларды қолдау шалғай аймақтардағы адамдардың өмірін жақсартуға және олардың ақпараттық ресурстарға қолжетімділігін арттыруға ықпал етуі мүмкін Ресейлік ғарыш құрылымдарының қолдауымен іске асырылатын қазақстандық спутниктік жобалардың табысы олардың тұтынушылардың күтулеріне сәйкестігіне айтарлықтай байланысты. Бүгінде ғарыш саласы басым және ғылымды қажетсінетін салалардың біріне айналды, ал ірі ғарыштық жобаларға қатысу мемлекеттің экономикалық, саяси және ғылыми-техникалық тұрақтылығының айқындалушы факторына айналды. Бұл тұрғыда Қазақстан Халықаралық ғарыш нарығының белсенді қатысушыларының қатарына кіруі тиіс деген пікірлер айтылып, жалға берушінің ұстанымына қанағаттануды тоқтатты.

2004 жылы ҚР-да ғарыш қызметін дамытудың 2005-2007 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы қабылданды, оның мақсаты ұлттық және ақпараттық қауіпсіздікті нығайту, ғарыш технологияларын тиімді пайдалану арқылы елдің әлеуметтік-экономикалық және ғылыми-техникалық дамуына жәрдемдесу болды.

Қазақстанның, Ресейдің және алыс шет елдердің қазақстандық ғарыш бағдарламасын іске асыруға қатысы бар ғылыми-зерттеу ұйымдары мен өндірістік-енгізу құрылымдарының өкілдері үлкен аумақ, халықтың тығыздығының төмендігі, табиғи жағдайлар мен минералдық ресурстардың әртүрлілігі сияқты факторларды ескере отырып, спутниктік байланыс құралдары мен жүйелер Қазақстанда ғарыш қызметін дамытудың басым бағыты болуға тиіс деп санайды Жерді қашықтықтан зондтау. Спутниктік байланыс және хабар тарату жүйелерінің қазіргі әлемдік нарығы тұрақты өсуді көрсетеді. Бір қызығы, «Қазғарыш» ҰК деректеріне сәйкес, егер 1997 жылы спутниктік байланыс қызметтерінің әлемдік нарығы 118 млрд құраса және оның телекоммуникациялық нарықтағы үлесі 2,7% құраса, 2007 жылға қарай интернет 150 млрд көлеміне жетіп отыр. Бүгінгі таңда спутниктік байланыстың әлемдік нарығы жұмыс істеп тұрған ғарыш аппараттарында 6000-нан астам транспондерді ұсынатынын атап өту маңызды, олардың едәуір бөлігі Азия-

Тынық мұхиты аймағының елдеріне, Солтүстік Америкаға және Орталық және Шығыс Еуропа мемлекеттеріне тиесілі. Мені Қазақстандағы интернеттің дамуы туралы деректер де таң қалдырды.

Интернет желісін пайдаланушылар саны 2005 жылы 203 мыңға жетті, бұл 2000жылғы көрсеткіштен 6,7 есе артық. Ал 2024 жылы 16,5 млн қолданушыларға жеткен еді. Бұл деректер халық табысының өсуін және қазіргі заманғы кең жолақты қызметтерге қажеттіліктің артуын көрсетеді. Осы деректерге сүйене отырып, өзіміздің заманауи спутниктік байланыс жүйелерін дамыту Қазақстан үшін өзекті міндет болып табылады деген қорытынды жасауға болады. Атап айтқанда, бүкіл халықтың жаһанды ақпараттық кеңістікке және елдің ақпараттық кеңістігіне қол жеткізуін қамтамасыз ету маңызды. Ұлттық геостационарлық байланыс спутнигін құру, мультимедиялық интерактивті қызметтерді ұсыну, телемедицина және қашықтықтан оқыту желілерін дамыту, сондай-ақ жылжымалы үкіметтік және президенттік байланысты қамтамасыз ету-бұл отандық спутниктік байланыс жүйелерін дамытудың басым бағыттары.

Кесте 2.1 – Қазақстанда интернет-қосылыстардың әртүрлі түрлерін пайдалану тығыздығы

Байланыс түрі	Пайдалану жиынтығы, %
Кең жолақты қол жетімділік (SPD)	84,4
Ұялы байланыс	84,4
Бекітілген кең жолақты байланыс	42.0
Жердегі бекітілген сымсыз байланыс	5.5
Спутниктік кең жолақты байланыс	1,9
Мобильді кең жолақты байланыс	69.2
Аналогтық ұялы телефон, GSM, GPRS	

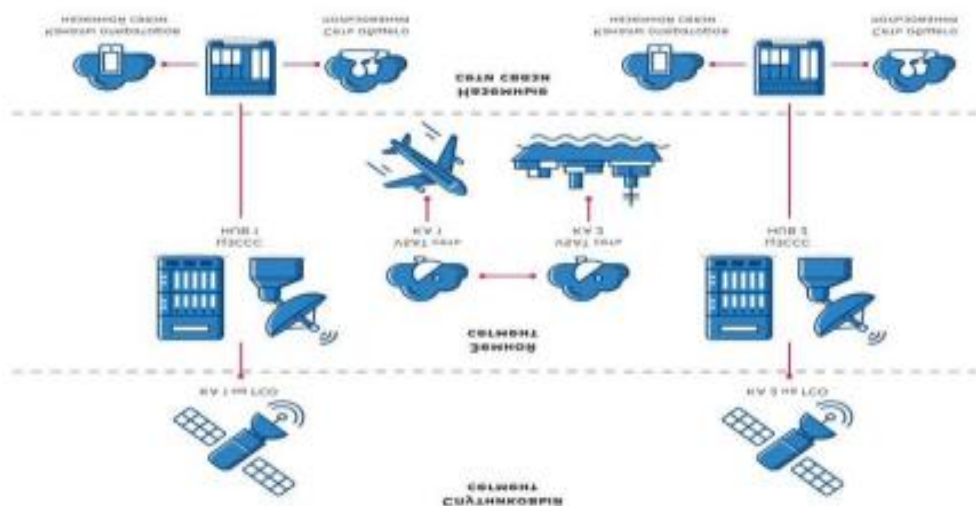
Кестеден Қазақстанда интернеттің, әсіресе кең жолақты және мобильді қолжетімділік арқылы жоғары танымалдығы бар деген қорытынды жасауға болады, бұл халық үшін ақпарат пен коммуникацияға қол жеткізудің кең мүмкіндіктерін көрсетеді. Алайда, интернетті пайдаланбайтын немесе ескірген технологияларды қолданатын халықтың үлесі әлі де бар, бұл қажеттіліктің болмауына, қызметтің қымбаттығына немесе кейбір аудандарда, соның ішінде ауылдық жерлерде қызметтің қол жетімсіздігіне байланысты болуы мүмкін.

Қазақстан экономикасының ақпараттық-коммуникативтік секторын дамытудың маңызды аспектісі тарифтік реттеу және лицензиялау тетіктерін жетілдіру болып табылады, бұл телекоммуникациялық қызметтер нарығында бәсекелестік ортаны дамыту және реттеу үшін нормативтік-құқықтық базаны құруға ықпал етеді. Бұл сондай-ақ жеке инвестицияларды тартуға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде жыл сайын 5 млрд. долларға дейін үстеме шығыстарды үнемдеуге ықпал етеді және үш-бес жыл ішінде спутниктік байланыс жүйелері саласына инвестициялардың қайтарымдылығын қамтамасыз етеді.

Қазақстанның осы сектордағы ұстанымы өте тартымды, өйткені ел жаңа бағытты нөлден бастап дамыта бастайды, бұл бәсекеге қабілетті болуға мүмкіндік беретін заманауи технологияларды әзірлеуге және енгізуге мүмкіндік береді. «Қазғарыш» ҰК президенті Серік Тұржанов отандық ғарыш саласының бұл үшін қажетті қаражаты бар екенін, сондай-ақ Қазақстан Үкіметі бірлескен жобаларды, жеке бизнесті, шетелдік инвесторлар мен серіктестерді құруды қолдайтынын атап өтті. Технопарктерді, оның ішінде Алматыда ғарыштық және

Байқоңырда өнеркәсіптік парктерді құру осы салада шетелдік технологияларда тартуға және инновацияларды дамытуға ықпал етеді.

Қосылыстардың ең танымал түрлері – үй шаруашылықтарының 84,4 пайдаланатын кең жолақты (SPD) және мобильді қол жетімділік. Бұл интернетті халық арасында кең таралғанын көрсетеді. Келесі ең танымал түрі-мобильді жолақты байланыс (69,2%), бұл сонымен қатар мобильді құрылғылар арқылы интернеттің жоғары қолжетімділігін көрсетеді.



2.1-сурет – Спутниктік байланыстың жұмыс жасау аймағы

Спутниктік байланыс ұзақ қашықтыққа байланыс орнатудың маңызды және тиімді әдісі болып табылады. Ол Жердің жасанды спутниктерін сигналды қайталағыш ретінде пайдалануға негізделген, бұл планетаның бүкіл беті тұрақты радио сигналымен жабуға мүмкіндік береді.

Спутниктік байланыс жүйесіне орбитадағы спутниктер, жердегі қабылдау орталықтары және абоненттердің жеке жабдықтары кіреді. Бұл тәсіл тек үш компоненттің көмегімен байланыс, теледидар және интернетті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Осылайша, спутниктік байланыс кез келген жағдайда тұрақты қосылымды қамтамасыз ете отырып, ұзақ қашықтыққа байланысудың ыңғайлы және тиімді әдісі болып табылады.

Спутниктік байланыс дамып келеді және жыл сайын жаңа технологиялар мен мүмкіндіктер пайда болады. Ол қазіргі әлемде бүкіл әлемдегі адамдар мен ұйымдар арасындағы байланысты қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады [13].

Спутниктік байланыс технологиялары мен стандарттары спутниктер мен жердегі Станциялар арасындағы, сондай-ақ спутниктердің өздері арасындағы байланысты қамтамасыз ету үшін осы салада қолданылатын негізгі аспектілер мен әдістерді білдіреді. Олар жұмыстың негізгі принциптерін, деректерді беру стандарттарын, сигналдарды модуляциялау және демодуляциялау әдістерін және жабдықтың сипаттамаларын анықтайды [14].

Спутниктік байланыстың негізгі стандарттарының бірі – DVB-S2 (digital Video Broadcasting-Satellite-Second Generation) – спутниктік байланыс арқылы теледидар бағдарламаларын, деректерді және басқа мультимедиялық мазмұнды тасымалдау үшін қолданылатын сандық спутниктік хабар тарату стандарты. Ол спутниктік транспондерлердің өткізу қабілетін тиімдірек пайдалануды және кедергіге төзімділікті арттыруды қамтамасыз етеді [15].

Тағы бір маңызды стандарт – мобильді спутниктік байланысты қамтамасыз ету үшін қолданылатын Iridium байланыс стандарты. Ол тіпті шалғай және жетуге қиын аудандарда да кең ауқымды және жоғары Байланыс тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Спутниктік байланыс технологиялары FDMA (Frequency Division Multiple Access) және TDMA (time Division Multiple Access) сияқты әртүрлі деректерді беру әдістерін қамтиды, олар спутниктік өткізу қабілеттілігін тиімді пайдалануға және абоненттер арасындағы сапалығын қамтиды [16].

Қазақстандағы спутниктік байланыстың сәтті және сәтсіз жобаларын талдауға қуаныштымын. Айтарлықтай инвестициялар мен күш-жігерге қарамастан, кейбір жобалар жоспарланған мақсаттарға қол жеткізе алмады, бұл тәуекелдерді талдаудың және телекоммуникация нарығындағы өзгерістерді болжаудың маңыздылығын көрсетеді.

Сипаттамалары:

- Ku диапазоны: Ku диапазоны спутниктік теледидар, хабар тарату, Интернет және қысқа қашықтықтағы байланыс үшін кеңінен қолданылады. Ол C диапазонымен салыстырғанда жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді, бірақ атмосфералық кедергілерге аз төзімді.

- Ka диапазоны: Ka диапазоны кең жолақты интернет пен ұялы байланысты қоса алғанда, жоғары жылдамдықты спутниктік байланыс үшін қолданылады. Ол жоғары өткізу қабілеттілігіне ие, бірақ атмосфералық кедергілерге аз төзімді және жабдықты дәл баптауды қажет етеді.

- L диапазоны: L диапазоны спутниктік байланыс, навигация және метеорологиялық мақсаттарды қоса алғанда, әртүрлі қосымшалар үшін қолданылады. Ол жақсы ену қабілетіне ие және атмосфералық кедергілерге төзімді, бірақ әдетте өткізу қабілеті төмен.

Есептеу формулалары сигналдың жиілігіне және оның толқын ұзындығына байланысты.

Толқын ұзындығы (λ): толқын ұзындығын есептеу үшін формула қолданылады:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.6)$$

λ - толқын ұзындығы;

c - жарық жылдамдығы (шамамен $3 \cdot 10^8$ м/с);

f - сигнал жиілігі (герц).

Жиілік пен толқын ұзындығы кері пропорционалды түрде байланысты жиілік неғұрлым жоғары болса, толқын ұзындығы соғұрлым қысқа болады және

Керісінше Басқару орталығы: спутниктік жүйенің жұмысын үйлестіру және оны тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін спутниктердің орналасуын бақылайтын, олардың бағытын басқаратын және деректердің берілуі бақылайтын басқару орталығы қажет [11].

Спутниктік байланыстың бірқатар артықшылықтары бар. Ол басқа байланыс құралдары жоқ алыс және оқшауланған жерлерде қол жетімді. Базалы станциялардың құрылысы қажет емес және қосылу үшін таза аспан жеткілікті. Роумингтің болмауы тарифтерді, деректерді беру уақытына негізделген, қарапайым және ашық етеді. Сигнал абоненттен жер орталығына өтеді, бұл абоненттерді орналасқан жеріне қарамастан байланыс құны мен сапасына әсер етпейді.

Спутниктік байланыстың кемшіліктері атмосферадағы үлкен қашықтықты еңсерумен байланысты, бұл тропосферадағы физикалық процестерге байланысты кедергі мен сигналдың жоғалуына әкелуі мүмкін.

Сондай-ақ ауа-райына тәуелділік бар, өйткені радиотолқындар бұлттар мен қар бұлттары арқылы жақсы өтпейді. Қабырғалар мен шатырлар сияқты кедергілерге байланысты спутниктік телефондар ғимараттардың ішінде тиімсіз. Жабдықтар мен тарифтердің жоғары құны спутниктік байланыстарды пайдаланушылардың кең ауқымы үшін қол жетімді етпейді, бұл оны негізінен әскери, құтқарушылар, саяхатшылар және басқа кәсіби топтар сияқты төтенше жағдайларда байланыс құралы етеді [12].

Табысты жобалардың ішінде ұлттық спутниктік байланыс жүйелерін енгізуді бөліп көрсеткен жөн, бұл қызметтер спектрін кеңейтуге ықпал етті және Қазақстан халқының жаһандық ақпараттық кеңістікке қолжетімділігін қамтамасыз етті. Бәсекелестікті дамыту және жеке инвестицияларды тарту үшін қолайлы жағдай туғызған тарифтік реттеу және лицензиялау тетіктерін жетілдіру жөніндегі күш-жігерді де табысты деп атауға болады.

Екінші жағынан, кейбір жобалар байланыс қызметтеріне сұранысты талдаудың жеткіліксіздігіне, ұсынылатын медиа қызметтерінің қымбаттығына және жаңа буын спутниктерінің болмауына байланысты сәтсіз болды. Бұл нарықты тереңірек зерттеу және стратегияларды пайдаланушылардың өзгеретін талаптарына бейімдеу қажеттілігін көрсетеді.

2.2 Спутниктік байланыс жүйесін жобалау

Қазақстанның басқа да көптеген өңірлері сияқты, шалғай және қол жеткізу қиын аудандарда жоғары жылдамдықты интернетке қол жеткізу және сапалы байланыс проблемаларына тап болады.

Пайдаланушылардың осы аймақтағы спутниктік байланыс қажеттіліктерін талдау осы аймақтағы спутниктік байланысты дамыту жобасын сәтті жүзеге асыру үшін маңызды болып табылатын негізгі талаптар мен үміттерді анықтауға көмектеседі.



2.2-сурет – Спутниктік байланыс пайдаланушыларының қажеттіліктерін талдау

Білім беру мекемелері. Білім беру мекемелерінің негізгі қажеттіліктерінің бірі интернетке тұрақты және жоғары жылдамдықпен қол жеткізуді қамтамасыз ету болып табылады. Бұл қашықтықтан оқыту, оқу материалдарымен алмасу және заманауи білім беру ресурстарына қол жеткізуді қамтамасыз ету үшін қажет.

Медициналық мекемелер. Денсаулық сақтау мекемелері телемедициналық кеңес беру, медициналық ақпаратпен алмасу және пациенттердің денсаулық жағдайын қашықтықтан бақылау үшін байланыс қажет. Медициналық қызметтердің сапасын арттыру үшін сенімді және жоғары жылдамдықты байланысты қамтамасыз ету қажет.

Кәсіпорындар мен ұйымдар. Кәсіпорындар мен ұйымдар, әсіресе аймақтың шалғай аудандарында жұмыс істейтіндер, ақпарат алмасу, процестерді басқару және қызметкерлердің жұмысын ұйымдастыру үшін сенімді байланысқа мұқтаж. Олар жоғары өткізу қабілеттілігін және тұрақты байланысты қажет етеді.

Жеке пайдаланушылар. Шалғай аудандардың тұрғындары үшін байланыс құралдарына қол жеткізу туыстарымен қарым-қатынас жасау, интернеттен ақпарат алу және басқа мақсаттар үшін маңызды. Оларға қол жетімді байланыс

және байланыс қызметтерінің төмен тарифтері қажет. Қарағанды облысындағы спутниктік байланыс пайдаланушыларының қажеттіліктерін талдау пайдаланушылардың барлық санаттарының қажеттіліктеріне жауап беретін жаңа байланыс жүйесін құру қажеттілігін көрсетеді. Бұл білім беру мен медициналық қызметтердің қолжетімділігін арттыруға, кәсіпорындар мен ұйымдар жұмысының тиімділігін арттыруға, сондай-ақ өңірдің шалғай аудандарының тұрғындары үшін байланысқа қолжетімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Қазақстанда құрылатын KazEOSat-MR орта ажыратымдылықтағы Жерді қашықтықтан зондтау спутниктерінің топтамасы үш ғарыш аппаратынан тұрады: бір микрокласс және екі нанокласс. Бұл жүйенің өнімділігі тәулігіне кемінде 1400 шаршы км және белсенді қызмет ету мерзімі кемінде бес жыл болады. KazEOSat-MR топтамасы қазіргі KazEOSat-2 орта ажыратымдылықтағы ЖҚЗ спутнигін ауыстыруға арналған. Жүйе Қазақстан аумағын күнделікті түсіруді қамтамасыз етеді деп болжануда, бұл аптасына бір рет салыстырғанда айтарлықтай жақсару болып табылады.

KazEOSat-MR спутниктерінің топтамасын құруға 18 млрд теңге жұмсау жоспарланған, жыл бойынша бөлінуі: 2023 жылға 5 млрд, 2024 жылға 7 млрд және 2025 жылға 6 млрд. Бұл топтастыру ауқымды топографиялық және тақырыптық картографиялау, табиғи және антропогендік объектілерді мониторингтеу міндеттерін шешуге мүмкіндік береді. Орташа рұқсаттағы ЖҚЗ деректері экономика салаларын цифрландыру үшін, оның ішінде ауыл шаруашылығында өнімділікті бақылау және топырақтың жай-күйін бағалау үшін пайдаланылады.

KazEOSat-MR тобын құру жөніндегі жұмыстарды орындауға арналған шартқа ҚР ЦДИАӨМ Аэроғарыш комитеті мен «Ghalam» ЖШС қол қойды. Жоба Астанадағы ғарыш аппараттарын құрастыру-сынау кешенінде іске асырылатын болады.

«Қарағанды облысында білім беру мен медицинаны дамыту үшін спутниктік байланыс» жобасы шалғай аудандарда білім беру мен медициналық қызмет көрсетудің қолжетімділігін жақсартуға бағытталған өз мақсаттары туралы мәлімдейді. Жобаның басты мақсаттарының бірі білім беру мекемелері үшін Интернетке тұрақты және жоғары жылдамдықты қолжетімділікті қамтамасыз ету болып табылады, бұл өңірде оқыту мүмкіндіктерін кеңейтуге және білім деңгейін арттыруға мүмкіндік береді.

Жобаның мақсаттарына жетуде денсаулық сақтау мекемелерінде қашықтықтан оқыту мен кеңес берудің цифрлық платформаларын құру да маңызды рөл атқарады. Бұл платформалар мамандар мен білім беру мекемелеріне қол жетімділік шектеулі шалғай аудандардың тұрғындары үшін білім беру ресурстары мен медициналық кеңестерге қол жетімділікті кеңейтуге мүмкіндік береді.

Жобаның тағы бір маңызды мақсаты – телемедициналық технологияларды енгізу арқылы пациенттерге медициналық қызмет көрсету сапасын арттыру. Бұл білікті медициналық көмек алуға мүмкіндігі жоқ шалғай аудандардың

тұрғындары үшін білікті медициналық кеңестер мен диагностикаға қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Осылайша, «Қазақстанда білім беру мен медицинаны дамыту үшін спутниктік байланыс» жобасы өмірдің өмір сүру сапасы мен дамуын жақсарту үшін үлкен әлеуетке ие.

«Қазақстанда білім беру мен медицинаны дамыту үшін спутниктік байланыс» жобасын іске асыру білім беру және медициналық қызметтерге қолжетімділікті барлық мүдделі тараптар үшін неғұрлым ыңғайлы және тиімді ететін озық шешімдер мен технологияларды пайдалануды қамтиды.

Жобаның негізгі шешімдерінің бірі білім беру және медициналық мекемелерде жоғары өткізу қабілеттілігі бар спутниктік терминалдарды орнату болып табылады. Бұл интернетке тұрақты және жоғары жылдамдықты қосылуды қамтамасыз етеді, бұл әсіресе қашықтықтан оқыту және медициналық кеңес беру үшін өте маңызды.

Ақпарат алмасу және онлайн іс-шараларды өткізу үшін бұлтты платформаларды құру жоба шеңберіндегі тағы бір маңызды қадам болып табылады. Бұл платформалар қатысушыларға кез келген уақытта қажетті ақпарат пен ресурстарға қол жеткізуді қамтамасыз ете отырып, оқыту мен кеңес беруді тиімді ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Сабақтарға, консультацияларға және клиникалық жағдайларды талқылауға арналған бейнеконференция жүйелерін енгізу де үлкен маңызға ие. Бұл жүйелер дәрігерлер мен тәрбиешілерге тиімді онлайн кеңес беру мен оқытуға мүмкіндік береді, бұл мамандар мен пациенттер немесе студенттер арасындағы уақыт пен қашықтықты қысқартады.

Жалпы, «Қарағанды облысында білім беру мен медицинаны дамыту үшін спутниктік байланыс» жобасы шеңберінде озық шешімдер мен технологияларды пайдалану өңірдегі білім беру және медициналық қызметтердің қолжетімділігі мен сапасын едәуір жақсартуға мүмкіндік береді, бұл халықтың өмір сүру деңгейі мен әл-ауқатын арттыруға алып келеді.

Бұл тұрғыда формулалар спутниктік терминалдарды орнатудың және сапалы байланысты қамтамасыз етудің техникалық аспектілерімен, сондай-ақ бұлттық платформалар мен бейнеконференциялардың өнімділігін бағалаумен байланысты болуы мүмкін. Мұнда қолдануға болатын бірнеше формулалар бар: Спутниктік терминалдардың өткізу қабілеті.

Білім берудің қолжетімділігін жақсарту: спутниктік байланысты енгізу шалғай аудандардағы білім беру мекемелеріне білім беру ресурстарына онлайн курстарға және оқыту бағдарламаларына қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл бұрын үлкен білім беру орталықтарынан қашықтығына байланысты қиындықтарға тап болған оқушылар үшін білімге кеңірек қол жеткізуді қамтамасыз етеді.

Медицина қызметкерлерінің біліктілігін арттыру: медициналық мекемелер ақпарат алмасу және тәжірибелі мамандармен кеңесу үшін цифрлық платформаларды пайдалануға мүмкіндік алады. Бұл медицина қызметкерлеріне

өз дағдыларын үнемі жетілдіруге және медицинадағы соңғы тенденциялардан хабардар болуға мүмкіндік береді.

Пациенттерге саяхаттау қажеттілігін азайту: телемедициналық технологияның арқасында пациенттер жергілікті жерде білікті медициналық көмек ала алады, бұл ірі қалаларға ұзақ және қымбат сапарларға деген қажеттілікті азайтады. Бұл пациенттердің қаржылық шығындарын азайтады және медициналық көмектің қолжетімділігін жақсартады.

Экономикалық пайда: жобаны жүзеге асыру медициналық саяхатқа кететін шығындарды азайту және білім беру процесінің тиімділігін арттыру арқылы экономикалық пайда әкеледі. Бұл өңірдің әлеуметтік-экономикалық саласын дамытуға және оның тұрғындарының өмір сүру сапасын жақсартуға ықпал етеді.

Инфрақұрылымды дамыту: спутниктік байланыстың заманауи технологияларын енгізу өңірде инфрақұрылымды дамытуды білдіреді, бұл өз кезегінде оның бәсекеге қабілеттілігін және инвесторлар мен жаңа тұрғындар үшін тартымдылығын арттыруға ықпал етеді.

Жобада қолданылатын қосымша технологияларға Arduino Uno, ігі сенсоры және антеннаға арналған серво кіреді. Arduino Uno – интерактивті нысандарды жасауға арналған ашық бастапқы платформа. Ол электрониканы басқарудың қарапайым және икемді әдісін ұсынады. Инфрақызыл сенсор (Инфрақызыл сенсор) инфрақызыл сәулеленуді анықтау үшін қолданылады, бұл сигналдарды шарлау және анықтау үшін пайдалы болуы мүмкін. Серво – антеннаның орнын басқару үшін қолданылатын құрылғы. Ол антеннаны спутниктік сигналға бейімдеу үшін маңызды болып табылатын дәл және тегіс қозғалысты қамтамасыз етеді. Өзін-өзі басқаратын спутниктік интернет жобасы жақсы байланыс тапқанға дейін қозғалысты жалғастыратын жүйені құруды көздейді. Бұл тұрақсыз байланыс жағдайында да Интернетке үздіксіз қол жеткізуге мүмкіндік береді, бұл әсіресе шалғай және қол жетімділігі қиын аудандарда байланыс орнату үшін өте маңызды.

KazEOSat-mr орта ажыратымдылықтағы Жерді қашықтықтан зондтау спутниктерінің топтамасын құру жобасын іске асыру үшін жұмыстарды орындауға шартқа қол қойылды. Жұмыстар Қарағанды қаласындағы ғарыш аппараттарын құрастыру-сынау кешенінде жүзеге асырылатын болады. Бұл кешен ғарыш аппараттарын құрастыру, сынау және ұшыруға дайындық жүргізілетін мамандандырылған кәсіпорын болып табылады. Спутниктер тобын құру жұмыстары тек аппараттарды құрастыру мен сынауды ғана емес, сонымен қатар бағдарламалық жасақтаманы әзірлеуді, ғарыш айлағын ұшыруға дайындауды және жобаны сәтті жүзеге асыру үшін қажетті басқа да техникалық және ұйымдастырушылық шараларды қамтиды.

Жобаның негізгі мақсаттарының бірі – шалғай аудандардағы білім беру мекемелері мен медициналық мекемелер үшін тұрақты және жоғары жылдамдықты интернетке қол жеткізуді қамтамасыз ету болып табылады. Бұл ақпараттық қолжетімділіктің жеткіліксіздігі мәселесін шешуге және оқушылар

мен медицина қызметкерлерін өзекті ақпаратпен және білім беру ресурстарымен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Алға қойылған мақсаттарға қол жеткізу үшін жобада өткізу қабілеті жоғары спутниктік терминалдарды орнату, ақпарат алмасу және онлайн-ісшаралар өткізу үшін бұлтты платформалар құру, сондай-ақ бейнеконференция жүйелерін енгізу сияқты заманауи технологияларды пайдалану көзделген. Бұл технологиялар қашықтықтан оқыту мен кеңес беруді тиімді ұйымдастыруға мүмкіндік береді, бұл өңірдегі білім беру мен медициналық қызмет көрсету сапасын едәуір арттырады.

Жоба сонымен қатар білім беру материалдары мен консультацияларға қол жеткізу арқылы медицина қызметкерлерінің біліктілігін арттыруға бағытталған.

Бұл пациенттерге медициналық көмек көрсету деңгейін жақсартуға және білікті медициналық көмек алу үшін олардың үлкен қалаларға бару қажеттілігін азайтуға мүмкіндік береді.

Жобаны іске асыру KazEOSat-MR орта ажыратымдылықтағы Жерді қашықтықтан зондтау спутниктерінің топтамасын құру жөніндегі жұмыстарды орындауға шартқа қол қоюды көздейді. Жұмыстар Қарағанды қаласындағы ғарыш аппараттарын құрастыру-сынау кешенінде жүргізілетін болады. Бұл кешен спутниктерді құрастыруды, сынауды және ұшыруға дайындықты қамтамасыз етеді, бұл жобаны тиімді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Қорытындылай келе, «Қазақстанда білім беру мен медицинаны дамыту үшін спутниктік байланыс» жобасы өңірдегі білім беру мен денсаулық сақтау жағдайларын жақсартуға бағытталған маңызды бастама болып табылады.

Жобаны заманауи технологиялар мен спутниктік байланыс инфрақұрылымының көмегімен іске асыру өңірде білім беру мен денсаулық сақтауды тұрақты дамыту мақсаттарына қол жеткізуге ықпал ететін болады.

Бұл тарауда біз пайдаланушылардың негізгі топтарын, олардың қажеттіліктері мен жобадан күтулерін анықтаймыз және спутниктік байланыс арқылы осы қажеттіліктерді қанағаттандыру жолдарын қарастырамыз. Жобаны пайдаланушылардың негізгі топтары келесі санаттарды қамтиды.

Білім беру мекемелері:

- мектептер, колледждер, университеттер және басқа оқу орындары;
- әкімшілік және педагогикалық қызметкерлер;
- оқушылар мен олардың ата-аналары.

Медициналық мекемелер:

- ауруханалар, емханалар, амбулаториялар және басқа да медициналық ұйымдар;

- дәрігерлер, медбикелер және медициналық қызметкерлер;
- науқастар және олардың туыстары.

Мемлекеттік органдар:

- білім беру мен денсаулық сақтауға жауапты министрліктер мен ведомстволар;

- аймақтық және жергілікті өзін-өзі басқару органдары.

Техникалық мамандар мен операторлар:

- спутниктік байланысқа қызмет көрсетуге және қолдауға жауапты инженерлер, техниктер және әкімшілер.

Бұл топтардың әрқайсысының өзіндік ерекше қажеттіліктері мен жобалық талаптары бар. Білім беру мекемелері үшін онлайн сабақтар, конференциялар және басқа да білім беру іс-шараларын өткізу үшін Интернетке тұрақты қолжетімділікті қамтамасыз ету маңызды. Ол үшін спутниктік терминалдарды орнатып, ақпарат алмасу үшін бұлтты платформалар құру қажет.

Медициналық мекемелер телемедициналық қызметтерге, соның ішінде қашықтықтан кеңес беру, қашықтықтан оқыту және пациенттердің жағдайын бақылауды қамтамасыз етуі керек. Ол сондай-ақ спутниктік терминалдарды орнатуды және бейнеконференция жүйелерін енгізуді талап етеді.

Мемлекеттік органдар өңірде білім беру мен денсаулық сақтауды дамытуға мүдделі. Олар жобаны қаржылық жағынан қолдай алады және оны жүзеге асыруға ықпал ете алады.

Техникалық мамандар мен операторлар спутниктік терминалдарды орнатумен және оларға қызмет көрсетумен, сондай-ақ олардың сенімді жұмысын қамтамасыз етумен айналысатын болады.

Осы пайдаланушы топтарының қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін тиімді техникалық шешімдер мен ұйымдастырушылық шараларды әзірлеу қажет. Әр топтың ерекшеліктерін ескеру және қызмет көрсетудің ең жоғары сапасын қамтамасыз ету маңызды.

«Қазақстанда білім беру мен медицинаны дамыту үшін спутниктік байланыс» жобасы шеңберінде байланысқа қажеттіліктер мен талаптарды айқындау үшін білім беру және медициналық мекемелердің ерекшеліктерін, сондай-ақ пайдаланушылардың жобадан күтулерін ескеру қажет.

Білім беру мекемелерінде онлайн-сабақтар, конференциялар және басқа да білім беру іс-шараларын өткізу үшін интернетке тұрақты және жоғары жылдамдықты қолжетімділікті қамтамасыз ету. Ақпарат алмасуға және онлайн-іс-шараларды өткізуге арналған бұлтты платформалардың болуы. Сабақтар мен консультацияларды ұйымдастыру үшін бейне конференциялық байланыс жүйелерін енгізу.

Медициналық мекемелерде телемедициналық қызметтерге қол жетімділік, соның ішінде қашықтықтан кеңес беру, қашықтықтан оқыту және пациенттердің жағдайын бақылау. Медициналық кескіндер мен бейнеконсультацияларды беру үшін деректерді берудің жоғары жылдамдығын қамтамасыз ету. Медициналық деректерді сенімді және қауіпсіз беру.

Техникалық талаптар:

- Тұрақты интернет байланысын қамтамасыз ету үшін өткізу қабілеті жоғары спутниктік терминалдарды орнату;

- Деректерді қорғау және байланыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін заманауи технологияларды пайдалану;

- Байланыстың үзілуін және үзілуін азайту үшін жабдықтың сенімділігі мен беріктігі.

Қаржылық талаптар:

- Өзін-өзі қамтамасыз ету мүмкіндігін ескере отырып, жобаның үнемді моделін әзірлеу;

- Ақылға қонымды құны бар соңғы пайдаланушылар үшін қызметтердің қолжетімділігін қамтамасыз ету.

Негізгі қажеттіліктердің бірі – шалғай аудандардағы білім беру мекемелері мен денсаулық сақтау мекемелері үшін сенімді және жоғары жылдамдықты байланысты қамтамасыз ету қажеттілігі. Бұл халыққа, әсіресе шалғай және қол жетімділігі қиын аудандардағыларға білім беру мен медициналық қызметтердің қолжетімділігін жақсартуға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ денсаулық сақтау мекемелерінде қашықтықтан оқыту және кеңес беру үшін цифрлық платформаларды құру маңызды талап болып табылады. Бұл медицина қызметкерлерінің өзекті білім беру материалдарына және мамандардың консультацияларына қол жеткізуін қамтамасыз ете отырып, олардың біліктілік деңгейін арттыруға мүмкіндік береді.

Тағы бір маңызды талап – телемедициналық технологиялар арқылы пациенттерге медициналық көмек көрсету сапасын арттыру қажеттілігі. Бұл медициналық қызметтердің қолжетімділігі мен сапасын жақсартады, әсіресе білікті мамандарға қол жетімділігі шектеулі шалғай аудандарда тұратындар үшін.

Тұтастай алғанда, жоба үшін байланыс қажеттіліктері мен талаптарын талдау негізгі мақсат шалғай аудандардағы білім беру және денсаулық сақтау мекемелері үшін интернет пен ақпараттық ресурстарға тұрақты және жоғары сапалы қолжетімділікті қамтамасыз ету болып табылатынын көрсетті. Бұл білім беру мен медициналық қызмет көрсету сапасын жақсартуға мүмкіндік береді, бұл оларды өңір халқы үшін қолжетімді әрі тиімді етеді.

Жобаны іске асыру үшін KazEOSat-MR орта ажыратымдылықтағы Жерді қашықтықтан зондтау спутниктерінің топтамасын құру жөніндегі жұмыстарды орындауға шартқа қол қойылды. Бұл қадам жұмысты бастау және жобаның мақсаттарына жету үшін маңызды.

Жоба бір микрокласс спутнигі мен екі нанокласс спутнигін қамтитын спутниктер тобын құруды жоспарлап отыр. Бұл Қазақстанның берілген аумағын күнделікті түсіруді жүзеге асыруға мүмкіндік береді, бұл түсірілім аптасына бір рет жүргізілетін ағымдағы мүмкіндіктермен салыстырғанда айтарлықтай жақсару болып табылады.

Алайда, жобаның құны бірқатар экономикалық пайда есебінен өтеледі. Ең алдымен, шалғай аудандарда білім мен медициналық қызметтердің қолжетімділігін жақсарту халықтың білім деңгейі мен біліктілігін арттыруға алып келеді, бұл өз кезегінде өңір экономикасының дамуына ықпал етеді. Қол жетімді медициналық көмек білікті медициналық көмек алу үшін үлкен қалаларға бару шығындарын азайтады, бұл денсаулық сақтау шығындарын азайтады.

Сонымен қатар, жоба аймақтағы ақпараттық технологиялар мен цифрлық экономиканың дамуына ықпал етеді, бұл жаңа инвестициялар тартуға және жұмыс орындарын құруға әкелуі мүмкін. Білім беру мен медициналық

қызметтердің қолжетімділігін жақсарту халықтың өмір сүру сапасын жақсартуға және оның әл-ауқатын арттыруға ықпал етеді.

Осылайша, «Қарағанды облысында білім беру мен медицинаны дамыту үшін спутниктік байланыс» жобасы өңірдің дамуына және оның тұрғындарының өмір сүру сапасын жақсартуға ықпал ететін перспективалы және экономикалық негізделген шешім болып табылады.

«Қазақстанда білім беру мен медицинаны дамыту үшін спутниктік байланыс» жобасының құнын есептеу және экономикалық тиімділігі осы жобаны іске асырудың орындылығы мен табыстылығын анықтауда маңызды рөл атқарады. Бұл тарауда біз жобаны енгізудің шығындары мен күтілетін экономикалық пайдасына егжей-тегжейлі талдау жасаймыз.

Жобаның құны спутниктерді әзірлеу мен ұшыруды, білім беру және денсаулық сақтау мекемелерінде қажетті жабдықты орнатуды, бұлтты платформаларды құруды және бейнеконференция жүйелерін енгізуді қоса алғанда, бірқатар негізгі компоненттерді қамтиды. Сондай-ақ, персоналды оқыту және жүйеге техникалық қызмет көрсету шығындары маңызды шығындар болады.

Алайда, жобаның құны бірқатар экономикалық пайда есебінен өтеледі. Ең алдымен, шалғай аудандарда білім мен медициналық қызметтердің қолжетімділігін жақсарту халықтың білім деңгейі мен біліктілігін арттыруға алып келеді, бұл өз кезегінде өңір экономикасының дамуына ықпал етеді. Қол жетімді медициналық көмек білікті медициналық көмек алу үшін үлкен қалаларға бару шығындарын азайтады, бұл денсаулық сақтау шығындарын азайтады.

Экономикалық тиімділікті есептеу жобаға салынған инвестициялар спутниктік байланыс ұсынатын жаңа мүмкіндіктерді пайдалана алатын студенттер мен пациенттер санының артуы арқылы өтелетінін көрсетеді. Үлкен қалаларға саяхаттау қажеттілігін азайту денсаулық сақтау шығындарын азайтады және денсаулық сақтаудың қолжетімділігін арттырады.

Осылайша, «Қазақстанда білім беру мен медицинаны дамыту үшін спутниктік байланыс» жобасы табысты іске асыру үшін перспективаларға ие және өңірдің білім беру және медициналық салаларына елеулі пайда әкелуі, сондай-ақ облыстың әлеуметтік-экономикалық дамуына ықпал етуі мүмкін.

2.3 Жобаның техникалық сипаттамасы

Қазақстанда спутниктік байланыс жобасының техникалық сипаттамасы.

Жобаның негізгі сипаттамалары Қарағанды облысындағы спутниктік байланыс жобасы білім беру және медициналық мекемелерге, жергілікті әкімшіліктер мен халыққа тұрақты және жоғары жылдамдықты интернетті қамтамасыз етуге бағытталған. Осы мақсатқа жету үшін дұрыс жабдықты таңдау, есептеулер жүргізу және жүйенің құрылымын жобалау қажет.

Спутниктік терминалдар. Спутниктік терминалдар жердегі станциялар мен спутниктер арасында деректерді беру мен қабылдауды қамтамасыз ететін негізгі құрылғылар болып табылады. Спутниктік терминалдардың негізгі сипаттамаларына мыналар жатады:

- жиілік диапазоны: Ka (26,5-40 ГГц), Ku(12-18 ГГц), C (4-8 ГГц);
- деректер жылдамдығы: диапазонға байланысты 100 Мбит/с дейін;
- таратқыштың қуаты: 2 Вт-тан 20 Вт-қа дейін;
- антеннаның диаметрі: 0,6 м-ден 3 м-ге дейін.

Антенналар спутниктік байланыста шешуші рөл атқарады, сигналдың бағыты мен күшеюін қамтамасыз етеді. Антенналардың негізгі сипаттамалары: және қолданылатын материалдар:

- жұқа алтын жалатылған вольфрам сымы, молибден сымы;
- материалдардың қалыңдығы: 10-30 мкм;
- материалдың тығыздығы: шамамен 30-40 г/м²;
- антеннаның диаметрі: 3-тен 50 м-ге дейін;
- антеннаның салмағы: диаметріне байланысты 10-нан 80 кг-ға дейін.

Қайталағыштар спутник пен жердегі Станциялар арасындағы сигналды күшейтеді және қайта жібереді. Заманауи қайталағыштар регенеративті және регенеративті емес болуы мүмкін. Регенеративті қайталағыштар – демодуляцияны және сигналды сандық қалпына келтіруді жүзеге асырады. Ал, регенеративті емес қайталағыштар – тек сигналды күшейтеді және қайта жібереді.

Антенналар мен қайталағыштардың параметрлерін есептеу. Тұрақты және сапалы байланысты қамтамасыз ету үшін антенналар мен қайталағыштардың параметрлерін есептеу қажет. Антеннаны күшейту коэффициенті (G) формула бойынша есептеледі:

$$[G_{\text{антенны}} = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi A}{\lambda^2} \right)] \quad (2.7)$$

A – антенна апертурасының ауданы;

λ – толқын ұзындығы.

Диаметрі 3м және жиілігі 20 ГГц болатын антенна үшін ($= 1.5 \times 10 - 2\lambda = 1.5 \times 1 - 2\text{м}$)

3 Спутниктік байланыс жүйелерінің таратқыш қуатын есептеу

3.1 Байланыс каналының қуаты мен оның есептелу әдістері

Спутниктік байланыс жүйелерінде сенімді және сапалы радиобайланысты қамтамасыз ету үшін таратқыш құрылғының қуатын дәл әрі ғылыми негізделген тәсілмен есептеу маңызды. Бұл есептеу радиобайланыс арнасының энергетикалық тепе-теңдігіне сүйене отырып жүзеге асады және жүйенің барлық компоненттерінің (спутник, жер станциясы, антенна, атмосфера және т.б.) параметрлерін ескереді.

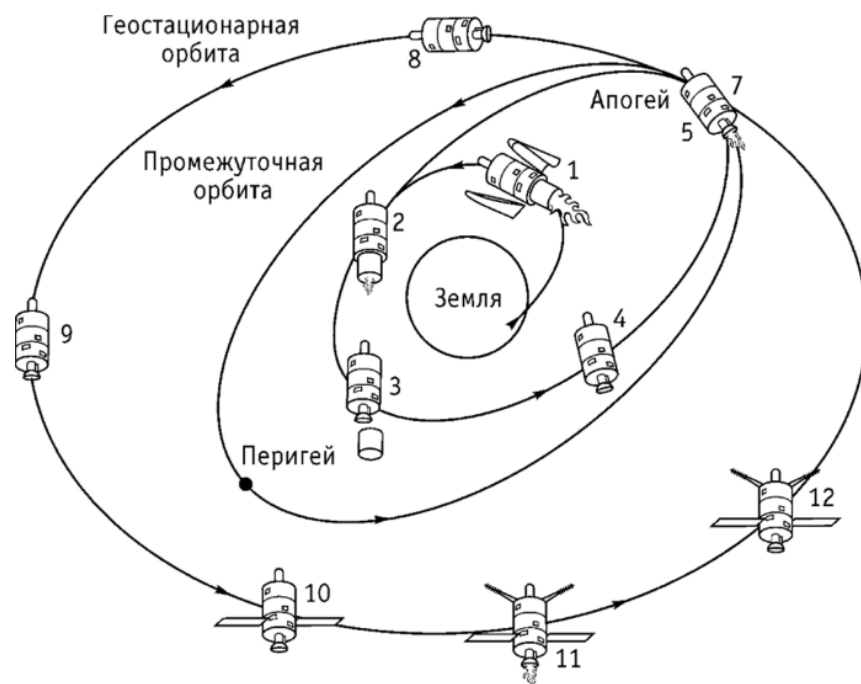
Таратқыш қуатын есептеудің негізгі әдісі – "link budget" (желі бюджеті) деп аталатын энергетикалық балансты анықтау тәсілі. Бұл әдіс арқылы берілетін сигналдың антеннадан шығып, кеңістікте таралып, қабылдағышқа жеткенге дейінгі қуаттың жоғалуы мен күшеюі ескеріледі.

Төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйесінің ерекшелігі екі түрлі арналардың: коммерциялық (ақылы) ақпараттар берілетін ақпараттық және абонент жұмысының уақыты мен байланыс жиілігіне қатысты мекен-жай туралы ақпарат беретін маркерлік болып бөлінеді. Төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйесі жер және ғарыштық сегменттерден тұрады. Ғарыштық сегмент көлбеу орбитада бірнеше жазықтықтарда жіберілген бірнеше ондаған (ғарыштық аппараттардан) спутниктерді қамтиды.

Спутниктер мен көлбеу бұрыштардың саны ғарыштық байланыс жүйесінің түріне байланысты. Жер сегментіне әдетте, абоненттік терминалдар; шлюздік станциялар; жүйені басқару сегменттері мен байланысты басқару, жіберу сегменті жатады. Төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйесінің жер сегментінің өзіндік сипаттамасы бар.

Спутник орбитада қозғалғанда жер бетінде оның радио көру мүмкіндік аймағы жылжиды (1-сурет). Егер абоненттер бір спутниктің радиодан көру мүмкіндігі аймағында болса, онда ақпарат алмасу нақты уақыт аумағында жүргізіледі. Бұл кезде тікелей телефон арқылы алмасу мүмкін болады. Егер ақпарат жөнелтуші мен алушы спутниктің радио көру мүмкіндік аймағында бір уақытта болмаса, ақпарат «электронды почта» режимінде берілуі мүмкін. Жөнелтушіден алынған ақпарат алдымен есте сақталады, спутник жадысында сақталады және содан кейін ол қозғалыстағы спутниктің көріну мүмкіндігі аймағына түскенде, алушыға жіберіледі [12].

Таратқыш қуатын дәл есептеу – спутниктік жүйенің сенімділігі мен тиімділігінің негізгі көрсеткіші болып табылады. Артық қуат жұмсау жүйенің энергетикалық тиімділігін төмендетсе, жеткіліксіз қуат байланыс сапасын нашарлатады немесе байланысты мүлдем жоғалтуға әкелуі мүмкін. Сондықтан, жоғары жиілікті диапазонда жұмыс істейтін спутниктік жүйелер үшін таратқыш қуатын дұрыс есептеу – жүйенің жобалау кезеңіндегі маңызды инженерлік міндеттердің бірі.



3.1-сурет – Спутниктердің орбита бойымен қозғалуы

Егер екі абоненттің әрқайсысы «өзінің» спутнигінің радиодан көру мүмкіндік аймағында болса, онда олардың арасында радио телефонды байлан нақты уақытта екі жолмен орнатылуы мүмкін. Бірінші шақырушы абонент оған өз кезегінде шақырылып отырған абоненттің радио көріну мүмкіндік ай спутникке сигнал беретін жердегі шлюздік станция арқылы «көрінетін» спутникпен байланысады. Әрі қарай сигнал спутникте жолданушыға бағытталады. Осылайша «Глобалстар» жүйесімен байланысты жүзеге асырады.

СБЖ-ны жасау, оның құрылымы, құрамы мен жер станциясында (ЖС) орнатылған жабдықтардың техникалық параметрлері көптеген факторларға байланысты: СБЖ-нің әртүрлі болуы берілген арналардың әрбір нақты бағытында байланысты ұйымдастыру нұсқасын таңдауға мүмкіндік береді. Бір орбита басқасынан оның радиусы, спутниктер санымен және берілген тапсырмадағы зерттеу параметрлері болатын жабу аймағымен ерекшеленеді. Сондықтан, СБЖ-ны әртүрлі белгілеріне қарай жіктеуге болады. Тапсырманың шешімі қажетті арналар санын, капиталдық және пайдалану шығындарын, байланыс сапасын, техникалық құралдардың қызмет көрсетуде ыңғайлы болуы, энергиялық қоректендіруге қатысты мәселелерді қамтиды. Бұл тізімді критерийлер мен шектеулерге бөлуге болады. Критерийлер көрсеткен талаптар негізінде басты мақсаттарды бөліп алуға болады. Зерттелетін параметрлерден сыни түріне келесі мақсаттар жатады: техникалық және экономикалық параметрлер.

Арналар саны мен жабу аймағы бпйынша талаптар қажетті арналар саны мен толық жабу аймағын қамтымайтын болғандықтан, қарастыруға қатыспайды. Қалған мақсаттарды шектеулерге жатқызуға болады. Мысалы КА орбитасының биіктігі радиосызықтардың энергетикалық сипаттамасын, радио толқындардың

таралу кезіндегі бөгелуі, Ван Аллен радиациялық белдеуінің орбитаға жақындығы, қызмет көрсету маңайының өлшемі мен орналасуын қамтитын факторлар негізінде таңдалады. Орбита биіктігіне байланысты ұйымдастыру тәсілі мен КА орны бұрышының қажетті айырылуына әсер етеді.

Орбитальды топтамалардың (ОТ) орнын таңдағанда табиғи шектеулерді – Ван Аллен радиациялық белдеуі деп аталатын Жердің магниттік өрісі алып жатқан зарядталған бөлшектердің кеңістіктік белдеуін есепке алу қажет.

Жоғары радиацияның бірінші тұрақты белдеуі 1500 км биіктіктен басталады және бірнеше мыңдаған шақырымға созылып жатыр, оның «құлашы» экватордан екі жаққа шамамен 300 км болады. Екінші белдеуде экватордан екі жаққа қарай 500 км-ге жуық қамтитын 13000-нан 19000 км-ге дейінгі биіктікте орналасқан.

Өртүрлі ғарыштық жүйелердегі төмен орбитальды LEO (Low Earth Orbit) топтарға талдау жасау арқылы КА шеңберлі орбитаның биіктігін байқауға болады, бұл топтардың көбі 700 ден 1500 км-ге дейінгі аумақта орналасады.

Бұл келесі факторлардан көрінеді:

- 700 км-ден төмен орналасқан орбитада атмосфераның тығыздығы шарықтау шегінің биіктігінің біртіндеп төмендеуіне алып келеді. Орбита биіктігінің төмендеуі отынның шығындалуы мен берілген орбитада қолдау үшін маневрлер жиілігінің артуына алып келеді;

- 1500 км-ден артық биіктікте электронды борттық аппаратурамен жұмыс істеу мүмкін болмайтын Ван Алленнің бірінші радиациялық белдеуі орналасады.

Төменгі орбитада орналасқан КА абоненттің тікелей көрінуі тек 8-12 минуттарда ғана дәл түсетінін айтқан жөн. Яғни кез-келген абонентке үзіліссіз қызмет көрсету үшін, үздіксіз байланысты қамтамасыз ететін тізбекті (шлюздік станциялар немесе спутник аралық байланыс көмегімен) болуы керек. КА орбита биіктігін арттырғану, спутник-рестранслятордың тікелей көріну аймағы мен абонентпен үздіксіз байланысты қамтамасыз етуге қажет спутниктер санының азаюына әкеледі. Осылайша, орбитаның биіктігін арттыру арқылы қызмет көрсету аймағының өлшемі мен уақыт артады, сәйкесінше, сол бір аймақты қамту үшін спутниктердің санын азайту керек болады. Сондықтан төмен орбитальды байланыс жүйесін (ТОСБЖ) жасауды қарастырып, ТОСБЖ-ні жасаудың тиімді нұсқасын таңдау керек.

Ғарыштық сегмент квазиполярлы шеңберлі орбитадағы алты жазықтықта таралған 66 спутникті қамтиды. Әрбір жазықтықта бірден қосалқы спутник орналасады. Орбитаның биіктігі 780 км, орбитамен айналу периоды – 100 мин 28 с, спутниктің салмағы 700 кг. Байланыс келесі: радиолинияларда 1616...1626,5 МГц диапазонда «спутник-абонент» және «абонент-спутник», 19,4...19,6 ГГц диапазонда «шлюздік станция-спутник»; 23,18...23,38 ГГц диапазонда «спутник-спутник»; командалық және телеметрикалық: 29,1...29,3 ГГц диапазонда «спутник-жер», 19,6 ГГц диапазонда «спутник-жер» жиіліктерінде жүзеге асырылады.

Орбитальды топтарда кез-келген спутник алты антенналы фазаланған 48 сәулелі торларды қалыптастырады. Бұл сәулелердің әрқайсысы Жерде бетінде

шамамен 640 км диаметрді жарықтандырады. Нәтижесінде барлық 48 сәуле жер бетінде 4500 км радио көріну аймағын береді. Барлық орбиталы спутниктік топтар жер бетінің барлығын қамтиды.

Әрбір спутник соты арнада сәулелерді бағдарламалық сканерлейді. Абонент сәуленің радиокөріну аймағында болғанда белгіленген жіберу және қабылдау уақыты аралығына сәйкес абоненттен жіберу және қабылдау жүзеге асырылады. «Иридиум» жүйесінде қызмет көрсету аймағының ұялы құрылымы мен көп сәулелі антенналарды пайдалану арқасында жұмыс жиілігін көп рет пайдалануды қамтамасыз етеді. Аралас сотыларды әртүрлі жиіліктерді қолданады, ал орбитальды топтарда құрылған әрбір 8-ші ұялы құрылым әртүрлі жиілікті пайдаланады. Жиіліктер нәтижесінде 1616...1625,5 МГц жұмыс диапазонындағы жиілік жүйеде 150 реттен көп пайдаланылады «абонентспутник» радио желісінің жиіліктік диапазоны 160 кГц тарататын 64 арна мен әрқайсысы 126 кГц жиілік жолағын қамтиды, 64-тен 9 арна басқаруға бөлінеді.

«Спутник-абонент» радио желісінің жиіліктік диапазоны 350 кГц таратушы арнадан және әрбір арналар жиілік жолағы 280 кГц болады, 64-тен 9 арна басқаруға бөлінеді. Бұл радио желілерде арналарды уақытшы бөлу пайдаланылады. Көп станциялы қол жеткізу әрбір соты үшін арналарды уақытша бөлу мен аралас сотылар үшін жиіліктік бөлуді үйлестіреді. 1616...1626,5 МГц жолақта өткізгіштік қабілеті 3835 дуплексті телефонды байланыс арналары қамтамасыз етеді. Әрбір спутник екі шлюзді станциялар жабдықталған. Орбитальды топтардағы әрбір спутник бір орбитальды жазықтықтағы көршілес екі спутникпен және оң және сол жақтағы көршіле орбитальды жазықтықтағы екі спутникпен радио байланыста болады.

Түйіндесу станциялары арқылы абоненттермен байланыс жүзеге асырылады. Жер бетінің негізгі аймағын жабу үшін 150-210 станция, оның 9-ын Ресейде салу керек. Мұндай технология станция аралық байланыс арналарын бағдарлау үшін байланыс сенімділігіне жетуге мүмкіндік береді. Түйіндесу станциясы қызмет көрсету аймағында ақпарат алмасуды ұйымдастыруға және «Глобастер» абоненттерін көпшілікке ортақ желіге қосуда желілік ресурстарды бөлуге арналған. Диаметрі 5,5 м кернеу станциясының параболалық антеннасының күшейту коэффициенті 42,4дБ-ге тең. Станцияның номинальды эквивалентті изотропты-сәуле таратушы қуатын есептеуде бір арна 40,3 дБВт құрайды. Қабылдау құрылғысының шулы температурасы 190 К-ден аспайды.

Пайдаланушы сегменті терминалдың негізгі үш түрін: портативті, мобильді және стационарлы қамтиды. Стационарлы терминалдар тек "Глобалстар" жүйесімен ғана жұмыс жасауға арналған. Портативті және мобильді түрлері GSM, CDMA, AMPS және PCS стандарттардың бірінде ұялы байланыс жасай алады. Мобильді абоненттік терминалдың қуаты 3 Вт-тан, портативті – 0,6 Вттан аспайды. Портативті пайдаланушы терминалдары ұялы телефон аппаратына ұқсайды. Бұл көп модалы (көп режимді) жергілікті ұялы байланыс немесе «Глобалстар» арқылы жұмыс істейтін жылжымалы құрылғы. Пайдаланушының мобильді терминалдары портативті аппараты сияқты болады.

Олар жылжымалы құрылғы (түтіктен) және автомобильді жиынтықтан тұрады. Стационарлы терминалдарды пайдаланушылар тек "Глобалстар" жүйесінде ғана жұмыс жасайды. Стационарлы терминалдар ұялы байланыс қызмет көрсетпейтін аймақтарда жұмыс жасау үшін құрастырылған.

«Глобалстар»-да түйіндесу станциялары (ТС) мен спутниктер арасында С диапазоны қолданылады. «СС-КА» желісі үшін 5090...5250 МГц болады. «КА-СС» - желісі үшін 6875,95 МГц - 7052,9 МГц. Спектрді тиімді пайдалану жиілікті қайта пайдалану мен спектрді кеңейту арқылы жүзеге асырылады. С диапазонында оң жақ шеңбер және сол жақ шеңбер поляризация қолданылады. Осылайша, спутникте 16 сәуле үшін 8 жиілікті пайдалануға болады. «Глобалстар» жүйесінде арналардың бірнеше түрі пайдаланылады. Сигнал ұшқышының арнасымен «барлық нөлдер» түріндегі реттілік беріледі, ол радио арнадағы сигнал деңгейін бақылауға арналған. Барлық ТС-тер салыстырмалы түрде бірыңғай уақыт шкаласында бір қысқа кодты қолданады. Кодтың ығысуы ТС, спутник пен сәулені теңестіреді. Синхрондау арнасы арқылы деректер 1200 бит/с жылдамдықпен беріледі. Онда ТС теңестіру коды, ағымдағы уақыт, спутник эфемеридтері, пейджерлік байланыс арналарының кестесі көрсетіледі. Жеке шақырту арнасы бойынша жалғау (жиілік, пайдаланушының сәйкестендіру коды, шақырылып отырған абоненттің нөмірі) үшін қажетті технологиялық ақпарат беріледі. Тікелей ақпарат арнасы «Глобалстар» желісіні абоненттерінің ақпараттық хабарламасын беруге арналған. Арнада ақпарат ағындарын 2.4...9.6 кбит/с, шығыс ағында 19.2 кбит/с жылдамдықпен кодын өзгерту алгоритмі қолданылады. Жүйенің барлық абоненттері сол бір реттілікті әртүрлі уақытта (әрбір пайдаланушы үшін ерекше) пайдаланады. Қол жетімділік арнасы 60 мс ұзақтықпен сұрату пакетін беруге арналған. Арнада АЛОХА синхронды түрдегі қол жеткізу хаттамасы қолданылады. Пакет қосымша мен сұратудың ақпараттық бөлігінен және преамбуладан тұрады. Преамбула элементтердің жалған кездейсоқ реттілігін көрсетеді. Қол жетімділік арнасының ақпарат беру жылдамдығы 4.8 кбит-с болады. Кері ақпараттық арна бойынша абонент ТС-ке хабарлама береді.

Арнада үйірткілі (сверточный) кодтау мен 20 мс ұзақтықпен символдар пакеті блок бойынша кезектесуі қолданылады.

Қазіргі таңда ГЛОНАСС жүйесінің негізінде Координатты-уақыттық қамтамасыз етудің бірыңғай глобалды жүйесі (КУҚБГЖ) жасалуы мүмкін. КУҚБГЖ-ге спутниктік жүйеден басқа мыналар кіреді [2,3]:

- Елдің эталонды базалы Бірыңғай уақытының Мемлекеттік жүйесі;
- Жердің айналу параметрін анықтау қызметі мен Мемлекеттік жүйесі;
- Жер беті мен атмосфераның үстіндегі оптикалық астрометрия жүйесі;
- Ғарыштық геодезиялық және басқа да жүйелерді.

Навигациялық анықтамалардың дәлдігін арттыру мүмкіндігі өзін-өзі анықтайтын навигациялы-геодезиялық КА-ны Жер бетін өлшеуді қоспағанда кездегі глобалды жүйе құрумен байланысты.

Жүйені жетілдірудің бағыттары мен жолдарын жасау кезінде пайдаланушылардың навигациялық анықтаманың дәлдігі мен жүйенің

бүтіндігіне деген талаптардың өсуі есепке алынады. Бұл жерде бүтіндік деп жүйенің навигациялық анықтамаларды пайдаланбаған кездегі мезеттері туралы ескертуді қамтамасыз етуді айтады. Бұл мәселені шешудің маңызды жолдарының бірі екі спутниктік радионавигациялық жүйелерді ГЛОНАСС пен GPS біріктіру болып табылады.

ГЛОНАСС СРНЖ-ні жаңартудың төрт негізгі бағыттарын көрсетуге болады:

- басқа да радио техникалық жүйелермен үйлесімділігін жақсарту;
- навигациялық анықтамалар дәлдігін арттыру мен пайдаланушыға көрсетілетін қызметтерді жасқарту;
- спутниктің борттық аппаратурасының қызмет ету мерзімі мен сенімділігін арттыру және жүйенің бүтіндігін жақсарту;
- дифференциалды қосалқы жүйені дамыту.

Дифференциалды навигация режимі (СРНЖ) ОЖСБ-ның көпшілігі уақыт пен кеңістік бойынша салыстырмалы түрде тұрақты болады. Осыған сәйкес, навигациялық сигналдарды өңдеумен бір уақытта пайдаланушы сол аудандағы навигацияның дәлдігін сипаттайтын түзетулер алса, онда бұл 5 м биіктікке дейінгі координатаны анықтаудағы қателіктерді азайтуға мүмкіндік береді. Мұндай режимде жұмыс істеуді қамтамасыз ету үшін кең зоналы, аймақтық және жергілікті деп бөлінетін СРНЖ дифференциалды қосалқы жүйесі жасалады.

Қазіргі кезде жергілікті дифференциалды қосалқы жүйенің (ЖДҚЖ) негізгі үш класы анықталған:

- сулы аймақтарда, нөсерлі аймақтарда, қысаңдықтар мен порттардың акваториялары мен айлақтарда Халықаралық теңіз ұйымдарының талаптарын сәйкес жүзуді қамтамасыз етуге арналған теңіздік;
- азаматтық авиация Халықаралық ұйымдарының категориясы бойынша әуе кемелеріне отырғызуды қамтамасыз ететін авиациялық;
- геодезиялық, жерді өлшейтін және басқа да арнайы жұмыстарға арналған жергілікті.

ГЛОНАСС және GPS жүйесінің сигналы бойынша жұмыс істейтін теңіздік желі ЛДПС Ресейдің аймағындағы барлық жағалаулар мен оның маңайындағы теңіздердің акваториясын қамтиды. Қазіргі кезде жеке жабдықтар Балтикада алдын ала тексеруден өткізіледі. Мәселен, ЛДПС СРНЖ-ті арнайы инкассатор көліктерінің қозғалысын бақылау үшін пайдаланады.

3.2 Спутник жүйесіндегі қуат шығындары мен олардың оптимизациясы

Спутниктік байланыс жүйелерінде қуат шығындарын тиімді басқару мен оптимизациялау – жүйенің техникалық-экономикалық тиімділігін арттырудың маңызды факторы болып табылады. Бұл шығындар негізінен сигналдың кеңістікте таралу процесінде, антенналық жүйелерде, электрондық

құрылғыларда және атмосфералық әсерлерден туындайды. Қуат шығындарын талдау мен оларды азайту шаралары спутниктік арнаның энергетикалық балансын оңтайландыру арқылы жүзеге асады.

Негізгі қуат шығынына - еркін кеңістіктегі таралу шығындары (Free Space Path Loss – FSPL) жатады. Сигнал қуаты кеңістікте қашықтықтың квадратына кері пропорционал түрде әлсірейді. Бұл шығындар:

$$L_p = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 92.45 \quad (3.8)$$

d – арақашықтық (км),

f – жиілік (МГц).

Қабылданатын қуат:

$$P_r = P_t + G_t + G_r - FSPL - L_{rain} - L_{gas} - L_{sys} \quad (3.9)$$

P_r – қабылданатын сигнал қуаты (дБм);

P_t – таратқыш қуаты (дБм);

G_t – таратқыш антеннаның күшейту коэффициенті (дБ);

G_r – қабылдағыш антеннаның күшейту коэффициенті (дБ);

$FSPL$ – еркін кеңістіктегі жоғалту (дБ);

L_{rain} – жаңбыр сіңуі (дБ);

L_{gas} – газ сіңуі (дБ);

L_{sys} – жүйелік шығындар (дБ).

Сигнал мен шу арақатынасы:

$$SNR = P_r - N; N = 10 \cdot \log_{10}(k \cdot T \cdot B) \quad (3.10)$$

SNR – сигнал мен шу қатынасы (дБ);

P – қабылданатын сигнал қуаты (дБм);

N – жүйедегі жылулық шу қуаты (дБм);

K – Больцман тұрақтысы (Дж/К);

T – жүйе температурасы (К);

B – жолақ ені (Гц).

Атмосфералық және ионосфералық шығындар – құрамында оттегі, су буы және жауын-шашын әсерінен туындайтын жоғалтулар жиіліктің өсуімен бірге арта түседі. Бұл әсіресе Ка-диапазонында (26-40 ГГц) маңызды рөл атқарады.

Поляризация және кросс-поляризация шығындары – таратқыш пен қабылдағыштың поляризацияларының сәйкессіздігі қуаттың белгілі бір бөлігінің жоғалуына алып келеді.

Антенналық жүйедегі шығындар – антенналарда сигналды тарату және қабылдау кезінде орын алатын ішкі электрлік және механикалық шығындар.

Кабельдік және құрылғылардағы шығындар – спутниктік жүйе ішіндегі фидерлік желілерде, күшейткіштер мен қабылдағыш блоктарында болатын шығындар.

Қуат шығындарын оптимизациялау тәсілдері және антенна технологиясын жетілдіру – жоғары күшейткіш коэффициенті бар бағытталған антенналарды қолдану арқылы сигнал энергиясының көп бөлігін тиімді бағыттауға болады.

Жоғары тиімділікті таратқыш құрылғылар – GaN немесе басқа жартылай өткізгіш технологияларына негізделген қуатты таратқыш модульдер шығынды азайтып, пайдалы қуатты арттырады.

Қайталама таратқыш (repeater) жүйелерді қолдану. Спот-жерлерге (spot-beam) бағытталған сигналдар қуатты нақты аймақтарға жұмсауға мүмкіндік береді.

Жиілік пен модуляцияны оңтайландыру. Модуляциялау әдістерін (QPSK, 8PSK, 16QAM) және кодтау тәсілдерін бейімдеп пайдалану қуат тиімділігін арттырады. Энергетикалық басқару алгоритмдері: Жүктемеге байланысты қуат беру режимін автоматты түрде реттейтін алгоритмдерді енгізу (мысалы, ALC – автоматты деңгей реттеу).

Спутниктік жүйелердегі қуат шығындарын ғылыми негізде бағалау және оларды оптимизациялау – байланыс сапасы мен энергияны тиімді пайдалану үшін маңызды шарт. Инженерлік тұрғыдан алғанда, жүйенің әрбір элементінің энергетикалық сипаттамаларын талдап, жоғалтуларды азайтудың жүйелі стратегиясын әзірлеу қажет. Бұл, өз кезегінде, спутниктік арнаның өткізу қабілеті мен жұмыс сенімділігін арттыруға ықпал етеді.

Оптимизациялау тек қуатты үнемдеу емес, сонымен қатар байланыс сенімділігі мен өткізу қабілетін арттыру мақсатын көздейді. Жүйелік деңгейде келесі тәсілдер кеңінен қолданылады:

1. Антенна күшейткішін арттыру (G): Үлкен диаметрлі параболалық антенналар немесе фазалық торлы антенналар қолдану.
2. Тар бағытталған сәулелерді (spot-beam) пайдалану: Бұл әдіс сигналды тек қажетті аймаққа бағыттап, артық қуатты таратудан сақтайды.
3. Электрондық компоненттердің тиімділігін арттыру: GaAs, GaN сияқты жоғары тиімді жартылай өткізгіш негізінде жасалған жоғары қуатты күшейткіштер (HPAs) қуат шығынын азайтады.
4. Энергияны басқарудың адаптивті жүйелері: ALC (Automatic Level Control) және APC (Automatic Power Control) арқылы нақты жүктемеге байланысты қуатты реттеу.
5. Жиілікті бейімдеу (Adaptive Frequency Allocation): Атмосфералық жағдайға бейімделген жиілікті автоматты түрде таңдау.
6. Бейімделгіш модуляция және кодтау (AMC): Қуат пен арна жағдайына байланысты модуляция тәртібін (QPSK, 8PSK, 16QAM) динамикалық түрде таңдау.

Энергетикалық тиімділікті арттыру, бір жағынан, спутниктің салмағын және энергия тұтынуын азайтады, екінші жағынан, жер станцияларындағы қуат

көздеріне деген талаптарды жеңілдетеді. Бұл әсіресе автономды, күн энергиясымен қоректенетін спутниктер үшін өте маңызды.

Қуат шығындарын азайту және оларды басқару – заманауи спутниктік байланыс жүйелерін жобалау мен пайдалану кезіндегі стратегиялық аспект. Жүйенің әрбір элементі – антенна, таратқыш, арна, атмосфера және қабылдағыш – өзара энергетикалық тепе-теңдікпен байланысты. Сондықтан қуаттық оптимизация көпқабатты талдауды, модельдеуді және тәжірибелік растауды талап етеді.

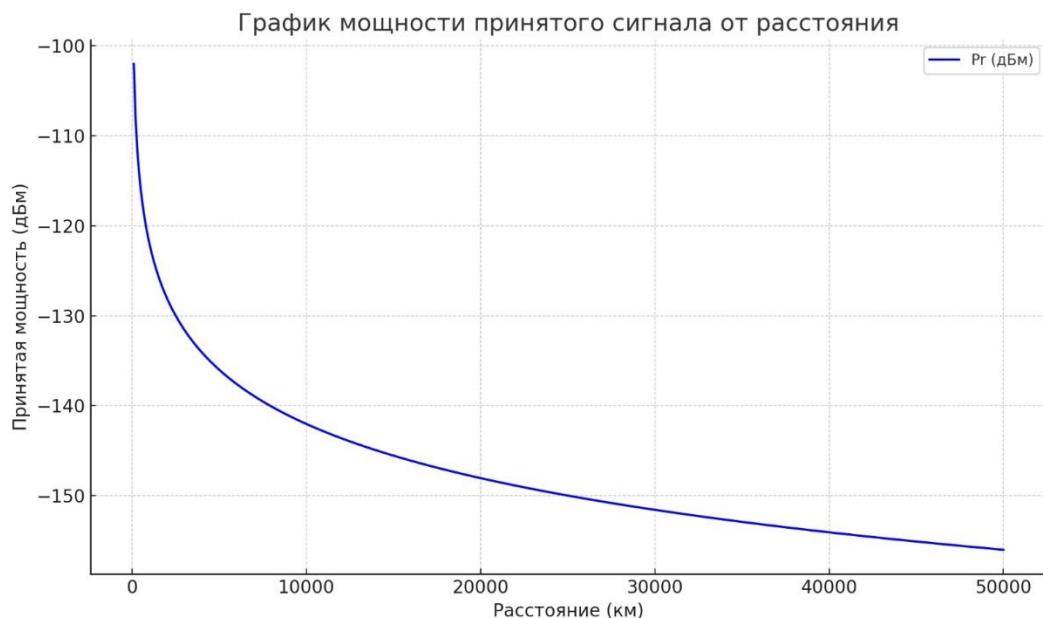
4 Python бағдарламалау тілін пайдалана отырып,спутниктік байланыс және навигация жүйесінің симуляциялық моделін жасау

4.1 Симуляциялық модельдің теориялық негіздері

Python тілінің көмегімен спутниктік байланыс арнасының негізгі параметрлерін – қашықтық, жиілік, қабылданатын сигнал қуаты (P_r) еркін кеңістіктегі жоғалту (FSPL) және байланыс сапасын (SNR) есептейтін симуляциялық модель құру.

```
def link_budget(Pt_dBm, Gt_dBi, Gr_dBi, frequency_mhz, distance_km, losses_dB=2):  
    """  
    Байланыс моделін есептеу:  
    Pt_dBm: таратқыш қуаты (дБм)  
    Gt_dBi: спутник антеннасының күшейтуі  
    Gr_dBi: қабылдағыш антеннаның күшейтуі  
    frequency_mhz: жиілік (МГц)  
    distance_km: спутник пен қабылдағыш арасы (км)  
    losses_dB: басқа шығындар  
    """  
    Lp = free_space_path_loss(frequency_mhz, distance_km)  
    Pr_dBm = Pt_dBm + Gt_dBi + Gr_dBi - Lp - losses_dB  
    return Pr_dBm
```

4.1-сурет – Байланыс моделі



4.2-сурет – Байланыс моделінің графигі

```

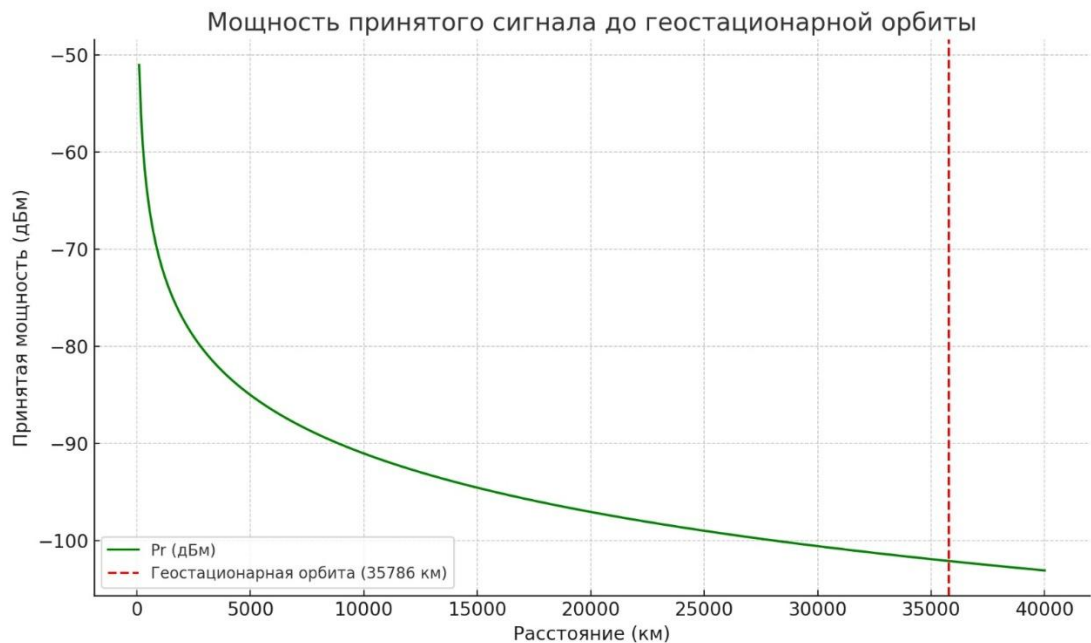
# Параметрлер
Pt_dBm = 40      # Таратқыш қуаты (дБм)
Gt_dBi = 30      # Спутник антеннасының күшейтуі (дБи)
Gr_dBi = 35      # Жер станциясының антенна күшейтуі (дБи)
frequency_mhz = 12000 # Жиілік (МГц)
distance_km = 35786 # Геостационар орбитаға дейінгі қашықтық (км)
losses_dB = 2    # Қосымша шығындар (дБ)

# Есентей
Pr = link_budget(Pt_dBm, Gt_dBi, Gr_dBi, frequency_mhz, distance_km, losses_dB)

print(f"Қабылданатын сигнал қуаты: {Pr:.2f} дБм")

```

4.3-сурет – Модельді іске қосу мысалы



4.4-сурет – Модельді іске қосу мысалының графигі

```

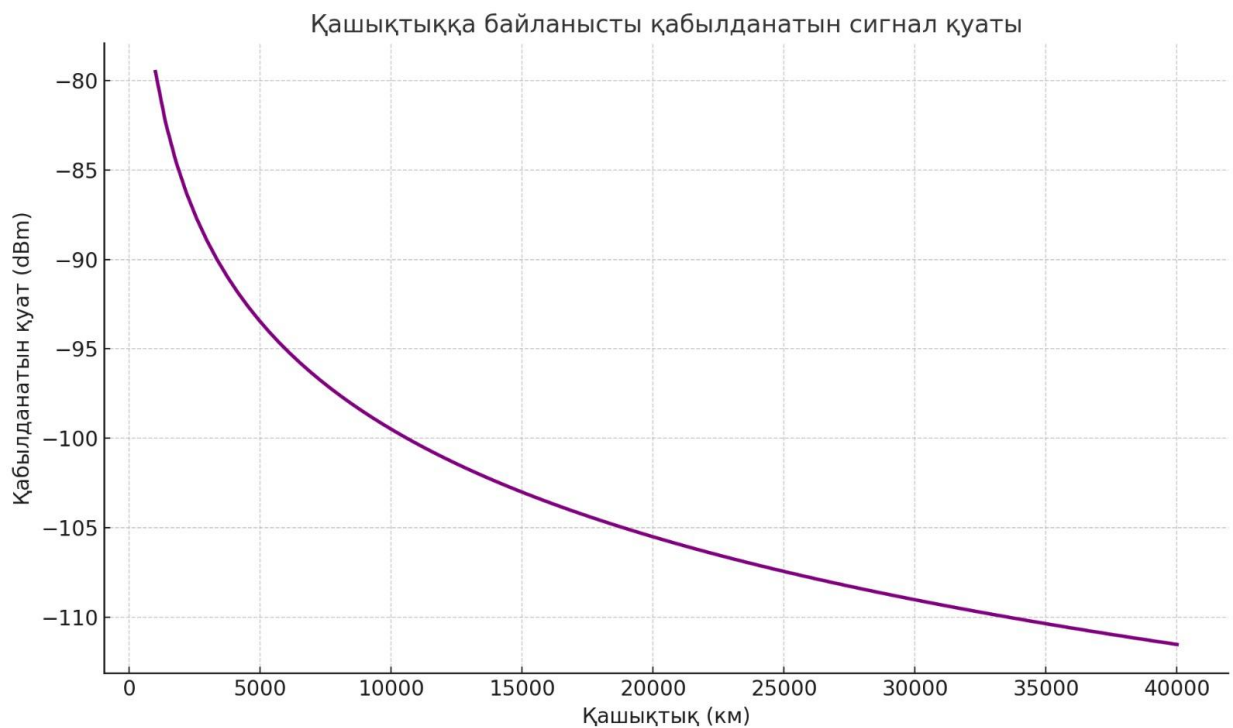
distances = np.linspace(1000, 40000, 100)
powers = []

for d in distances:
    Pr = link_budget(Pt_dBm, Gt_dBi, Gr_dBi, frequency_mhz, d, losses_dB)
    powers.append(Pr)

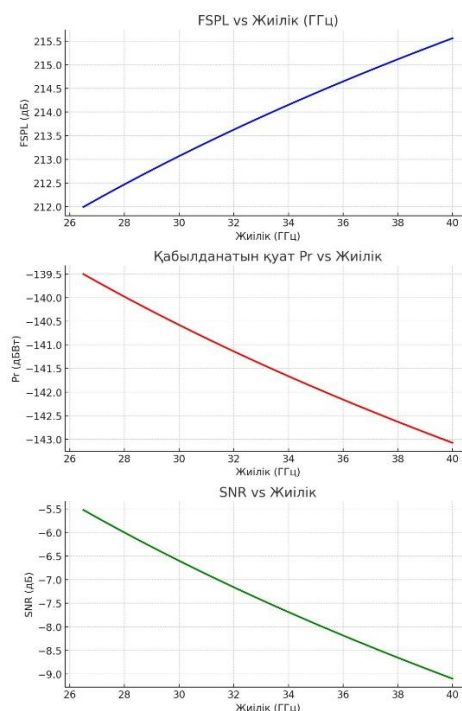
plt.figure(figsize=(10,6))
plt.plot(distances, powers)
plt.title("Қашықтыққа байланысты қабылданатын сигнал қуаты")
plt.xlabel("Қашықтық (км)")
plt.ylabel("Қабылданатын қуат (дБм)")
plt.grid(True)
plt.show()

```

4.5-сурет – Визуализация (қашықтыққа байланысты сигнал қуаты)



4.6-сурет – Қашықтыққа байланысты сигнал қуатының өзгеру графигі



4.7-сурет – FSPL, P_r , SNR жиілік бойынша өзгеру графигі

Жоғарыда сипатталған формулалар мен параметрлер негізінде Matlab ортасында Ka-диапазонындағы спутниктік байланыс арнасының негізгі сипаттамаларын есептеу және графиктік түрде көрсету үшін симуляциялық

модель жасалды. Бұл модельде жиілік диапазоны 26.5 ГГц–тан 40 ГГц-қа дейін, ал жерсерікпен қашықтық 35 786 км (геостационарлы орбита) деп қабылданды. Атмосфералық және жүйелік шығындар да ескерілді: жаңбырлық сіңу – 3 дБ, газдық сіңу – 0.5 дБ, және жүйелік шығындар – 1 дБ. Нәтижесінде үш график құрылды.

Бұл симуляциялық модель спутниктік байланыс жүйесінің негізгі параметрлерін сандық бағалауға мүмкіндік береді. Python тілі арқылы жүзеге асырылатын мұндай модельдер инженерлік есептеулерде, жобалау сатысында немесе оқу мақсатында кеңінен қолданылады.

Цифрлық модельдеу қазіргі спутниктік технологияларды талдау мен жобалауда маңызды рөл атқарады. Python бағдарламалау тілі – инженерлік есептеулерге, жүйелік прототиптерді жасауға және визуализациялауға кеңінен қолданылатын жоғары деңгейлі құрал. Спутниктік байланыс жүйесін модельдеу барысында Python тілі арқылы радиосигналдардың таралу параметрлерін, қуат бюджетін, қабылданатын сигнал деңгейін және байланыс сапасын анықтауға мүмкіндік туады.

Python тілінде жасалған модель бірнеше өзара байланысты блоктардан тұрады:

Физикалық параметрлерді енгізу блогы. Модельге бастапқы параметрлер (жиілік, таратқыш қуаты, антенналық күшейткіштер, арақашықтық, шығын коэффициенттері) енгізіледі.

Еркін кеңістіктегі таралу шығынын есептеу блогы. Радиотолқындардың атмосферада еркін таралуы кезіндегі сигнал қуатының әлсіреуін есептейтін блок. Ол ITU-R ұсыныстары негізінде құрастырылған формулалармен жүзеге асады.

Энергетикалық баланс (Link Budget) модулі. Бұл модуль таратқыштан шыққан сигналдың барлық шығындарын (антенналық, атмосфералық, кабельдік, т.б.) есепке ала отырып, қабылдағыштағы нақты сигнал қуатын есептейді.

Нәтижелерді визуализациялау. Модельден алынған нәтижелер графиктер немесе диаграммалар түрінде көрнекі түрде ұсынылады. Бұл байланыс сапасының әртүрлі қашықтықтардағы өзгерісін көруге мүмкіндік береді.

Ғылыми-практикалық маңыздылығы. Python арқылы жасалған симуляциялық модель байланыс арналарының сенімділігін бағалауда, арналық параметрлерді оңтайландыруда және болашақ спутниктік жүйелердің тиімділігін болжауда таптырмас құрал болып табылады. Бұл әдіс нақты есептік деректерге сүйенеді, прототиптеу мен тестілеу уақытын қысқартады және инженерлік шешім қабылдауда икемділік пен дәлдік береді.

Python тілімен жасалған спутниктік байланыс жүйесінің симуляциялық моделі – телекоммуникация, аэрокосмостық инженерия және навигация салаларындағы зерттеулерді қолдайтын тиімді құрал. Мұндай модельдеу жүйелері тек теориялық тұрғыдан ғана емес, тәжірибелік-инженерлік шешімдер қабылдауда да өзекті болып табылады.

Спутниктік байланыс және навигация жүйелерін тиімді жобалау мен талдауда симуляциялық модельдеудің маңызы зор. Бұл зерттеу жұмысында Python бағдарламалау тілін пайдалана отырып, спутниктік сигналдардың таралу үрдісі мен қуат бюджеті (link budget) бойынша негізгі параметрлерді есептеуге арналған симуляциялық модель жасалды.

Модель жүйенің төмендегі техникалық аспектілерін сипаттауға мүмкіндік берді:

- спутник пен жер станциясы арасындағы қашықтыққа байланысты сигналдың әлсіреуін (FSPL);
- антенналық күшейткіштердің әсерін;
- қабылданатын сигнал қуатын нақты есептеу;
- қуат шығындарының жүйелік құрылымын көрсету;
- қабылданатын сигналдың визуалды өзгерісін график түрінде көрсету.

Python негізіндегі бұл модель радиобайланыс жүйелерін инженерлік жобалау, оқу процесі және ғылыми зерттеулер үшін тиімді құрал болып табылады. Ол пайдаланушыға жүйе параметрлерін еркін өзгертіп, нәтижелерді нақты уақыт режимінде талдауға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижесінде спутниктік байланыс арнасының негізгі энергетикалық параметрлері сандық түрде бағаланып, олардың байланыс сапасына әсері ғылыми тұрғыдан негізделді. Сонымен қатар, модельді кеңейту арқылы модуляция, кодтау, SNR және навигациялық дәлдік параметрлерін де есептеуге болатыны анықталды.

Цифрлық технологиялардың дамуы спутниктік байланыс және навигация жүйелерін зерттеу мен жобалауда есептеуіш модельдерді кеңінен қолдануға мүмкіндік берді. Бұл бағыттағы симуляциялық модельдеу әдістері күрделі телекоммуникациялық жүйелердің физикалық, логикалық және энергетикалық параметрлерін зерттеуге арналған тиімді ғылыми құрал ретінде танылады. Симуляциялық модель жүйенің нақты жұмыс істеу принциптерін виртуалды ортада бейнелей отырып, жүйенің жұмыс тиімділігін, әлсіз тұстарын, энергетикалық балансын және функционалдық тұрақтылығын зерттеуге жол ашады.

Модельдеудің ғылыми негізі. Симуляциялық модель – бұл нақты жүйенің математикалық, логикалық және функционалдық сипаттамаларын есептеуіш бағдарлама арқылы қайта жаңғырту. Теориялық тұрғыда ол жүйенің физикалық заңдылықтарына негізделеді және төмендегідей негізгі қағидаларға сүйенеді:

Сәйкестік принципі – модель нақты жүйенің құрылымы мен жұмыс тәртібін дәл сипаттауы тиіс;

Абстракциялау – нақты объектінің күрделілігін жеңілдету үшін жүйенің тек маңызды қасиеттерін модельге енгізу;

Параметрлік икемділік – модельді әртүрлі режимдер мен жағдайлар үшін бейімдеу мүмкіндігі;

Алгоритмдік негізділік – модель жұмысын қамтамасыз ететін анық формулалар мен есептеу алгоритмдерінің болуы.

Спутниктік байланыс және навигация жүйелерін модельдеу келесі теориялық компоненттерге негізделеді:

- Радиотолқындардың таралу теориясы;
- Еркін кеңістіктегі таралу заңы;
- Атмосфералық сіңіру мен дисперсия;
- Көпсәулелі таралу (multipath fading) және интерференция.

Энергетикалық тепе-теңдік (Link Budget) теориясы:

- Таратқыш қуаты, антенналық күшейткіш, қабылдағыш сезімталдығы және арақашықтыққа байланысты қуат шығындарын есептеу.

Python – ашық кодты, кеңейтілетін және ғылыми есептеулерге бейімделген бағдарламалау тілі. Оның көмегімен спутниктік байланыс арнасын модельдеу барысында:

- Жиіліктер мен қашықтықтар арасындағы тәуелділіктер есептеледі;
- Сигналдың қуат деңгейі мен жоғалту коэффициенттері талданады;
- Визуализация арқылы жүйе жұмысы көрнекі түрде ұсынылады;
- Нақты және гипотетикалық сценарийлер модельденеді.

Python тілінде кеңінен қолданылатын ғылыми кітапханалар:

- NumPy – сандармен жұмыс жасау және матрицалық есептеулер;
- Matplotlib – графикалық визуализация;
- SciPy – техникалық-ғылыми есептеулер.

Симуляциялық модельдің ғылыми-практикалық маңызы. Симуляциялық модельдер:

- тәжірибелік сынақтарсыз жүйенің жұмысын болжауға;
- техникалық параметрлерді оңтайландыруға;
- байланыс сенімділігі мен өнімділігін арттыруға;
- навигациялық дәлдікті бағалауға мүмкіндік береді.

Осылайша, спутниктік жүйелердің симуляциялық модельдері нақты инженерлік шешімдердің тиімділігін бағалау, жобалау қатерлерін азайту және ғылыми-зерттеу үдерісін жеделдету үшін қолданылады.

Спутниктік байланыс және навигация жүйелерін симуляциялық модельдеу – заманауи телекоммуникация саласындағы тиімді ғылыми-тәжірибелік құрал болып табылады. Бұл модельдер күрделі жүйелердің құрылымы мен жұмыс істеу принциптерін формальды түрде сипаттай отырып, олардың негізгі параметрлерін математикалық және алгоритмдік жолмен зерттеуге мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, симуляциялық модельдің теориялық негізі – радиотолқындардың таралу заңдылықтары, энергетикалық баланс теңдеулері, антенналық күшейткіштер және цифрлық сигнал өңдеу теорияларына сүйенеді. Python бағдарламалау тілі бұл модельдерді құру үшін жоғары деңгейлі, икемді әрі есептеу қабілеті мықты орта ретінде таңдалды.

Осы теориялық негізге сүйене отырып жасалған модель:

- байланыс арнасындағы қуат шығындарын сандық тұрғыдан бағалауға;
- жүйенің қашықтық, жиілік және антенна параметрлеріне тәуелділігін модельдеуге;

- нақты инженерлік шешімдерді оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, Python тілі негізінде жасалған модель визуализация арқылы жүйе мінез-құлқын түсінікті әрі көрнекі түрде ұсынуға жағдай жасайды. Бұл симуляциялық әдіс оқу, зерттеу және жобалау үдерістерінде кеңінен қолдануға лайық және спутниктік жүйелердің тиімділігі мен сенімділігін арттыруға бағытталған заманауи ғылыми-тәжірибелік тәсіл болып табылады.

4.2 Python тілінде симуляциялау және оның мүмкіндіктері

Цифрлық технологиялар мен бағдарламалық құралдардың дамуы қазіргі заманғы ғылыми зерттеулер мен инженерлік есептеулердің жаңа деңгейге көтерілуіне жол ашты. Осы тұрғыда Python бағдарламалау тілі – модельдеу, мәліметтерді өңдеу, визуализация және алгоритмдік талдау бағытында кеңінен қолданылатын әмбебап құрал ретінде ерекшеленеді. Оның ашық бастапқы коды, кең ауқымды кітапханалар экожүйесі және қолданудың қарапайымдылығы симуляциялық модельдеу саласында Python тілінің сұранысын арттырып отыр.

Симуляциялау ұғымы және оның ғылыми негізі. Симуляциялау (немесе модельдеу) – бұл нақты объектінің, жүйенің немесе үдерістің мінез-құлқын формальды түрде сипаттап, оны бағдарламалық ортада қайта жаңғырту. Симуляциялық модель жүйенің ішкі құрылымы мен жұмыс істеу заңдылықтарын есептеу алгоритмдері арқылы бейнелейді. Ол күрделі физикалық немесе технико-технологиялық процестерді зерттеуге, әртүрлі жағдайларда олардың жұмысын болжауға, сенімділігін бағалауға және тиімділігін арттыруға бағытталған.

Python тіліндегі симуляциялық модельдеудің артықшылықтары. Python тілі арқылы симуляциялық модельдеу келесі ғылыми және техникалық артықшылықтарымен ерекшеленеді:

1. Математикалық дәлдік пен алгоритмдік икемділік. Python тілі күрделі математикалық формулаларды, теңдеулерді, интегралдық және дифференциалдық есептерді оңай бағдарламалауға мүмкіндік береді.

2. Ғылыми кітапханалардың кең тандауы:

- NumPy – массивтер мен матрицалармен жұмыс;
- SciPy – ғылыми есептеулер (интегралдау, теңдеулерді шешу);
- Matplotlib / Seaborn – графикалық визуализация;
- SimPy – дискретті уақыттағы процестерді модельдеу;
- Pandas – мәліметтерді талдау және құрылымдау.
- Жылдам прототиптеу мен тәжірибе жасау мүмкіндігі:

Python синтаксисінің қарапайымдылығы модельдерді тез жасап, әртүрлі сценарийлерде сынауға жағдай жасайды.

3. Платформалық тәуелсіздік. Python коды Windows, macOS және Linux жүйелерінде кедергісіз жұмыс істейді. Python тілін пайдалану арқылы спутниктік байланыс және навигация жүйелерінің әртүрлі аспектілерін модельдеуге болады. Атап айтқанда:

- Байланыс арнасын модельдеу;
- Радиотолқындардың таралуы мен сигнал қуатының әлсіреуін (FSPL);
- Байланыс арнасының энергетикалық тепе-теңдігін (link budget);
- Қабылданатын сигнал қуаты мен қашықтық арасындағы тәуелділікті есептеу.
- Сигналды өңдеу мен байланыс сапасын бағалау:
- Модуляция түрлері (QPSK, 8PSK, QAM) мен кодтау әдістерінің тиімділігін модельдеу;
- SNR (signal-to-noise ratio) және BER (bit error rate) көрсеткіштерін есептеу.
- Нәтижелерді визуализациялау:
- Графиктер, диаграммалар мен анимация арқылы модельдің нәтижелерін көрнекі түрде ұсыну;
- Байланыс параметрлерінің уақыт және кеңістік бойынша өзгеруін көрсету.

ҚОРЫТЫНДЫ

Ка диапазонында (26,5-40 ГГц) жұмыс істейтін спутниктік байланыс және навигация жүйелерін зерттеу қазіргі заманғы телекоммуникация саласындағы өзекті әрі стратегиялық маңызды бағыттардың бірі болып табылады. Бұл диапазон кеңжолақты деректерді беру, жоғары өткізу қабілеттілігі мен сигнал сапасын қамтамасыз ету мүмкіндіктерімен ерекшеленеді. Сондықтан аталған жиілік ауқымында жұмыс істейтін спутниктік жүйелер келешектегі жоғары жылдамдықты интернет, мультимедиа тарату, әскери және ғылыми мақсаттағы навигация жүйелері үшін ерекше мәнге ие.

Жүргізілген зерттеу нәтижелері Ка диапазонында байланыс арналарының ерекше физикалық сипаттамаларын, атап айтқанда:

- атмосфералық сіңірудің жоғары деңгейін (әсіресе, жауын-шашын, су буы мен оттегі әсері);
- радиосигналдың таралуына әсер ететін жоғалтулардың күрделілігін;
- технологиялық компоненттерге қойылатын қатаң талаптарды (жоғары жиілікті антенналар, жоғары қуатты күшейткіштер) ашып көрсетті.

Сонымен қатар, модельдеу мен симуляциялық талдау негізінде Ка диапазонында байланыс арнасының энергетикалық теңгерімін есептеу, қуат шығындарын бағалау, антенна сипаттамаларын оңтайландыру және SNR/BER параметрлерін болжау мүмкіндігі көрсетілді. Python бағдарламалау тілі арқылы жасалған симуляциялық модельдер бұл бағыттағы зерттеу мен инженерлік жобалаудың тиімділігін арттыратыны дәлелденді.

Ка диапазонында жұмыс істейтін спутниктік жүйелердің негізгі артықшылықтары:

- өткізу қабілетінің артуы (gigabit-class байланыс);
- жиілік ресурсының кеңеюі;
- географиялық қолжетімділігі қиын аймақтарды қамту мүмкіндігі.

Алайда, бұл жүйелерді тиімді қолдану үшін:

- жаңбыр мен атмосфералық әсерлерге бейімделетін адаптивті модуляция мен қуат реттеу жүйелері;
- жоғары тиімділікке ие антенналар;
- динамикалық жүктемелерге икемді байланыс протоколдары қажет.

Ка диапазонында спутниктік байланыс пен навигация жүйелерін зерттеу – жоғары жиілікті радиотехниканың теориясы мен тәжірибесін ұштастыратын, инновациялық шешімдер мен технологиялық жетілдірулерге негізделген сала. Бұл бағыттағы ғылыми-зерттеу жұмыстары спутниктік инфрақұрылымды жаңартуға, байланыс сапасын арттыруға және ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың болашағын қамтамасыз етуге маңызды үлес қосады.

ПАЙДАЛАНЫЛҖАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Maral, G., & Bousquet, M. (2020). Satellite Communications Systems: Systems, Techniques and Technology. Wiley.
- 2 Elbert, B. R. (2008). Introduction to Satellite Communication. Artech House.
- 3 Pratt, T., Bostian, C., & Allnutt, J. (2003). Satellite Communications. Wiley.
- 4 Ilcev, D. S. (2005). Global Mobile Satellite Communications: For Maritime, Land and Aeronautical Applications. Springer.
- 5 Sklar, B. (2001). Digital Communications: Fundamentals and Applications. Prentice Hall.
- 6 Freeman, R. L. (2007). Radio System Design for Telecommunications. Wiley.
- 7 Richharia, M., & Westbrook, L. D. (2011). Satellite Communication Systems: Design Principles. McGraw-Hill.
- 8 Karaliopoulos, M., & Politis, C. (2019). Advanced Satellite Systems for Internet Connectivity. Springer.
- 9 Virdee, B. S. (2017). Ka-Band Propagation and Satellite Communication Link Design. IEEE Xplore.
- 10 Kizer, G. (2013). Digital Microwave Communication: Engineering Point-to-Point Microwave Systems. Wiley.
- 11 ITU-R P.618-13 (2021). Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-space telecommunication systems.
- 12 ITU-R P.676-12 (2019). Attenuation by atmospheric gases.
- 13 ITU-R P.837-7 (2017). Characteristics of precipitation for propagation modeling.
- 14 ETSI EN 302 307-1 V1.4.1 (2014). Digital Video Broadcasting (DVB) - Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications.
- 15 Ebadi, H., & Abiri, H. (2020). Performance analysis of Ka-band satellite link under rainfall condition. Wireless Networks.
- 16 Anzalchi, J., & Ong, L. (2015). Rain fade mitigation techniques in Ka-band satellite communication systems. IEEE Trans. Broadcasting.
- 17 Salmasi, A., & Hamed, H. (2021). Adaptive Coding and Modulation for Ka-Band Satellite Systems. Journal of Communications.
- 18 Yu, C., et al. (2018). Ka-band High Throughput Satellite Systems: A Survey. IEEE Access.
- 19 NASA Glenn Research Center. (2021). Ka-band Communications for Satellite Systems.
- 20 ESA (European Space Agency). (2020). Ka-band Payload Architecture and Design Handbook.

- 21 Cappelletti, C., et al. (2020). Micro- and nanosatellite technology for Ka-band payloads. *Acta Astronautica*.
- 22 Chen, M., et al. (2022). Simulation of Ka-band satellite communication channel. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*.
- 23 Zhang, L., et al. (2020). High-frequency radio propagation model for Ka-band GEO satellites. *IEEE Communications Letters*.
- 24 Lutz, E., Werner, M., & Jahn, A. (2000). *Satellite Systems for Personal and Broadband Communications*. Springer.
- 25 Khan, R., & Sharma, S. K. (2022). Design and Optimization of Satellite Networks for 5G using Ka-band. *IEEE Network*.
- 26 Muhammad, A., & Li, K. (2021). Comparative Study of S-, Ku- and Ka-Band Satellite Systems. *International Journal of Satellite Communications*.
- 27 NASA Technical Reports Server (NTRS). (2020). Ka-band Propagation and Modeling Report.
- 28 Boeing. (2019). Ka-band High-Capacity Satellite Platforms: Technology Overview.
- 29 Qureshi, A. A., et al. (2022). Modeling Atmospheric Attenuation in Ka-band Links. *Progress In Electromagnetics Research*.
- 30 Yahya, A., & Khan, N. (2021). Navigation performance evaluation in Ka-band under weather effects. *IET Radar, Sonar & Navigation*.
- 31 Cakaj, S. (2021). Ka-band small satellite communications: Case study and link analysis. *Acta Polytechnica Hungarica*.
- 32 Song, H., & Lee, J. (2020). Model-based Design of Ka-band Satellite Navigation Systems. *Aerospace Science and Technology*.
- 33 Anand, A., et al. (2023). Ka-band Satellite Channel Estimation Using Deep Learning. *Sensors*.
- 34 ITU-R M.2101-0 (2017). Technical characteristics of satellite systems using Ka-band frequencies.
- 35 Thales Alenia Space. (2020). Ka-band Communications for Next Generation Constellations.
- 36 Hughes Network Systems. (2022). High-Throughput Satellite (HTS) in Ka-band: Performance and Applications.
- 37 Echostar. (2019). Jupiter Ka-band HTS System Overview.
- 38 FCC Reports. (2021). Regulatory framework for Ka-band satellite communications.
- 39 Alcatel-Lucent. (2018). Ka-band in 5G Backhaul and Broadband Access.
- 40 Lockheed Martin. (2022). Advanced Ka-band Payload Technologies for Military and Commercial Missions.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

дипломдық жұмыс

Хайрол Әлібек Жәнісұлы

6B06201 – Телекоммуникация

Тақырыбы: Ка диапазонындағы спутниктік байланыс және навигация жүйелерін зерттеу

Студент Хайрол Әлібек өз дипломдық жұмысында Ка диапазонында жұмыс істейтін спутниктік байланыс пен навигация жүйелерінің ерекшеліктерін, артықшылықтары мен техникалық параметрлерін жан-жақты зерттеді. Жұмыста спутниктік арналар арқылы жоғары жиілікте дерек тарату мүмкіндіктері, олардың сигнал сапасына әсер ететін факторлар мен қолдану салалары талданған.

Ка диапазонында жұмыс істейтін спутниктік жүйелердің қазіргі заманғы дәстүрлі диапазондармен салыстырғандағы артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылып, байланыс сенімділігі, өткізу қабілеті және жүйе кешенінің құрылымы тұрғысынан талдау жүргізілген. Сонымен қатар, жұмыста ғаламдық навигация жүйелерінің (GPS, Galileo, т.б.) Ка диапазонында қолдану мүмкіндіктері де сипатталған.

Дипломдық жұмыста нақты техникалық сипаттамалар мен салыстырмалы диаграммалар келтірілген, жүйе өнімділігін бағалау үшін модельдеу нәтижелері қолданылған. Жұмыстың құрылымы логикалық, мазмұны терең, тақырып толық ашылған. Студент өз бетімен ізденіп, теорияны тәжірибемен ұштастыра білді.

Дипломдық жұмыс «79» деп бағаланды, ал студент Хайрол Әлібек 6B06201 – «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші
ЭТЖТ каф. PhD докторы,
профессор

Е. Таштай.

«01» 08 2025 ж.

СЫН - ПІКІР
дипломдық жұмыс

Хайрол Әлібек Жәнісұлы

6B06201 - Телекоммуникация

Тақырыбы: **Ка диапазонындағы спутниктік байланыс және навигация жүйелерін зерттеу**

Орындалды:

а) графикалық бөлімі 4 бет;

б) түсіндірме жазба 76 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Хайрол Әлібектің дипломдық жұмысы Ка-диапазонында жұмыс істейтін заманауи спутниктік байланыс пен навигация жүйелерін зерттеуге арналған. Тақырыптың өзектілігі жоғары жиіліктегі байланыс арналарына деген сұраныстың артуы мен ғаламдық навигациялық технологиялардың дамуына байланысты. Студент зерттелетін мәселені жақсы түсініп, ғылыми және техникалық әдебиеттермен жұмыс істей алатындығын, ақпаратты талдап, нақты әрі дәл қорытынды жасай алатындығын көрсетті. Жұмыс жақсы құрылымдалған, материал жүйелі түрде баяндалған, иллюстрациялар мен кестелер орынды қолданылған.

Зерттеу жұмысының өздігінен орындалғаны және практикалық бағыттағы қорытындылардың болуы – ерекше атап өтуге тұрарлық.

Кемшіліктеріне келер болсақ, кейбір тұстарда стилистикалық қателер кездеседі және қолданбалы аспектілер тереңірек зерттелсе, жұмыс одан әрі ұтымды болар еді.

Жұмыс бағасы

Дипломдық жұмыс 80 жасқа деп бағаланды, ал студент Хайрол Әлібек Жәнісұлы 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынылады.

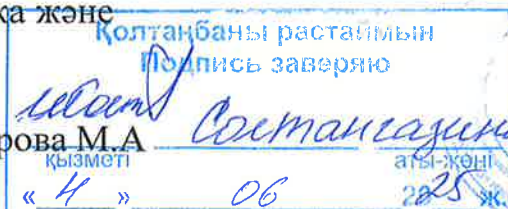
Рецензия беруші

Ғ. Даукеев ат. Алматы энергетика және байланыс университеті

Ф.И.Ғ.К., профессор

29 2025 ж

Хизирова М.А.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Хайрол Әлібек Жәнісұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қа диапозонындағы спутниктік байланыс және навигация жүйелерін зерттеу

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 1.1

Коэффициент Подобия 2: 0.1

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 2

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:

2025-05-24

Дата



Заведующий кафедрой



**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: Хайрол Әлібек Жәнісұлы

Тақырыбы: Ка диапазонындағы спутниктік байланыс және навигация жүйелерін зерттеу

Жетекшісі: Ерлан Таштай

1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.1

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.1

Дәйексөз (35): 1.1

Әріптерді ауыстыру: 2

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 4

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:

2025-05-24

Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Хайрол Әлібек Жәнісұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қа диапозонындағы спутниктік байланыс және навигация жүйелерін зерттеу

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 1.1

Коэффициент Подобия 2: 0.1

Микропробелы: 4

Знаки из здругих алфавитов: 2

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:

2025-05-24

Дата



Сұңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт