ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
«Ғ.ДАУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
Телекоммуникациялық желілер және жүйелер кафедрасы

«ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ»
Кафедра меңгерушісі PhD, доцент Темырканова Э.К
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: MIMO технологиясын қолданатын радиобайланыс жүйелердің кедергіге төзімділігін талдау
Мамандығы 5В071900 Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
Орындаған Солтаев Адильжан Нурланович Тобы РЭТ(ИКТ)к-16-1
(Т.А.Ж.)
Ғылыми жетекшісі PhD, доцент Семенякин Николай Владимирович
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
Кеңесшілер:
экономикалық бөлім бойынша:
доцент Тузелбаев Бакберген Ибадиллаевич
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «_02___» ____06_____2020ж.
(қолы)
өміртіршілігі қауіпсіздігі бойынша: доцент Жандаулетова Фарида Рустембековна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «_30___» ____04_____2020ж.
(қолы)
негізгі бөлім бойынша:аға оқыт. Абиров Джумахан Акылбаевич
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «__07__» ___05_____2020ж.
есептеу техникасын қолдану бойынша:аға оқыт. Абиров Джумахан Акылбаевич
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «_13___» ___04_____2020ж.
(қолы)
Нормобақылаушы: Мухамеджанова Альмира Далелханкызы
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «_04___» _____06_____2020ж.
(қолы)
Пікір беруші: _____
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.
(қолы)

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
«Ғ.ДАУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғарыштық инженерия және телекоммуникация институты
Телекоммуникациялық желілер және жүйелер кафедрасы

Мамандығы 5В071900–Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Дипломдық жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Солтаев Адильжан Нурланович
(Т.А.Ж.)

Жобаның тақырыбы MIMO технологиясын қолданатын радиобайланыс жүйелердің кедергіге төзімділігін талдау

2019 ж. «_11_» _11_____ №_147___ университет бұйрығымен бекітілді.

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «_25____»_05_____2020ж.

Жобаға алғашқы деректер (талап етілетін зерттеу (жоба) нәтижелерінің параметрлері және зерттеу нысанының алғашқы деректері):
Корелляция мәні r = 0.8
Корелляция мәні r = 0.8
Кедергіге төзімділік мәні $p_{ош} = 10^{-2}$
Кедергіге төзімділік мәні $p_{ош} = 10^{-3}$
Спектрлік тиімділіктің мәні C = 15 бит/с/Гц
Таратушы антенналар саны N = 2; 3; 4
Қабылдаушы антенналар саны M = 2; 3; 4

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс мәселелер тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:
Кіріспе
1. MIMO технологиясының жоспарлы дамуын талдау
2. MIMO антенналары
3. Компьютер моделі негізіндегі тәжірибелік зерттеу
4. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі
5. Бизнес – жоспар
Қорытынды
Әдебиеттер тізімі

Графикалық материалдардың (міндетті түрде дайындалатын сызбаларды көрсету) тізімі:

MIMO жүйесініңқұрылымы

SIMO, MISO, MIMO – жүйелерінің құрылу ұстанымдары

MIMO жүйесінің жалпы схемасы

MIMO жүйесінің статистикалық моделін кескіндейтін сұлба

Бағытталған модельдің диаграммалары

Бүкілбағытты модельдің диаграммасы

Параболалық антеннаның диаграммалары

2, 3 және 4 антенналық MISO және SIMO жүйелеріндегі r= 0.8 кезіндегі $Eb/N0$-ге қателіктің мүмкіндігіне тәуелділігі, BPSK модуляциясы

MISO және SIMO жүйелері үшін r= 0.8 кезіндегі $Eb/N0$ қателіктің ықтималдығына тәуелділігі, BPSK модуляциясы

Кеңсенің жұмыс орындарының және құрылғылардың орналасу жоспары

Қолданбалы көмірқышқыл өрт сөндіргіші: ОУ-2

Қызмет сатудан түскен құрамы

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер:

1.Norbert Ephan Roland Gabriel. Base-Station-Antennas for optimized. Mobile Communication Networks, KATHREIN-Werke KG, Postfach 100 444,83004 Rosenheim, Germany.

2. Янцен А.С., Носов В.И. оценка помехоустойчивости технологии MIMO с учетом корреляции сигналов в антеннах / Topical areas of fundamental and applied research VII, 19-20 october 2015, North Charleston, USA vol. 1, p. 147 – 151.

3. Жандаулетова, Ф. Р. Охрана труда : учебник для вузов / Ф.Р. Жандаулетова, Т.Е. Хакимжанов, Т.С. Санатова; МОН РК, НАО АУЭС. - Алматы : АУЭС, 2019. - 399 с.

4. Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методическиеуказания для выполнения экономической части выпускной работы. –Алматы: 2009. –19 с

Жоба бойынша жобаның бөлімдеріне қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімдері	Кеңесшілері	Мерзімі	Қолы
Экономика	Тузелбаев Б.И.	02.06.2020ж.	
Ө.Т.Қ.Н.	Жандаулетова Ф.Р.	30.04.2020ж.	
Негізгі бөлім	Абиров Д.А.	07.05.2020ж.	
ЕТ	Абиров Д.А.	13.04.2020ж.	
Нормобақылау	Мухамеджанова А.Д.	04.06.2020ж	

Диплом жобасын дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелердің тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1. Кіріспе	17.02.2020ж.	орындалды
2. MIMO технологиясының жоспарлы дамуын талдау	18.02.2020ж.	орындалды
3. MIMO негіздері	28.02.2020ж.	орындалды
4. MIMO-ның дамуы және тарихы	10.04.2020ж.	орындалды
5. MIMO антенналары	10.04.2020ж.	орындалды
4. Компьютер моделі негізінде тәжірибелік зерттеу	25.04.2020ж.	орындалды
5. MISO/SIMO жүйелерінің біртекті емес және уақыт бойынша тұрақты емес арналардың кедергіге төзімділігін есептеуге арналған модель	11.05.2020ж.	орындалды
6. MIMO, MISO және SIMO жүйелері үшін біртекес және уақыт бойынша тұрақты арналарға арналған кедергіге төзімділікті есептеу моделі	19.05.2020ж.	орындалды
7. MIMO жүйесінің спектрлік тиімділігін есептеу үшін арна матрицасының сингулярлы ыдырауына негізделген модель	09.04.2020ж.	орындалды
8. Арна матрицасының сингулярлы ыдырауына негізделген MIMO жүйесінің кедергіге төзімділігін есептеу моделі	30.04.2020ж.	орындалды
11. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі	30.04.2020ж.	орындалды
12. Бизнес – жоспар	30.04.2020ж.	орындалды
13. Қорытынды	20.05.2020ж.	орындалды

Тапсырманың берілген уақыты «_17__» _02_____ 2020___ж.
Кафедра меңгерушісі _____ (Темырканова Эльвира Кадылбековна)
(қолы) (Т.А.Ж.)
Жобаның
ғылыми жетекшісі _____(Семенякин Николай Владимирович)
(қолы) (Т.А.Ж.)
Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент _____ (Солтаев Адильжан Нурланович)
(қолы) (Т.А.Ж.)

Аңдатпа

Дипломдық жоба «MIMO технологиясын қолданатын радиобайланыс жүйелердің кедергіге төзімділігін талдау» тақырыбына арналған. Жұмыстың мақсаты MIMO технологиясын қолданатын жүйелердің кедергіге төзімділігін және өткізу қабілетін зерттеу болып табылады.

Жұмыс барысында MIMO технологиясының даму алғышарттары, желінің негізгі артықшылықтары қарастырылған. Технологияның құрылу принциптері, жұмыс жасау архитектурасы және желідегі қызметтер көрсетілді.

Бөлменің талдауы, табиғи және жасанды жарық түсіру көрсеткішінің есебі өмір тіршілік қауіпсіздігі тарауында қаралынды. Барлық шығын және алған пайданың есебімен жобаның өтімділігінің мерзімі өлшелді.

Аннотация

Эта работа посвящена теме: «Анализ помехоустойчивости систем радиосвязи, использующих технологию MIMO». Целью работы является исследование помехоустойчивости и пропускной способности систем, использующих технологию MIMO.

В ходе исследования были изучены развивающиеся предпосылки технологии MIMO и основные преимущества сети. Были представлены принципы создания технологии и архитектуры рабочего и сетевого сервиса.

Произведен анализ помещения, расчет показателей естественного и искусственного освещения в разделе безопасности жизнедеятельности. В разделе экономики предоставлен бизнес-план с учетом всех расходов и полученной прибыли рассчитан срок окупаемости проекта.

Annotation

This work is devoted to the theme: "Immunity analysis of radio systems using MIMO technology». The aim of work is analyzing the immunity and bandwidth of systems which use the technology of MIMO.

During the investigating there were studied developing preconditions of the MIMO technology and main advantages of the network. There were represented establishment principles of the technology and the architecture of the working and the network service.

The analysis of the room, report of natural and artificial lightening degree is explored in the chapter of life safety. The period of liquidation is determined by reporting of all expenses and profits.

Мазмұны

Кіріспе 7
1. MIMO технологиясының жоспарлы дамуын талдау 8
1.1 MIMO технологиясының мүмкіндіктері мен оның жалпы дамуы 8
1.2 MIMO-ның дамуы және тарихы 10
1.3 MIMO негіздері 11
1.4 Кері байланыссыз MIMO жүйесі 13
1.5 Кері байланысты MIMO жүйесі 14
1.6 Корреляция коэффициенті 14
1.7 MIMO – жүйе байланысының жалпы құрылу ұстанымы. MIMO – жүйесінің модельдері 15
1.8 MIMO технологиясын қолдану 16
2 MIMO антенналары 21
2.1 Жалпы түсінік 21
2.2 Антенна класстары 22
2.3 MIMO технологиясында қолданылатын антенналар 26
2.4 Тапсырманың қойылымы 32
3 Компьютер моделі негізіндегі тәжірибелік зерттеу 33
3.1 MISO/SIMO жүйелерінің біртекті емес және уақыт бойынша тұрақты емес арналардың кедергіге төзімділігін есептеуге арналған модель 33
3.2 MIMO, MISO және SIMO жүйелері үшін біртекес және уақыт бойынша тұрақты арналарға арналған кедергіге төзімділікті есептеу моделі 38
3.3 MIMO жүйесінің спектрлік тиімділігін есептеу үшін арна матрицасының сингулярлы ыдырауына негізделген модель 44
3.4 Арна матрицасының сингулярлы ыдырауына негізделген MIMO жүйесінің кедергіге төзімділігін есептеу моделі 48
4 Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі 53
4.1 Еңбек шартын талдау 53
4.2 Есептеу бөлімі 61
5 Бизнес – жоспар 65
5.1 Резюме 65
5.2 Финанстық жоспар 65
Қорытынды 73
Әдебиеттер тізімі 75

Кіріспе

Қазіргі уақытта сымсыз байланыс жүйесінің қарқынды дамуы жүруде. Деректерді жіберу жылдамдығын арттыру және қателіктер ықтималдығын азайту басым бағыттардың бірі болып табылады. Деректерді жіберу жылдамдығын, жиілік диапазонын кеңейту және таратқыштың қуатын арттыру арқылы арттыруға болады. Заманауи радиобайланыс жүйелерінің стандарттары радиациялық қуатқа биологиялық қорғаныс талаптары бойынша айтарлықтай шектеулер қояды және бөлінген жиілік диапазонын шектейді.

Мультипатикалық жүйелерде антеннаның аралығы кедергілермен күресудің тиімді әдісі болып табылады. Алғашқы әдістердің бірі - антенналарды тек қабылдау кезінде тарату - SIMO жүйесі (Single Input Multiple Output). Бұл кеңістікті кодтау әдістерін қолданбай жүйенің шуылға қарсы иммунитетін арттыруға мүмкіндік береді. Кейіннен кеңістікті-уақыт торлары мен блок-кодтар саласындағы даму кезінде антенналарды тек тарату үшін қолдану - MISO (Multiple Input Single Output) деп аталатын технология қолданыла бастады, сонымен бірге антенналарды бір уақытта қабылдау және беру кезінде қолдану - MIMO (Multiple Input Multiple Output) технологиясы пайда болды.

Заманауи сымсыз байланыс жүйелеріне жоғары өткізу қабілеттілігін және бөгеуілден қорғанушылықты қамтамасыз ететін қатаң талаптар қойылуда. Мұндай жағдайларда, берілген жиілік ресурсын мейлінше қолданып, ақпаратты кеңістікте таралған арналар арқылы жіберуде MIMO (Multiple Input Multiple Output) технологиясы өз қолданысын табуда. MIMO технологиясының артықшылығы оның көпэлементті антенна торларын байланыс орнатудың жіберу және қабылдау кезеңінде пайдалану арқылы көпсәулелі тарату ортасында жұмыс атқаруы болып табылады.

MIMO жүйесінің бірнеше кеңістікті арналар арқылы мәліметтерді параллель жіберу қабілеті арнаның жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді. Берілген технология бастапқы жылдамдықты 1 Гбит/с мәлімет жеткізу арқылы жіберудің төртінші ұрпақ жүйесіне қажетті параметрлерді қалыптастырады.

1. MIMO технологиясының жоспарлы дамуын талдау

1.1 MIMO технологиясының мүмкіндіктері мен оның жалпы дамуы

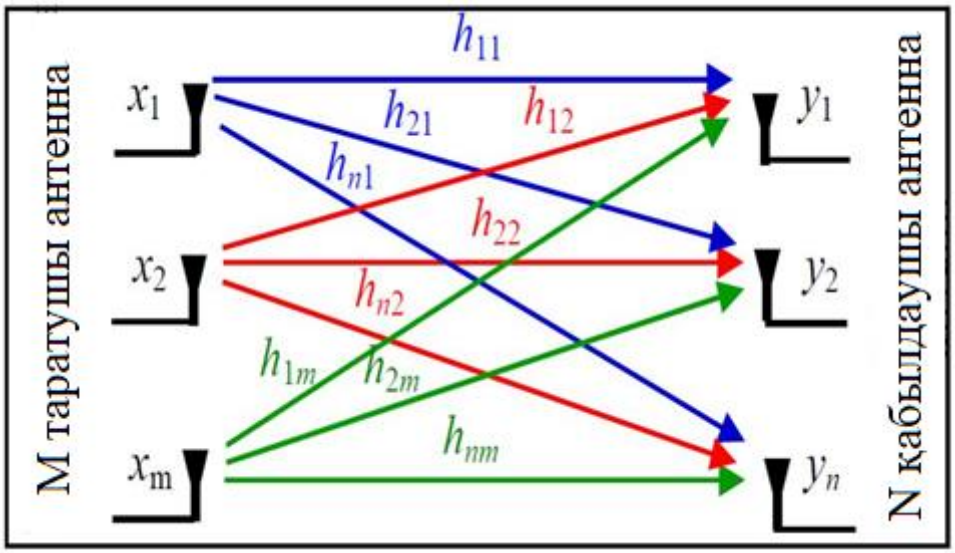
MIMO: бірнеше антенналардың шағылысқан сигналдарын пайдаланатын және арнаның сенімділігі мен өткізу қабілеттілігін арттыратын мультикіріс-мультишығыс технологиясы. Multiple Input Multiple Output немесе MIMO - көптеген желілік құрылғыларда айтылатын және қолданылатын радиотехника. Wi-Fi, LTE; Long Term Evolution және басқа да көптеген радио, сымсыз және радиожиілік технологиялары MIMO-ны кеңейтілген өткізу қабілеттілігі мен спектрлік тиімділікті жоғарылатумен бірге байланыстың сенімділігін жоғарылату үшін қолданады. Қазір нарықта көптеген сымсыз маршрутизаторлар, рұқсат нүктелері, MIMO антенналары бар және осы радиожиілік технологиясы таралған сайын, MIMO-мен бірге сымсыз құрылғылардың элементтері көбірек болады. Технология күрделі болғандықтан, көптеген инженерлер MIMO деген не және ол қалай жұмыс істейді деп сұрауда?

Заманауи локальды сымсыз желілерде радиоқатынау әдістемесі қолданылады,себебіоны пайдалану жолдары ыңғайлы, жеңіл,соның бірі офистік құрылғыларды қайта жинау жұмысын жүргізбей қамтамасыз ету [1, 2]. Қазіргі пайдаланылатын протоколдарда радиотолқындардың көпсәулелі тарату жағдайында радиодабылдарды қабылдау сенімділігін арттыру қарастырылған: параллель арналар арқылы блокты кодтау әдістемесі арқылы жіберу т.б. [3]. Алайда, қарастырылғанқорғаныс шаралары абсолютті емес. Сондықтан, оларды қабылданған протоколдарды өзгеріске ұшыратпайтын сабақтастыру әдістерімен жолықтыру керек. Мұндай әдістердің бірі, цифрлық антенналық торлар (ЦАР) [4] негізінде цифрлық диаграмма түзуші (ЦДО) кеңістікті – уақыттық әдістеме болып табылады.

ЦДО ұялы желілерінің базалық станциясының антенналық торларында мобильді телекоммуникация нысандарының кедергіге бөгеуілге қорғаныштылығын жоғарылатады. Байланыс жүйелерінің сандық түрлерінің жылдамдығы символаралық бөгеттер есебінен, қате биттер және көптеген шағылысушылардан келген дабыл фазаларымен сәйкес келмейтін қуат фединги (кідіріс) орын алғанда төмендейді.

Кідірістің болу себебін көпсәулелік жағдайда бір нүктеге бірнеше сәуленің келуімен байланыстырады (N = 2, 3, ...). Егер, олар бір фазада келетін болса, онда дабыл деңгейі жоғарылайды, ал егер керісінше болса,байланыс бұзылып, кідіріс болуы мүмкін. Бұл жағдайда интерференциялық көрініс динамикалық болады.

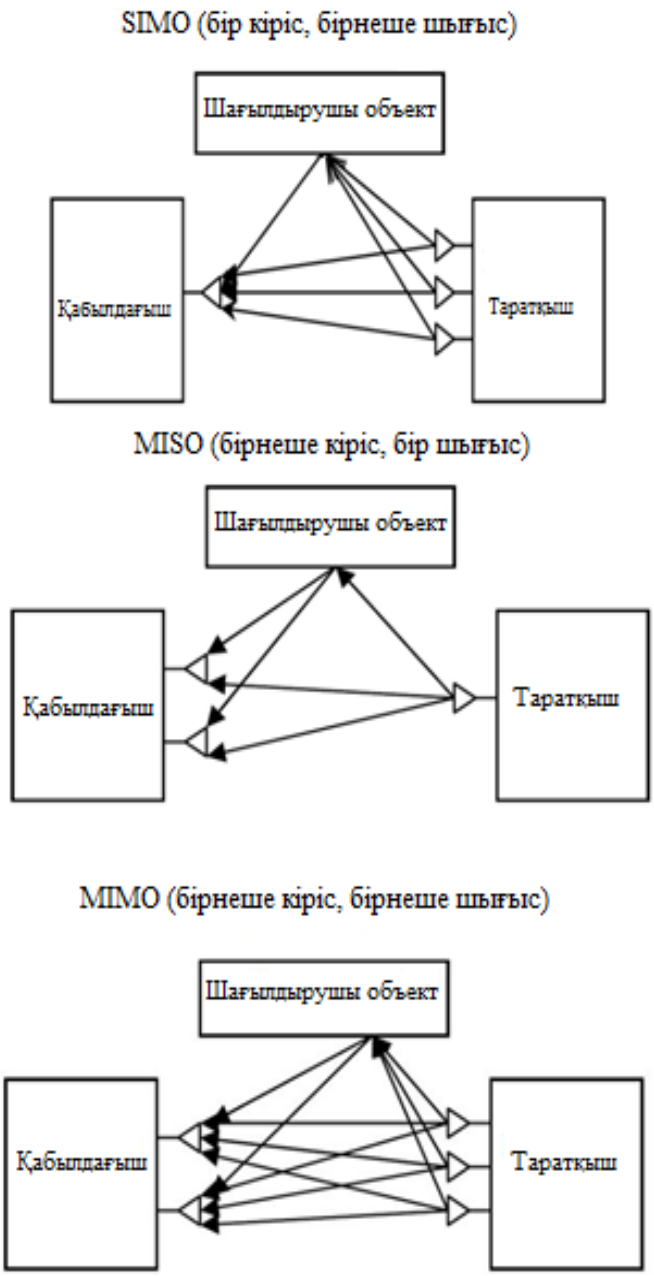
Егер, көпсәулелі дабылды бір антенна қабылдаса, қысқа уақыт аралығындағы кідірісті блоктық кодтау арқылы түзетуге болады. Бірнеше антеннаны (1.1 сурет) қолданған жағдайда көрініс басқаша (M = 2, 3, ...). Бұл нұсқа MIMO жүйесінде (Multiple-Input Multiple-Output) [5] өңделген дабылға сәйкес келеді.



1.1 сурет – MIMO жүйесінің құрылымы

Цифрлық антенналық торлардың MIMO жүйесімен қолданылуы байланыс жүйесінің көпсәулелі радиотолқын онымен байланысты орын алған жағдайлардың әсер ету кезіндегі мәселелерді шешуге мүмкіндің береді.

Қазіргі уақытта MIMO жүйесін өңдеудің кеңістікті уақыттық (Space – Time Processing STP) механизімін пайдалану арқылы қолдану ұсынып отыр. STP деп кеңістіктік және уақыттық радиоарна ерекшеліктерін пайдаланатын бірнеше антенналық элементтерден тұратын дабылдардың адаптивтік өңделуін атайды. STP техникасы жіберушіде,қабылдаушыда немесе арнаның екі ұшында да қолданылуы мүмкін. Бірінші екі жағдайда интеллектуальды антенна технологиясы туралы айтуға болады (smart antenna). Егер жүйе интеллектуальды антеннаны жіберуші арна соңында пайдаланылса, оны Multiple Input Single Output (MISO), егер қабылдаушы болса – Single Input Multiple Output (SIMO) деп атайды. M жіберуші және M қабылдаушы антеннасы бар жүйе қалыпты Single Input Single Output (SISO) салыстырғанда өткізу қабілетінің шарықтау шегін теория жүзінде M есе қамтамасыз ете алады (1.2 сурет). Бұған мәлімет жіберуші мәлімет ағынын өзара тәуелсіз бит тізбегіне бөліп, оларды біруақытта антенналар массивін пайдалануы арқылы қол жеткізеді. Мұндай техника кеңістіктік мультиплексірлеу депаталады. Аталған технологияларды заманауи байланыс желілерінде пайдалану келесі мәселелерді шешуге ықпал етеді: − радиодабылмен қамту аймағының ұлғаюы және ондағы байланыс жоқ аумақты бейтараптандыру; − радиодабыл таратудың бірнеше жолын пайдаланып, кідіру, шағылысу мәселелері аз трассаларда жұмыс істеу мүмкіндігін қарастыру; − ортогональды кодтар, жиіліктер, поляризацияланған модтар арқылы кеңістікте бөлінген әртүрлі арналарды қалыптастыру арқылы байланыс жүйесінің өткізу мүмкіндігін жоғарылату.



1.2 сурет – SIMO, MISO, MIMO – жүйелерінің құрылу ұстанымдары

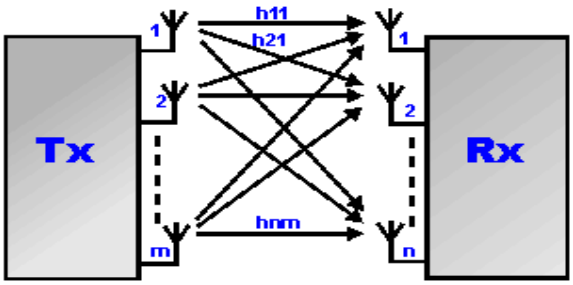
1.2 MIMO-ның дамуы және тарихы

MIMO технологиясы жылдар бойы дамып келеді. MIMO-ның негізгі тұжырымдамалары жүзеге асырылып қана қоймай, оларға жаңа технологияларды дамыту қажет болды. Кеңістіктегі мультиплексирлеудің кейбір мүмкіндіктерін және кеңістіктік әртүрліліктің кейбір артықшылықтарын пайдалануға мүмкіндік беру үшін жаңа деңгейлер қажет болды. 1990-шы жылдарға дейін кеңістіктік тарату көбінесе жақсы сигналмен қамтамасыз ету үшін екі антенна арасындағы ауысумен немесе аралас сигналдарды ауыстырып қосатын жүйелермен шектелді. Сондай-ақ, сәулелік коммутацияның әртүрлі нысандары жүзеге асырылды, бірақ өңдеу деңгейлері

мен өңдеудің қол жетімді дәрежелерін ескере отырып, жүйелер тұтастай алғанда шектеулі болды. Алайда, қосымша қуат деңгейлерімен кеңістіктік таратуды да, кеңістіктік мультиплексті де қолдануға болады. MIMO жүйелеріндегі алғашқы жұмыс кеңістіктегі таратуға бағытталған - мұнда MIMO жүйесі мультипликациялық таратудың әсерінен болған деградацияны шектеу үшін қолданылған. Алайда, бұл алғашқы қадам ғана болды, өйткені жүйе қосымша сигнал беру жолдарын қосымша мәліметтерді берудің қосымша арналары ретінде тиімді қарастыруға болатын жағдайға айналдыру мүддесінде көпсатылы таратуды қолдана бастады. Екі зерттеуші: Ароджиасуомит Полраж және Томас Кейлат алдымен 1993 жылы MIMO көмегімен кеңістіктік мультиплексті қолдануды ұсынды, ал келесі жылы олар АҚШ патентін алды. Алайда Bell Labs кеңістіктік мультиплекстің зертханалық прототипін алғаш рет 1998 жылы көрсетті [6].

1.3 MIMO негіздері

Арнаға жоғалу әсер етуі мүмкін, ал бұл дыбыс-шу арақатынасын өзгертеді, бұл өз кезегінде қателіктің жиілігіне әсер етеді. Тарату қағидасы - қабылдағышты бір сигналдың бірнеше нұсқасымен қамтамасыз ету. Егер оларға сигнал беру арқылы әртүрлі жолдармен әсер етілетін болса, олардың бәріне бірдей әсер ету ықтималдығы едәуір төмендейді. Тиісінше, әртүрлілік байланыстарды тұрақтандыруға көмектеседі және қателіктерді азайту арқылы өнімділікті жақсартады. Таратудың бірнеше режимі бар және бірқатар артықшылықтары бар: Уақыт бойынша тарату: уақыт бойынша таратуды қолдана отырып, хабарлама әр түрлі уақытта жіберілуі мүмкін, мысалы әртүрлі уақыт интервалдары мен арналық кодтау.Жиілік бойынша тарату: таратудың бұл формасы әртүрлі жиіліктерді қолданады. Ол OFDM спектрі сияқты әртүрлі арналарды немесе технологияларды қолдану түрінде болуы мүмкін. Кеңістіктік тарату: MIMO-ның негізі ретінде кеңістіктегі тарату - әртүрлі позициялардағы антенналарды қолдана отырып, жер үстінде болатын әр түрлі радиоарналарды пайдаланады. MIMO - радио антеннасының технологиясы, өйткені ол әртүрлі сигнал жолдарына мәліметтерді тасымалдауға мүмкіндік беруі үшін бірнеше таратқыш пен қабылдағыш антенналарын қолданады (1.3 сурет), әр түрлі антенна үшін бөлек жолдарды таңдап, бірнеше сигнал жолдарын пайдалануға мүмкіндік береді.



1.3 сурет – MIMO жүйесінің жалпы схемасы

Сымсыз MIMO кеңістіктік-уақытша сымсыз жүйелерінің сигналдарын өңдеудің негізін құрайтын негізгі идеялардың бірі, оның барысында цифрлық байланыс деректерінің табиғи мөлшері бірнеше үлестірілген антенналарды, яғни әртүрлі нүктелерде орналасқан бірнеше антенналарды қолдануға тән кеңістіктік өлшеммен толықтырылады. Тиісінше, MIMO сымсыз жүйелерін көптеген жылдар бойы сымсыз байланысты жақсарту үшін қолданылған ақылды антенналардың логикалық кеңейтімі ретінде қарастыруға болады. Таратқыш пен қабылдағыш арасында болғандықтан, сигнал көптеген жолдарды қабылдауы мүмкін. Сонымен қатар, антенналарды тіпті қысқа қашықтыққа жылжыту кезінде қолданылатын жолдар өзгереді. Қол жетімді жолдардың әртүрлілігі таратқыш пен қабылдағыш арасындағы тікелей жолдың бойында немесе бүйірде пайда болатын нысандар санынан болады. Бұрын бұл бірнеше жол тек кедергіні енгізу үшін қызмет еткен. MIMO көмегімен осы қосымша жолдарды радио-желі үшін қосымша сенімділікті қамтамасыз ету үшін тиімді пайдалануға болады, бұл сигналдың шуылға қатынасын жақсарту немесе байланыс арнасының өткізу қабілетін арттыру арқылы жүзеге асырылады. Төменде MIMO-ның екі негізгі форматы көрсетілген: Кеңістіктік тарату: бұл тар мағынада көбінесе тарату мен қабылдаудың таралуында қолданылады. Бұл екі әдістеме сигнал-шу қатынасын жақсарту үшін қолданылады және олар жоғалудың әртүрлі формаларына қатысты жүйенің сенімділігін жетілдірумен сипатталады. Кеңістіктік мультиплексинг: MIMO-ның бұл түрі қосымша трафикті өткізу үшін әртүрлі жолдарды қолдана отырып, деректердің қосымша сыйымдылығын қамтамасыз ету үшін қолданылады, яғни деректердің өткізу қабілеттілігін арттырады. Бірнеше антеннаны қолдана отырып, MIMO сымсыз технологиясы Шеннон заңын сақтай отырып, берілген арнаның өткізу қабілетін едәуір арттыра алады.Қабылдағыш және таратқыш антенналардың санын көбейту арқылы, яғни жүйеге қосылған әр жұп антенна арқылы арнаның өткізу қабілетін арттыруға болады. Бұл MIMO сымсыз технологиясын соңғы жылдары қолданылатын сымсыз технологиялардың маңыздыларының біріне айналдырады. Спектрлік өткізу қабілеттілігі радио байланыс жүйелері үшін күн санап өсіп келе жатқан тауарға айналып бара жатқандықтан, қолданыстағы өткізу қабілеттілігін тиімді пайдалану үшін әдістер қажет. MIMO сымсыз технологиясы - осы әдістердің бірі.

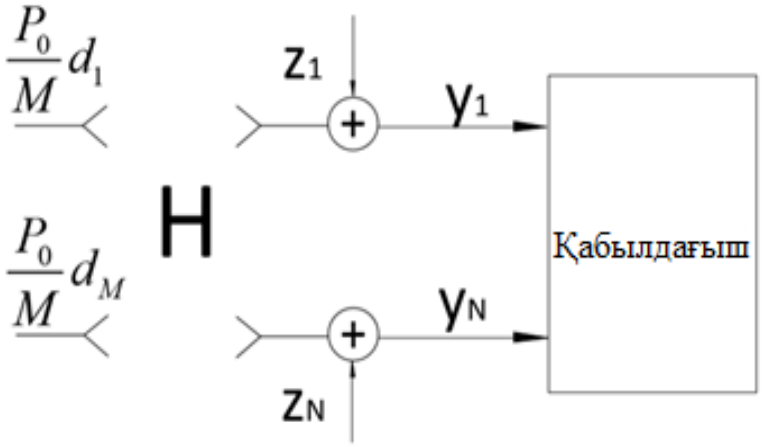
Ең қарапайым MIMO антенна - бұл тік оське қатысты ± 45 ° бұрышқа бағытталған екі асимметриялық вибраторлардың жүйесі (монопольдар) (1.4 сурет).

1.4 сурет – Ең қарапайым MIMO антенна

Мұндай поляризация бұрышы арналардың тең жағдайында болуына мүмкіндік береді, өйткені таратқыштардың көлденең-тік бағытында поляризация компоненттерінің бірі жер бетінде таралу кезінде сөзсіз үлкен құлдырауға ие болар еді. Әрбір монопольдан тәуелсіз шығарылатын сигналдар кросс-поляризация компонентінде жеткілікті жоғары өзара оқшауланумен өзара поляризацияланған (кемінде 20 дБ). Осыған ұқсас антенна қабылдау жағында да қолданылады. Бұл тәсіл әртүрлі модуляцияланған, бірдей тасымалдаушылармен бір уақытта сигналдарды жіберуге мүмкіндік береді. Поляризацияның бөліну принципі радио байланысының өткізу қабілеттілігін бір монополь жағдайымен салыстырғанда екі есе арттыруды қамтамасыз етеді. Осылайша, іс жүзінде кез келген жүйедегі қос поляризацияны MIMO жүйесі деп санауға болады.

1.4 Кері байланыссыз MIMO жүйесі

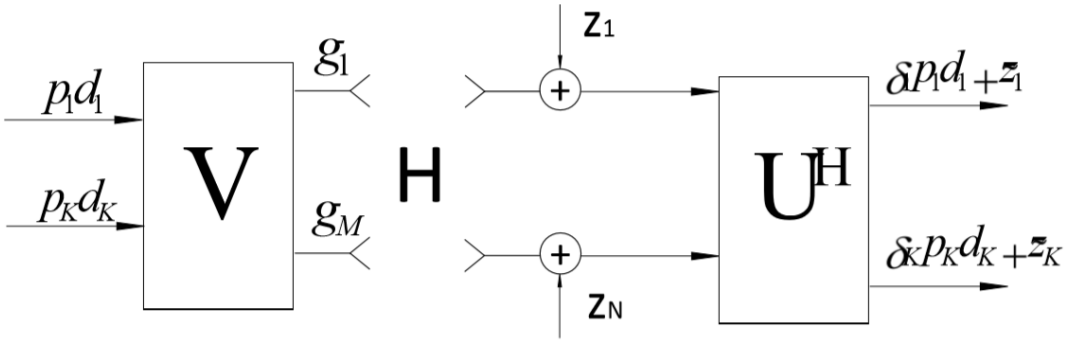
Кері байланыссыз жүйеде (1.5 сурет) жалпы таратқыштың қуаты P_0 M таратушы антенналарға біркелкі бөлініп канал арқылы беріледі, H матрицасымен сипатталған мультипликативті және фазалық бұрмалануларға және ақ Гаусс шуының Z қоспа әсеріне ұшырайды.



1.5 сурет – Кері байланыссыз MIMO жүйесінің сұлбасы

1.5 Кері байланысты MIMO жүйесі

Таратқыштың H матрицасы туралы білімдері болған жағдайда, параллельді ішкі каналдарда адаптивті беруді жүзеге асыруға болады. Арна туралы ақпаратты пилоттық сигнал беру арқылы алуға болады. Белгілі символдар мезгіл-мезгіл бойы беріліп отырады және қабылдағыш берілетін әр пайдалы символ үшін оларды қабылдайды және интерполяциялайды. Қосалқы каналдардың максималды саны H матрицасының дәрежесіне тең болады. Релей каналы жағдайында H матрицасының азаю ықтималдығы шамалы, ал оның K дәрежесі берілетін немесе қабылдайтын антенналардың ең аз санымен анықталады. Кеңістік-уақытты кодтағыштың кіріс блогы K параллельді ағындардан, ал шығыс блогы M ағындарынан тұруы керек (1.6 сурет) [7].



1.6 сурет – Кері байланысты MIMO жүйесінің диаграммасы

1.6 Корреляция коэффициенті

Корреляция коэффициенті - бұл массивтегі антенна порттарындағы кіріс сигналдарының қатынасы. Массив жүйелеріндегі өзара байланыс массивтің өнімділігін төмендетеді. Антенналар арасындағы корреляция коэффициенті жүйенің өнімділігі мен антеннаның тиімділігін анықтау үшін MIMO жүйесінде көрсеткіш ретінде қолданылады. Корреляция коэффициентін қолдана отырып, MIMO жүйелік әзірлеуші, жүйедегі антенна порттары арасындағы байланыс деңгейін түсіне алады. Өзара байланысты азайту порттардың жұптары арасындағы корреляция коэффициентін төмендетуді білдіреді. Антеннаны жасаушылар корреляция коэффициентін есептеу үшін екі тәсілді қолданады: алыстағы өрістердің бағыттылық диаграммасы және S-параметрлері.

1.6.1 Алыстағы өрістердің бағыттылық диаграммасы. Антенна торының екі жүйесінің корреляция коэффициенті:

$$\rho_e = \frac{\left| \int_{4\pi} \int [\vec{F}_1(\theta,\phi) \bullet \vec{F}_2(\theta,\phi)] d\Omega \right|^2}{\int\int_{4\pi} \left| \vec{F}_1(\theta,\phi) \right|^2 d\Omega \int\int_{4\pi} \left| \vec{F}_2(\theta,\phi) \right|^2 d\Omega} \tag{1.1}$$

Мұндағы, $\vec{F}_i(\theta,\phi)$ i порт қозған кезде антенна жүйесінің сәулелену үлгісі. Осы формуланы пайдаланып корреляция коэффициентін есептеу кезінде антеннаның бағытталғандық диаграммасы қажет. Бұл тәсіл қиын және көп уақытты қажет етеді.

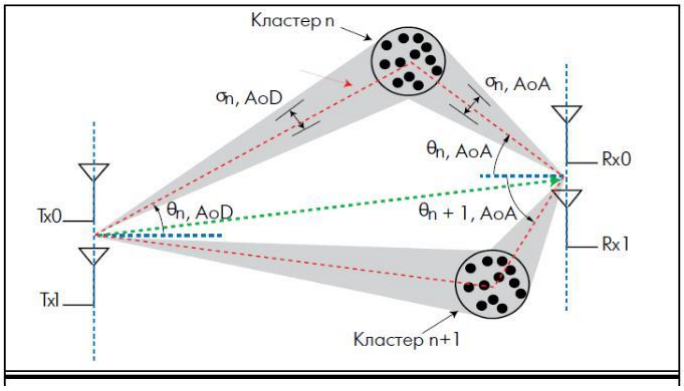
1.6.2 S-параметрінің сипаттамасы. Antenna Toolbox™ массивтегі антенна элементтері арасындағы корреляцияны есептеу үшін S параметрінің сипаттамасын қолданады. Бұл әдіс алыс өріс тәсіліне қарағанда қарапайым, себебі S-параметрін есептеу антеннаның бағытталғандық диаграммасын қолданбайды. S-параметрін пайдаланып корреляция коэффициентін есептеу формуласы:

$$\rho_e = \frac{\left|S_{11}^* S_{12} + S_{21}^* S_{22}\right|^2}{(1-(\left|S_{11}\right|^2 + \left|S_{21}\right|^2))(1-(\left|S_{22}\right|^2 + \left|S_{12}\right|^2))} \tag{1.2}$$

Бұл әдістің артықшылығы - жылдам талдау және корреляция нәтижелерін кең жолақты беруінде. Алайда, бұл тәсіл антенналар ешқандай ақпаратты жоғалтпайды және кіріс толқындары біркелкі бөлінеді деп болжайды.

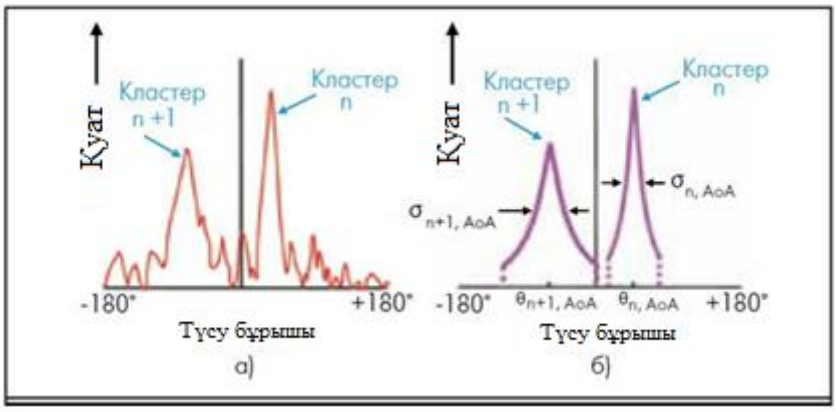
1.7 MIMO – жүйе байланысының жалпы құрылу ұстанымы. MIMO – жүйесінің модельдері

1.7.1 Статистикалық модель. Бұл модельде дабылдардың тарату ортасы шағылысушы нысандар тобының көмегімен сипатталып, кластер деп аталады. Мұндай кластерлер сәулеттік бөліктері көп ғимараттарды модельдеуге өте ыңғайлы. Кластердің шағылысу қасиеті статистикалық модельдер арқылы сипатталады. Әр кластер мәлімет жіберуші θn – антеннаның аумағынан шығатын сәулелену бұрышымен AoD (AoD – angle of departure), θn – антеннаның аумағынан түсетін сәулелену бұрышымен AoA (AoA – angle of arrival), σn таратылымдарымен, AoD және AoA сипатталады. Әр бұрышқа арналған толық энергия барлық кластерлердің үлесін сомалаумен анықталады. Әр бірлікке нормаланған бұл қорытынды бөліс қуаттың бұрыштық спектрі деп аталады (power angle spectrum – PAS) [1, 2]. Модельдеу жағдайына қарай мұны көп жағдайда Лаплас және Гаусс бөлінуімен шамалап алмастыруға болады. Мысалы, Лаплас бөлінуін қала құрылысын модельдеуге пайдалануға болады. 1.8 суретте есептелген спектр қуатының бұрыш мәні θn – тең болғанда екі шарықтау шегіне ие болады, AoA және θn+1, AoA екі кластердің әрқайсысының үлесіне сай (1.7 сурет).



1.7 сурет – MIMO жүйесінің статистикалық моделін кескіндейтін сұлба

Нақтылау барысында бұл қуат спектрін Лапластың екі бөлінуімен алмастыруға болады (1.8 сурет). Мұндағы стандартты ауытқу σn, AoA және σn+1, ал AoA кластерлерден сәулеленетін ағындардың ауытқушылығына сәйкес келеді (1.7 сурет).



а – нақты, б – Лаплас бөлінуімен модельденген
1.8 сурет – MIMO жүйесінің қуаттың бұрыштық спектрі

1.8 MIMO технологиясын қолдану

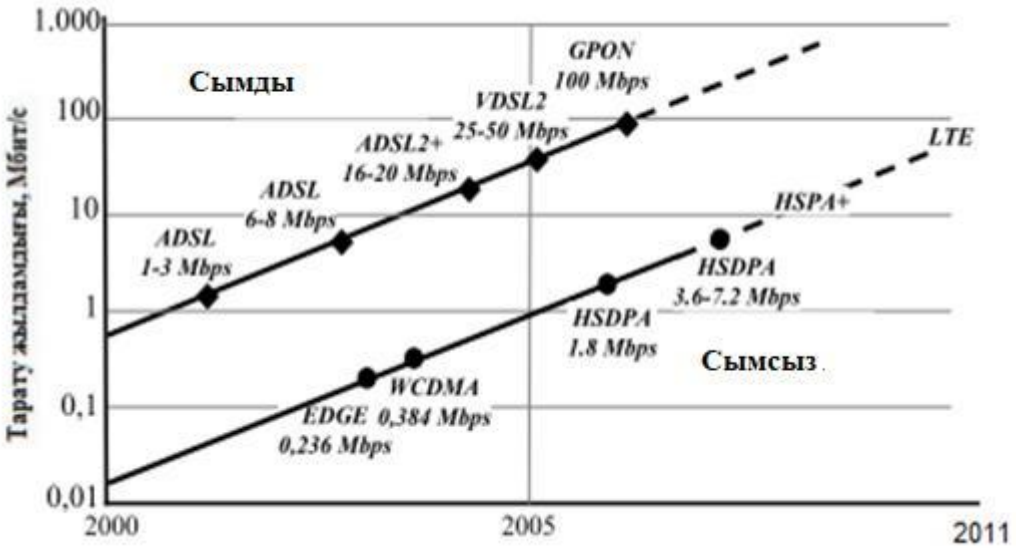
MIMO технологиясы саласындағы алғашқы идеялар А.Р. Кайе және Д.А. Джордж (1970), В. Ван Эттен (1975, 1976) жұмыстарында көрсетілді. 1984 және 1986 жылдары Bell Laboratories-тің Джек Уинтерс және Джек Салц сәулелендіру туралы бірнеше мақалалар жариялады және MIMO принципін радио байланысында қолдануға алғашқы патент алды. А.Паулраж және Т.Кайлат 1993 жылы MIMO технологиясын қолдана отырып, кеңістіктік мультиплекстеу (Spatial Multiplexing SM) тұжырымдамасын ұсынды. 1996 жылы Грег Роли және Джерард Дж. Фощини MIMO технологиясына жаңа тәсіл ұсынды, бұл кезде бірнеше таратқыш антенналар бір таратқышта орналасады, бұл жүйенің өткізгіштігін сапалы жақсартады. 1998 жылы Bell Labs компаниясы MIMO байланыс жүйесінің әлеуетін арттыру және өнімділікті арттырудың негізгі ұсынылатын технологиясы болып табылатын кеңістіктік мультиплекстеу зертханалық моделін көрсетті.

MIMO технологиясын қолдана отырып кеңінен таралған WiFi 802.11n стандарты. Осы стандартқа сәйкес деректерді беру жылдамдығын 300 Мбит / с дейін алуға болады. Айта кету керек, алдыңғы 802.11g стандарты 50 Мбит / с дейін жылдамдықты қамтамасыз етті. Сондай-ақ, 802.11n стандартында MIMO технологиясын қолдану беріліс жылдамдығын арттырып қана қоймай, сигнал деңгейі жеткіліксіз жерлерде қызмет көрсету сапасын жақсартты. 802.11n-дің ең көп қолданылатыны - жергілікті LAN (Local Area Network) желіні құру кезіндегі нүкте/көпнүкте (Point/Multipoint) WiFi жүйелері. Алайда, ұқсас шешімдер сонымен қатар жылдамдығы жоғары магистральды байланыс арналарын (бірнеше жүз Мбит/с жылдамдықпен) ұйымдастыруға және мәліметтерді ондаған шақырымға (50 км-ге дейін) жіберуге мүмкіндік беретін нүкте-нүкте байланысын құруда қолданылады.

MIMO технологиясы WiMAX стандартында да қолданылады, оның бірнеше нұсқасы бар. Шығарылымдардың бірі - 802.16e. Онда деректерді базалық станциядан абоненттік жабдық бағытында 40 Мбит / с-қа дейін жылдамдықпен жіберуге мүмкіндік беретін кеңжолақты қол жетімділік қызметтерін ұсыну әдісі сипатталған. Сонымен бірге, 802.16e MIMO технологиясы негізгі емес, тек 2x2 конфигурациясы бар қосымша ретінде ғана қолданылады. MIMO технологиясының 4x4 конфигурациясы 802.16m стандартында қолданылып, нұсқаның ажырамас бөлігі болды. Сонымен бірге, WiMAX төртінші буын ұялы байланыс жүйесінің өзіндік рөлін атқарады, өйткені оның өзіне тән қасиеттер тізімі бар: хэндовер, роуминг, дауыстық байланыстар. Егер сіз WiMAX құрылғыларын мобильді құрылғы ретінде қолдансаңыз, деректерді беру жылдамдығы 100 Мбит/с дейін, ал тұрақты болғанда жылдамдығы шамамен 1 Гбит/с-қа дейін болады.

Алайда MIMO технологиясы ең қызықты қолданысын ұялы байланыс жүйесінің үшінші ұрпағынан бастап тапты (1.9 сурет). Мысалы, UMTS стандартында, Rel. 6-да HSPA технологиясымен (пакеттік деректерді пайдаланатын және WCDMA/UMTS мобильді желілеріне қосымша болып табылатын сымсыз кеңжолақты радиотехника) 20 Мбит/с дейінгі жылдамдықты қолдана отырып қолданылады, алRel. 7-де - HSPA + көмегімен, деректерді беру жылдамдығы 40 Мбит/с жетеді. Соған қарамастан 3Gжүйелерінде MIMO кең қолданылмады.

4G LTE төртінші буынының сымсыз жоғары жылдамдықта деректерді тарату стандартында MIMO жүйелерін пайдалануды 8x8 дейінгі конфигурацияларда қарастырады, бұл теориялық тұрғыдан ақпаратты базалық станциядан абонентке 300 Мбит/с-тен жоғары жылдамдықта беруге мүмкіндік береді. Айта кету керек, бұл жағдайда қосылыстың тұрақтылығы ұяшық ішіндегі абоненттің жағдайына қарамастан жоғарылайды. Ақпаратты беру жылдамдығын төмендету тек төтенше жағдайларда ғана мүмкін, мысалы, абоненттің базалық станциясынан айтарлықтай қашықтықта немесе мылқау, қорғалған бөлмеде болған кезінде. 4G LTE және Wi – Max жүйелерінің параметрлік салыстырмалары 1.1 кестеде көрсетілген.



1.9 сурет – Сымды және сымсыз байланыстың даму кезеңдері

Сымсыз байланыс құралдары офистік, үй желісі арасында ақпарат тарату және мультимедиялық шешімдерді іске асыруда кең қолданылады. Мәліметтерді жіберу жылдамдығын көтеру күннен – күнге шешімін табуды қажет ететін мәселеге айналуда. Бұл салада жоғары жетістіктерге жету MIMO технологияларын пайдалану жұмысымен тікелей байланысты. MIMO – принципін пайдалану мәліметтер мен радиоалмасу кезінде қатені азайтып (BER), мәлімет жіберу жылдамдығын төмендетпей көптеген дабылдардың шағылысуына қарамастан байланыс жүргізуді қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда көпэлементті антенналық құрылғылар төмендегі жағдайларды қамтамасыз етеді:

а) радиодабылмен қамту аумағының ұлғаюы мен ондағы байланыс жоқ аумақты бейтараптандыру;

ә) радиодабыл таратудың бірнеше жолын пайдаланып, кідіру, шағылысу проблемалары аз трассаларда жұмыс істеу мүмкіндігін қарастыру;

б) Ортогональды кодтар, жиіліктер, поляризацияланған модтар арқылы кеңістікте бөлінген әртүрлі арналарды қалыптастыру арқылы байланыс жүйесінің өткізу мүмкіндігін жоғарылату.

1.1 кесте – LTE және Wi – Max 802.16e жүйелерінің параметрлерін салыстыру

	LTE	WiMAX 802.16e
Технология	MIMO Downlink OFDM Uplink SC-FDMA	MIMO Downlink OFDM Uplink SC-FDMA

1.1 кестенің жалғасы

	LTE	WiMAX 802.16e
Шарықтау жылдамдығы	Downlink 100 Мбит/с20МГц, 2×2 MIMOUplink 50 Мбит/с20МГц, 1×2 MIMO	Downlink 46 Мбит/с Uplink 7 Мбит/с
Қолданушыға арналған орташа өткізу қабілеттілігі	5 Мбит/с – 12 Мбит/с 2 Мбит/с – 5 Мбит/с	1.3 Мбит/с – 4 Мбит/с 500 кбит/с – 1,5 Мбит/с
Кідірістер	15мс	50 мс
Өткізу жолағы	20МГц, 15 МГц, 10 МГц, 5 МГц	3,5 МГц, 5 МГц, 7 МГц, 8,75 МГц, 10 МГц
Рұқсат етілген жиілік спектрлері	LTEкөпспектрлі жиіліктіқамтамасызетеді .Таңдалынған жиілік– 700МГц,қамту аймағыныңауқымдылығы негізінде	2,3 ГГц, 2,5 ГГц, 3,5 ГГц, 5,8 ГГц
Мобильділік	350 км/сағ дейін	120 км/сағ дейін

MIMO технологияларын қолдану екі мәселені шешеді:

- кеңістіктік уақытша жиілікті кодтау және (немесе) сәулелену салдарынан байла-ныс сапасын арттыру;
- кеңістіктік мультиплексті қолдану кезінде тарату жылдамдығын арттыру.

MIMO жүйелерінде сигналды бөлу үшін тәжірибеде пайда болған әдістер де, жаңалары да қолданылады. Оларға, мысалы, кеңістіктік-уақытша, кеңістіктік-жиіліктік, кеңістіктік-поляризациялық кодтау, сондай-ақ сигналды қабылдағышқа түсу бағытында өте жоғары ажыратымдылық кіреді. Сигналдарды бөлудің көптеген тәсілдерінің арқасында MIMO жүйелерін байланыста қолдану стандарттарының осындай ұзақ дамуын қамтамасыз ету мүмкін болды. Алайда, MIMO-ның барлық түрлері бір мақсатқа жетуге бағытталған –кедергіге төзімділікті жақсарту арқылы байланыс желілеріндегі деректердің ең жоғары жылдамдығын арттыру.

MIMO технологиясы 7-шығарылымда көрсетілген кезде, 3G стандарты бүкіл әлемде белсенді түрде тарала бастады. Үшінші буын желілерін MIMO технологиясымен біріктіруге талпыныс болды, бірақ кең қолданылмады. GSA мәліметтері бойынша, 11.04.2010 ж., нарықтағы HSPA қолдауы бар 2776 типтегі құрылғылардың тек 28 моделі MIMO технологиясын қолдаған. Сонымен қатар, MIMO-терминалдарының төмен енуімен MIMO желісін енгізу, желінің өткізу қабілеттілігінің төмендеуіне әкеледі. Nokia Siemens

Networks компаниясы өткізу қабілеттілігін жоғалтуды азайтуға арналған технологиясын әзірледі, бірақ ол MIMO-терминалдарының енуі абоненттік бірліктің 40%-ын құраған жағдайда ғана тиімділігі болушы еді. Жоғарыда айтылғандарды толықтыра отырып, 2009 жылдың 14 желтоқсанында LTE технологиясына негізделген әлемдегі алғашқы мобильді желі іске қосылды, бұл айтарлықтай жоғары жылдамдыққа қол жеткізуге мүмкіндік берді. Осыған сүйене отырып, операторлар үшінші буын желілерін жаңартуға емес, LTE желілерін жылдам орналастыруға бағытталғандығы анық.

Бүгінгі таңда төртінші буындағы мобильді желілердегі трафиктің қарқынды өсіп келе жатқанын атап өтуге болады, және барлық абоненттерге қажетті жылдамдықты қамтамасыз ету үшін операторлар деректерді беру жылдамдығын немесе жиілік ресурсын пайдалану тиімділігін арттырудың түрлі әдістерін іздеуі керек. MIMO сізге 2x2 нұсқасында бір уақыттағы жиілік диапазонында 2 есе көп деректерді жіберуге мүмкіндік береді [8].

Бұл технология жақында пайда болғанына қарамастан, көптеген операторлар абоненттерге қол жетімділікті қамтамасыз ету үшін MIMO технологиясымен антенналарды қолдануды жөн көреді. MIMO OFDM технологиясымен бірге абоненттердің көбірек санына қызмет көрсетуге, сондай-ақ ұялы байланыс технологиясының (LTE, LTE-A, 5G және т.б.) ең алдыңғы қатарлы буындарын енгізуге мүмкіндік береді.

2 MIMO антенналары

2.1 Жалпы түсінік

MIMO технологиясы кемінде 4 антеннадан тұрады, яғни 2 қабылдаушы антенна және 2 таратушы антенна. Және де бұл технология көбінде сымсыз желілерде қолданылып, өткізу қабілетін жолақты кеңейтпей жақсартады.

Антенналар энергияны барлық бағытта таратады, бірақ олардың сигналды әртүрлі бағытта тарату тиімділігі бірдей болмауы мүмкін және бұл антеннаның бағытталғандығымен сипатталады. Сигналды әртүрлі бағытта таратудың тиімділігін анықтаі үшін изотропты сәулелендіргіш ұғымы енгізілген.

Изотропты сәулелендіргіш – бұл сферикалық формадағы энергия өрісінің тығыздығы бойынша біркелкі сәуле шығаратын электромагниттік толқынның идеальды нүктелік көзі. Табиғатта изотропты сәулелендіргіштер кездеспейді. Кез келген антенна, ең қарапайымы да, энергияны біркелкі шығармайды, бірақ әрқашан максимальды энергия шығарылатын бағыты болады. Изотропты сәулелендіргішті антенналарды бір-бірімен салыстыру үшін қолданады.

Антенна бағытының қасиеттері сәулелендірілген антенна өрісінің қарқындылығының оның бағытына тәуелділігімен анықталады. Осы тәуелділіктің графикалық бейнесі антеннаның бағытталғандық диаграммасы деп аталады. Осы графикалық бейнелер үшөлшемді және екіөлшемді дигарммаларда көрсетіледі.

Екіөлшемді диаграммалар горизонтальді және вертикальді жазықтықтар үшін құрылады. Бұл жағдайда бағытталғандық диаграммасы полярлық координаталар жүйесіндегі тұйық сызық, ол антеннадан (диаграмма центрінен) бағытталғандық дигарммасының кез келген нүктесіне дейінгі қашықтық осы бағытта антенна шығарған энергияға тура пропорционал болатындай етіп салынған.

Энергияны барлық бағытта біркелкі шығаратын идеалды изотропты антенна үшін бағытталғанды диаграммасы мынандай болады: центрі изотропты сәулелендіргішпен сәйкес келетін сфера. Бағытталғандықтың горизонтальді және вертикальді диаграммалары шеңбер түрінде болады.

Антеннаның бағытына байланысты бағытталғандық диаграммадан сәулелендірудің басты бағытын анықтайтын күлтелерді көріге болады. Антеннаның максимальды сәулелендіру бағыты басты бағыт болып табылады, бұған сәйкес күлте басты күлте болады. Қалған күлтелер бүйірлік болып табылады, ал басты бағытқа қарама қарсы бағыттағы сәулелендіру күлтесі антеннаның бағытталғандық диаграммасының артқы күлтесі деп аталады. Антенна сәуле шығармайтын және қабылдамайтын бағыттары бағытталғандық диаграммасының нөлдері деп аталады.

Бағытталғандық диаграммасы енімен де сипатталады. Бағытталдық диаграммасының ені деп күшейту коэффициентінің максимумға қатысты

түсімі 3 дБ-дан аспайтын бұрышты айтамыз. Күшейту коэффициенті мен ені практикалық түрде үнемі байланысты: күшейту көп болса, диаграмма да солай болады және керісінше.

2.2 Антенна класстары

Антенна бағытталуына байланысты мынандай класстарға бөлінеді [9]:

- бағытталған;
- секторлы;
- бүкілбағытты.

2.2.1 Бағытталған модельдер. Бағытталған модельдің жұмыс істеу принципін көбінде күшейту коэффициентін арттыру үшін қолданады. Мысал ретінде қараңғы бөлмені алайық, бұл бөлмеге егер лампа орнататын болсақ, бүкіл бөлме әлсіз болса да жарық болады. Ал егер осы лампаны фонарьге қондырсақ, жарық бүкіл бөлмеге емес, бір бағыт бойынша ұзақ жерге таралады. Бағытталған модель осылай жұмыс жасайды.

Бағытталған модельді антенналар әдетте ғимараттардың үстінде орналасады және жақын орналасқан станцияға қарай бағытталады.

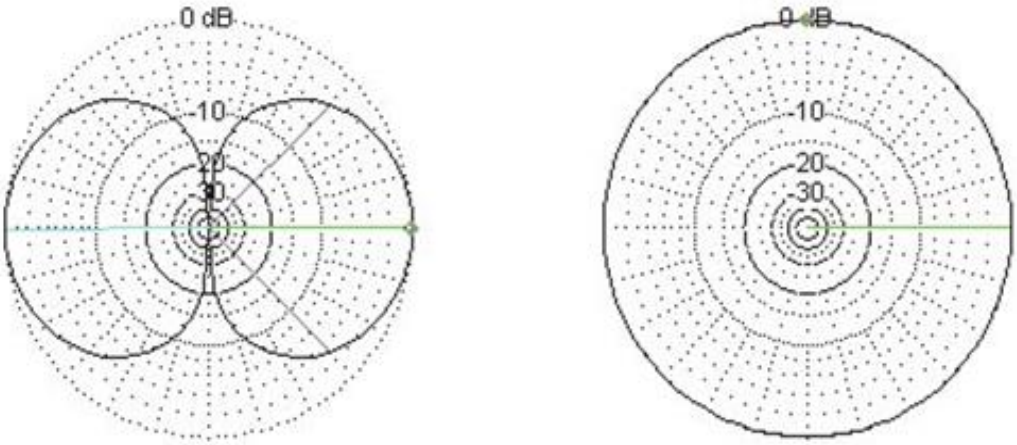
Бағытталған антенналардың артықшылықтары:

- кедергілерді ұстамайды;
- қолдану оңай.

Ал бұл модельдің кемшілігі болып оның қондырылуы мен баптауында және таратудың сенімсіздігінде. Яғни егер де станция белгісіз бір себептермен жұмыс істеуін тоқтатса, ғимараттағы сигналда жоғалады. (2.1 сурет)

2.1 сурет – Бағытталған модель

Бағытталған модельдің бағытталғандық диаграммасы 2.2 суретте көрсетілген.



Вертикальді диаграмма Горизонтальді диаграмма

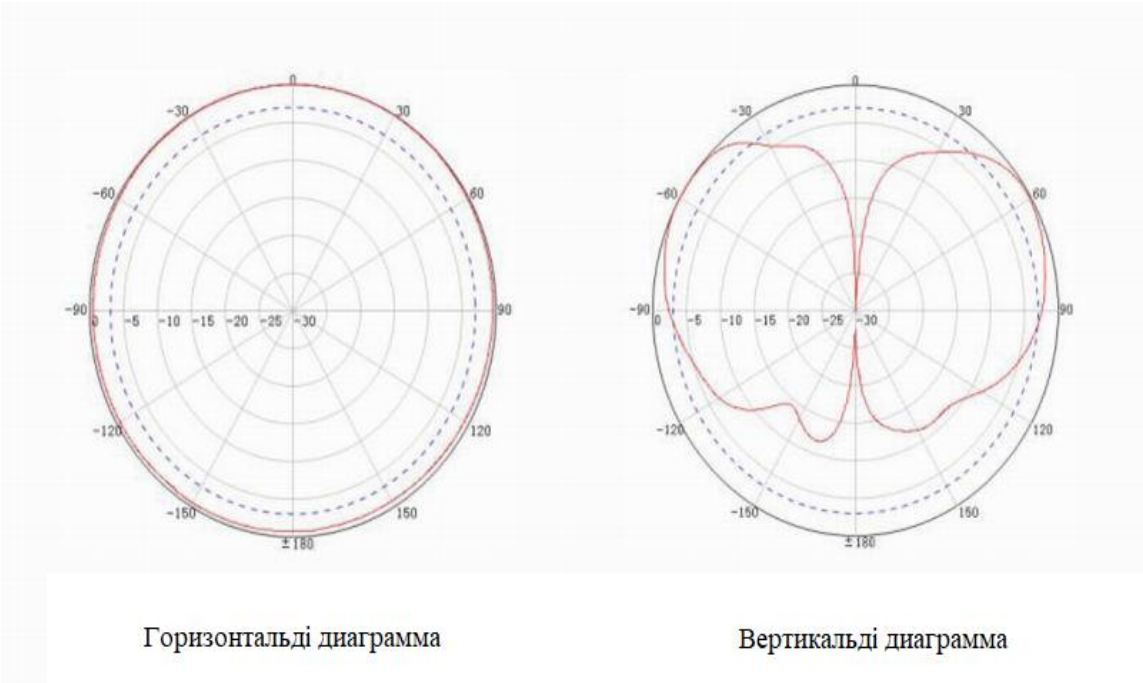
2.2 сурет – Бағытталған модельдің диаграммалары

2.2.2 Секторлық антенналар. Модельдің бұл түрі сигналды бірнеше станциядан бір уақытта қабылдай алады (2.3 сурет). Сонымен мұндай құрылғылар автоматты түрде ең жылдам «толқында» бапталып, жұмыс істей алады. Егер сигнал бір мұнарадан жоғалып кетсе, антенна бірден келесісіне ауысады. Бұл жағдайда ақпарат тарату нашарлауы мүмкін, бірақ жоғалмайды [10].

Бұл антенналардың қымбаттылығынан басқа кемшіліктері жоқ.

2.3 сурет – Секторлық антенна

Секторлық антенналар 30, 60, 90, 120 және 180 градустарындағы вертикальды және горизонтальды поляризациясымен бөлінеді (2.4 сурет).



2.4 сурет – Секторлық антеннаның диаграммалары

2.2.3 Бүкілбағытты модельдер. Бұл модельді антенналардың жұмыс істеу принципі секторлық антенналарға ұқсайды (2.5 сурет). Бірақ бұл антенналар сигналды толықтай 360 градуста қабылдайды. Бұл құрылғының басты артықшылығы болып оның тұрақты таратуды қамтамасыз етуінде. Алайда бұған қарамастан таратудың жылдамдығы бұл антенналарда сондай қатты жылдам емес.

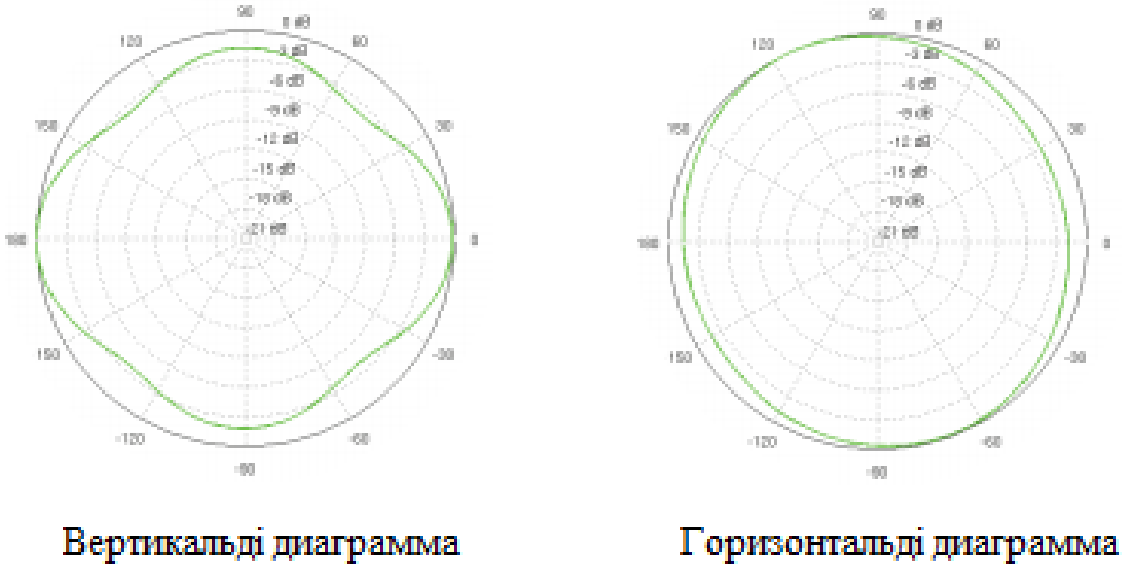
Бұл антенналарды әдетте сигнал жолында кедергілер көп болған жағдайда қолданады. Көбінесе көп қабатты үйлерде қолданады [11].

2.5 сурет – Бүкілбағытты модель

Маршрутизатордың антенналары да бүкілбағытты модельдерге жатады (2.6 сурет). Яғни бұлардың антенналарын бір бағытқа бағыттаудың қажеті жоқ. MIMO роутерлерінде осындай антенналардың саны кемінде екеу болады, және бұлардың жақсы жұмыс жасауы үшін вертикальды түрде орнатқан дұрыс.

2.6 сурет – Маршрутизатордың антеннасы

Бүкілбағытты антеннаның бағытталғандық диаграммасы 2.7 суретте көрсетілген:



2.7 сурет – Бүкілбағытты модельдің диаграммасы

2.3 MIMO технологиясында қолданылатын антенналар

Радиобайланыста антеннаның түрі көп. MIMO технологиясында қолданылатын антенналар мыналар [12]:

- панельді;
- Яги;
- параболалық.

Бұл құрылғылар ақпараттарды таратуда максимальды жылдамдықты қамтамасыз етеді. Бірақ бұлардың бағалары басқа антенналарға қарағанда қымбаттау болады.

2.3.1 Панельді антенналар. Ең көп таралған антенналардың бірі ол – панельді антенналар. Осы антенналар арқылы мобильді станцияларға сигналдар таратылады және қабылданады. Панельді антенналар секторлық антенналар классына жатады. Панельді антенна 2.8 суретте көрсетілген.

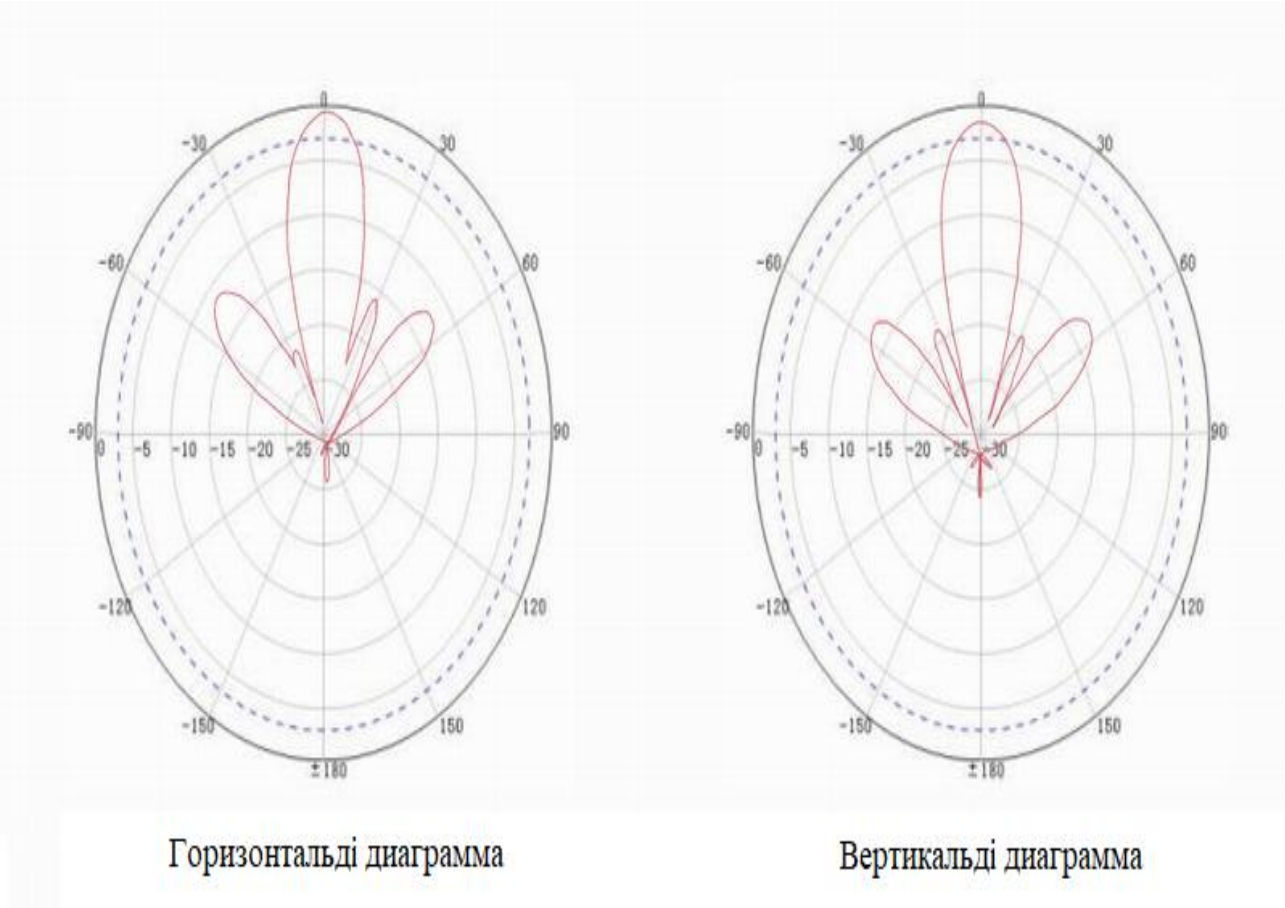
Бұл антенналардың жиілік жолағы – 1ГГц-тен 6ГГц аралығында [13].

Бұл типті құрылғылардың сигналды қабылдау қабілеті жаман емес. Бір қабаттан биік үйлерде бұл антеннаны діңгекке емес, жай ғана қабырғаға – арнайы кронштейндерге монтаждауға болады. Бұл антенналар өз атын панельді еске түсіретін рефлектор формасы үшін алды.

1. Панельді антенна;
2. Базалық станцияның сыртқы блогы;
3. Радиомодуль.

2.8 сурет – Панельді антенна

Қазіргі кезде панельді антенналардың әртүрлі типтері шығарылуда. Олардың басты пайдалы айырмашылығы олардың антеннаның бағытталғандық диаграммасында. Негізгі күлтенің ашылуы 30 градустан 90 градусқа дейін болады, бірақ орташа алғанда 60-75 градус аралығында болады. Панельді антеннаның бағытталғандық диаграммасы 2.9 суретте көрсетілген.



2.9 сурет – Панельді антеннаның диаграммалары

2.3.2 Яги антенналары. Бұл «баспалдақты» еске салатын көлденең шағылыстырғыш өзегі бар көпшілікке танымал, қызықты атаулы құрылғылар (2.10 сурет). Көбінесе мұндай модельдерді көк түске бояйды.

Яги антенналарының жиілік диапазоны: 30МГц-ден 3ГГц-ке дейін [14].

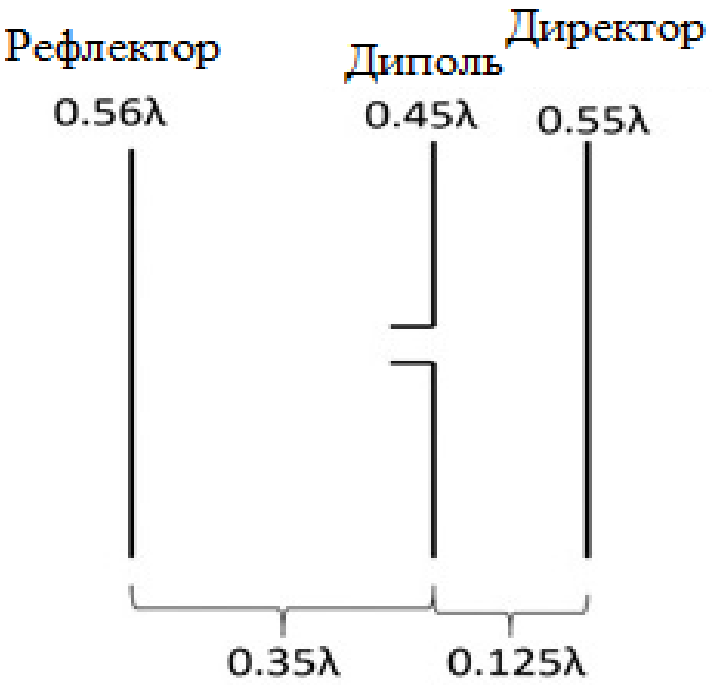
Яги антенналарының артықшылықтары:

- күшейтудің жоғары коэффициенті жетілдірілген;
- жоғары бағытталу;
- қолдану оңай;
- энергияның аз мөлшері бекерге жұмсалады;
- сату бағасы төмен

Бірақ сигналды олар басқаларына қарағанда өте жаман қабылдайды.

2.10 сурет – Яги антеннасы

Бұл Яги антеннаны құрастыру үшін 2.11 суреттегі және 2.1 кестедегі техникалық талаптар орындалу қажет:

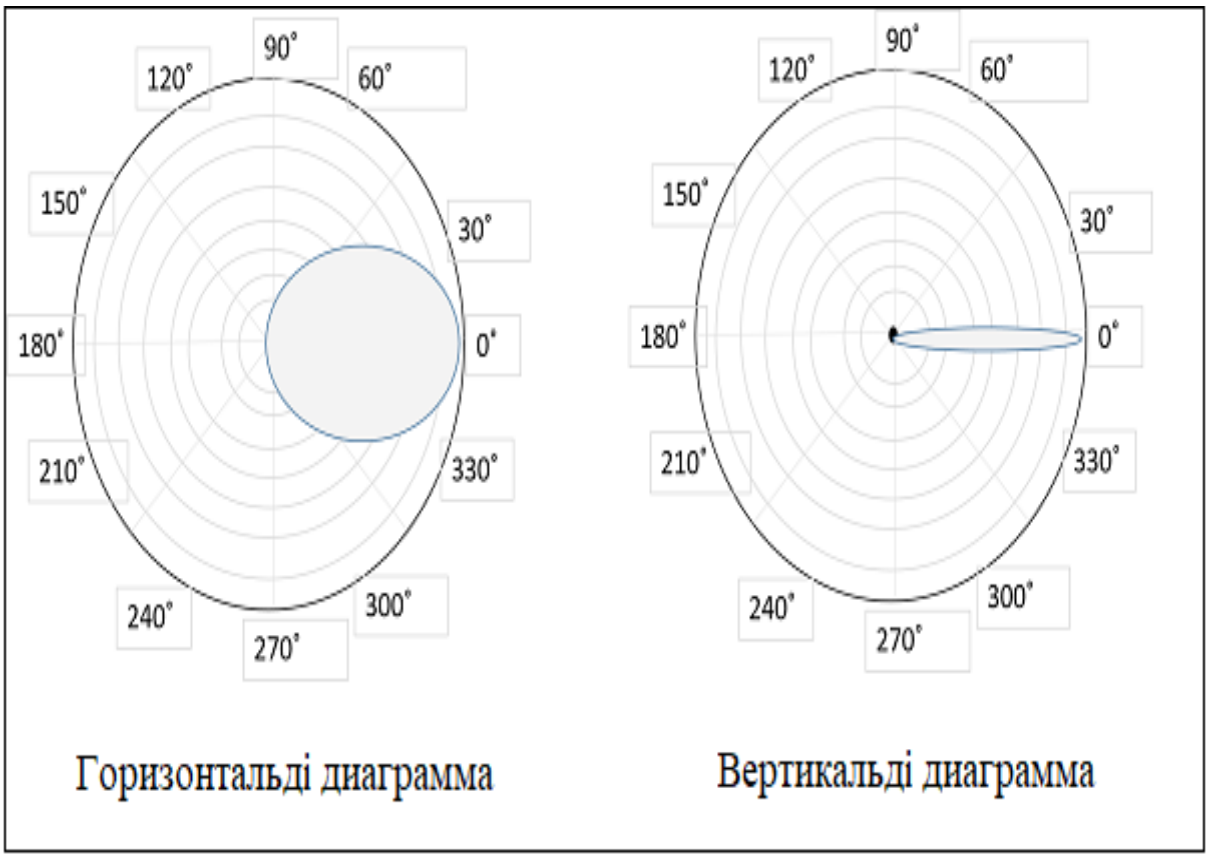


2.11 сурет – Яги антеннасының проектісі

2.1 кесте – Яги антеннасының техникалық талаптары

Элемент	Сипаттама
Жетекші элементтің ұзындығы	0,458 - 0,5
Рефлектордың ұзындығы	0,55 – 0,58
1-директордың ұзындығы	0.45λ
2-директордың ұзындығы	0.40λ
3-директордың ұзындығы	0.35λ
Директорлар арасының қашықтығы	0.2λ
Рефлектордың дипольдар арасындағы қашықтығы	0.35λ
Диполь мен директордың арақашықтығы	0.125λ

Яги антеннасының бағытталғандық диаграммасы 2.12 суретте көрсетілген:



2.12 сурет – Яги антеннасының диаграммалары

2.3.3 Параболалық антенналар (2.13 сурет). Бұл антенналар Яги мен панельді антеннаға қарағанда жақсырақ қабылдайды. Бірақ бағасы да оның қымбатырақ. Мұндай модельдер параболалық торлы шағылыстырғышпен жабдықталған.

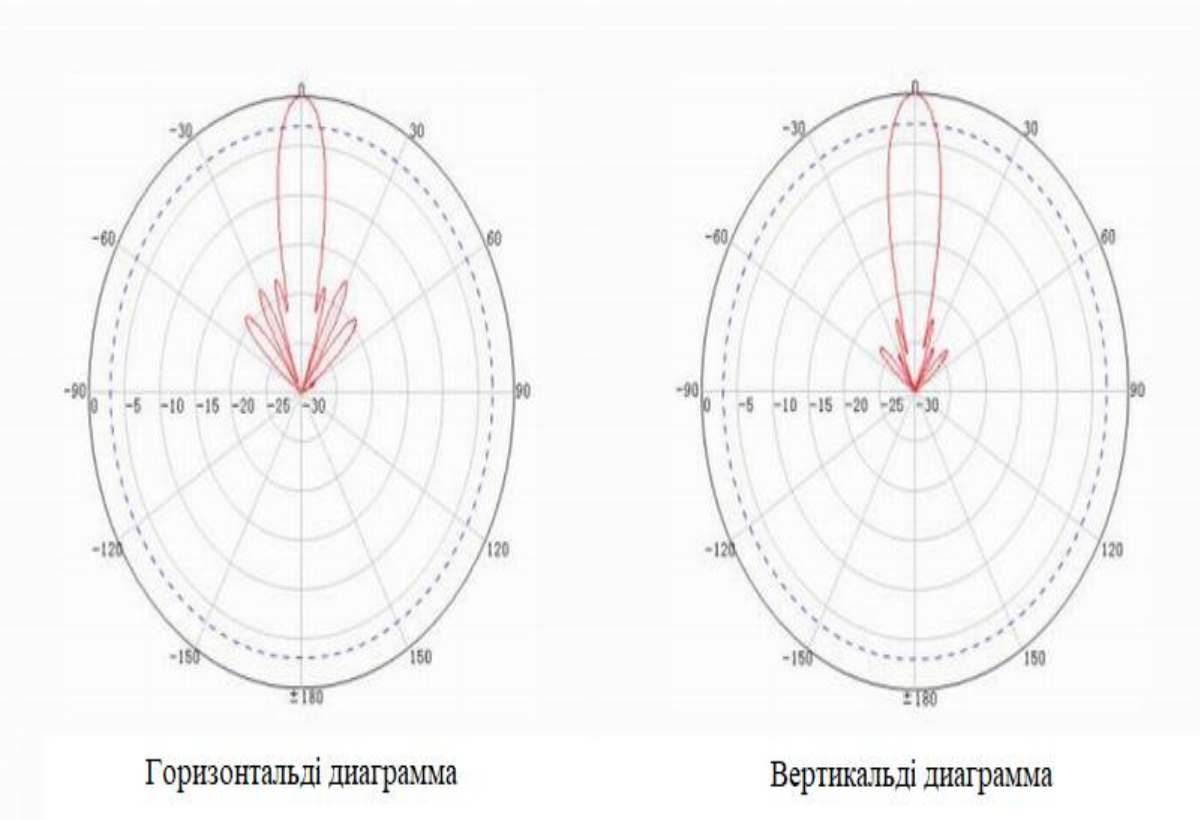
Параболалық антеннаның жиілік диапазоны 2МГц-тен жоғары [15].

2.13 сурет – Параболалық антенна

Параболаның ерекшелігі:

- Фокустан таралған барлық толқындар қайтадан парабола осіне қайтарылады. Сондықтан, апертураға жеткен барлық толқындар фазада болады;
- Толқындар фазада болғандықтан, параболалық ось бойымен сәулелену күшті және шоғырланған болады.

Параболалық антеннаның вертикальді және горизонтальді диаграммалары 2.14 суретте көрсетілген.



2.14 сурет – Параболалық антеннаның диаграммалары

Параболалық антенналардың артықшылықтары:

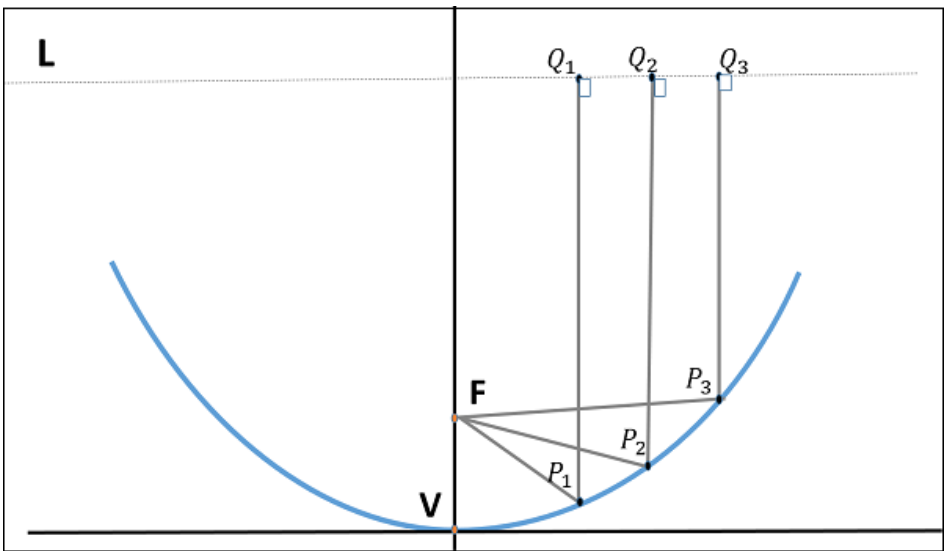
- шағын үлестердің азаюы;
- қуат шығыны азаяды;
- балама фокустық қашықтыққа қол жеткізіледі;
- таспаны кез-келген жерге орналыстыруға болады;
- сәулені реттеу шағылысатын беттерді реттеу арқылы жасалады.

Кемшілігі:

- параболалық антеннадан қайтарылатын кейбір қуаттың бөлшегі қиындатылған, бұл кішкентай параболаларға мәселе болып табылады.

Параболаның стандартты анықтамасы – Локус нүктесі қозғалысы фокус нүктесінен қашықтығы мен түзуден қашықтығы тұрақты болатын қозғалыс.

2.15 суретте параболаның геометриясы көрсетілген. Мұнда F – фокус, V –басы. F және V нүктелерін қосатын линия симметрия осі болып табылады. PQ – бұл қайтарылған сәулелер. L – түзу линия болып табылады, ол линияда қайтарылған нүктелер жатыр (бұл осы нүктелердің коллиниярлы екенін көрсету үшін керек). Демек, жоғарыда айтылған мәлімет бойынша, F және L арасындағы қашықтық фокусталушы толқындар турасында тұрақты болып табылады.



2.15 сурет – Параболалық антеннаның геометриясы

2.4 Тапсырманың қойылымы

Қазіргі кезде, бірнеше таратушы антеннаны қолданатын MIMO технологиясының пайда болуымен, жүйенің кедергіге төзімділігі мен өткізу қабілетін зерттеу үлкен қызығушылық тудырып отыр.

Осы дипломдық жұмыстың мақсаты – MIMO технологиясын қолданатын жүйелердің радиобайланыстағы кедергіге төзімділік пен өткізу қабілетін таратушы және қабылдаушы антенналардың сипаттамаларын қолдана отырып және сигналдардың корреляциясын қолданып зерттеу болып табылады.

Зерттеудегі осы мақсат келесі бағыттар бойынша жаңа әдістерді өңдеуді талап етеді:

- MISO технологиясының кедергіге төзімділігін оның біркелкі емес аралық каналдары және бірнеше корреляцияның болуымен әдістерді өңдеу;
- SIMO технологиясының кедергіге төзімділігін оның біркелкі емес аралық каналдары және бірнеше корреляцияның болуымен әдістерді өңдеу;
- MIMO технологиясының кедергіге төзімділігін оның біркелкі аралық каналдарының бірнеше корреляцияның болуымен әдістерді өңдеу;
- MIMO және MISO жүйелерінің 2, 3 және 4 қабылдаушы және таратушы антенналары үшін кедергіге төзімділк және өткізу қабілетін сигналдар арасындағы бірнеше корреляциялықтың болуын үлкен өлшемді матрицалардан өзіндік сандарды іздеу арқылы анықтайтын программды және компьютерлі моделін MATLAB бағдарламасында жасау.

3 Компьютер моделі негізіндегі тәжірибелік зерттеу

3.1 MISO/SIMO жүйелерінің біртекті емес және уақыт бойынша тұрақты емес арналардың кедергіге төзімділігін есептеуге арналған модель

MISO және SIMO жүйелерінің алгоритмінің біртекті емес және уақыт бойынша тұрақты емес арналар үшін құрылымдық сұлбасы 3.1 суретте көрсетілген.

Алгоритм келесі кезеңдерден тұрады (3.1 сурет):

1.Мәліметтерді енгізу. Олар MISO жүйесі үшін M тарататы немесе SIMO үшін N қабылдайтынантенналардың саны және *rTX* пен *rRX* корреляция коэффициентінің мәні.

2. MISO/SIMO жүйелері үшін корреляциялық матрица түрін таңдау.

$$R_{TX} = \begin{bmatrix} 1 & r_{TX} & r_{TX}^{M-1} & \dots & r_{TX}^{M-1} \\ r_{TX} & 1 & r_{TX} & \dots & \\ r_{TX}^{2} & r_{TX} & 1 & \dots & r_{TX}^{M-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & r_{TX} \\ r_{TX}^{M-1} & \dots & r_{TX}^{2} & r_{TX} & 1 \end{bmatrix}, R_{RX} = \begin{bmatrix} 1 & r_{RX} & r_{RX}^{2} & \dots & r_{RX}^{M-1} \\ r_{RX} & 1 & r_{RX} & \dots & \dots \\ r_{RX}^{2} & r_{RX} & 1 & \dots & r_{RX}^{2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & r_{RX} \\ r_{RX}^{M-1} & \dots & r_{RX}^{2} & r_{RX} & 1 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

мұндағы, *rTX, rRX* – сәйкесінше, қабылдау және беру жақтарындағы корреляция коэффициенттері.

3.**H** беріліс коэффициенттерінің ерікті матрицасын құру.

$$\mathbf{H}_{MISO} = \sqrt{0.5} rand(1, M) + j \cdot rand(1, M). \quad (3.2)$$

мұндағы, *M* - таратушы антенналардың көрсетілген саны;

j - жалған бірлік;

rand - байланыс жүйелерін модельдеу үшін көптеген математикалық пакеттерде қолданылатын тәуелсіз және тең бөлінген кездейсоқ шамаларды құруға арналған функция.

4. Арнаның корреляциялық матрицасын кеңейту.

$$\mathbf{H}_{MISO(R)} = \mathbf{R}_{TX}^{1/2} \mathbf{H}_{MISO} \quad (3.3)$$

Пайдаланылған MISO (3.5) немесе SIMO (3.4) жүйесіне байланысты **KQR** матрицасының құрылысы.

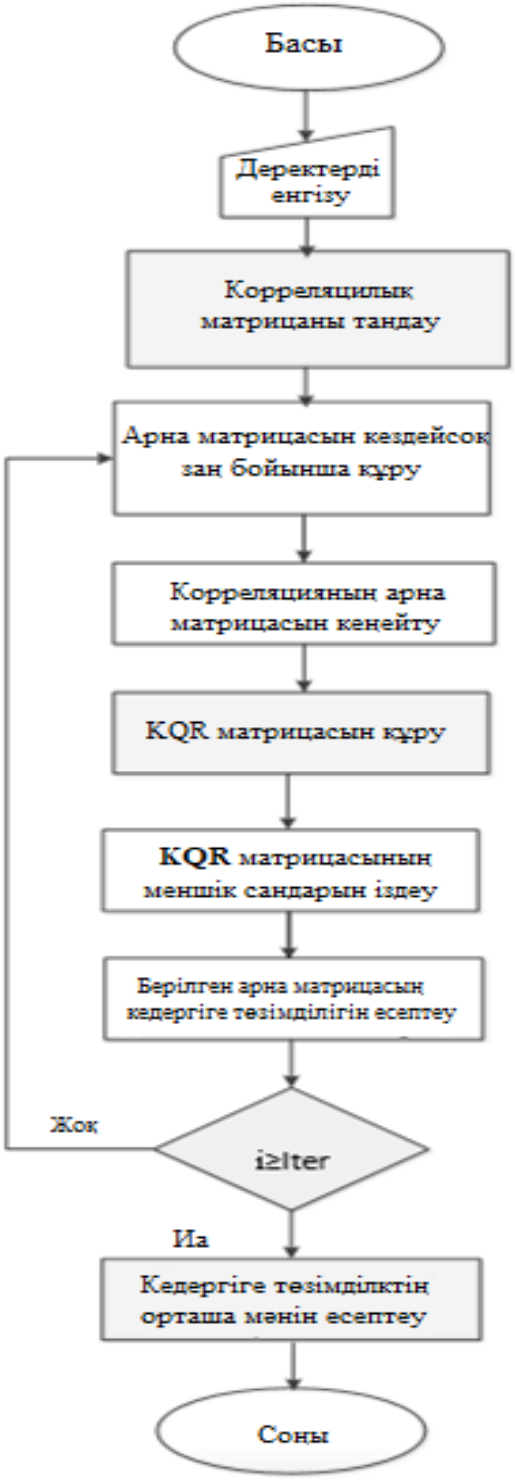
$$\mathbf{KQR}_{SIMO} = \begin{bmatrix} \frac{|h_1|^2 E_b}{2N_0} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{|h_2|^2 E_b}{2N_0} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{|h_M|^2 E_b}{2N_0} \end{bmatrix} \tag{3.4}$$

$$\mathbf{KQR}_{MISO} = \begin{bmatrix} \frac{|h_1|^2 E_b}{2MN_0} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{|h_2|^2 E_b}{2MN_0} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{|h_M|^2 E_b}{2MN_0} \end{bmatrix} \tag{3.5}$$

5. **KQR** матрицасының меншік сандарын есептеу

$$\left|\mathbf{KQR} - \lambda \mathbf{I}\right| = 0, \tag{3.6}$$

$$\rho_{ОШ} = M\left\{\frac{1}{2}\left[1 - \sum_{k=1}^{n} \frac{\lambda_k^{n-1}}{\prod_{p \neq k}^{n}{}_{p=1} (\lambda_k - \lambda_p)} \sqrt{\frac{\lambda_k}{1+\lambda_k}}\right]\right\} \tag{3.7}$$



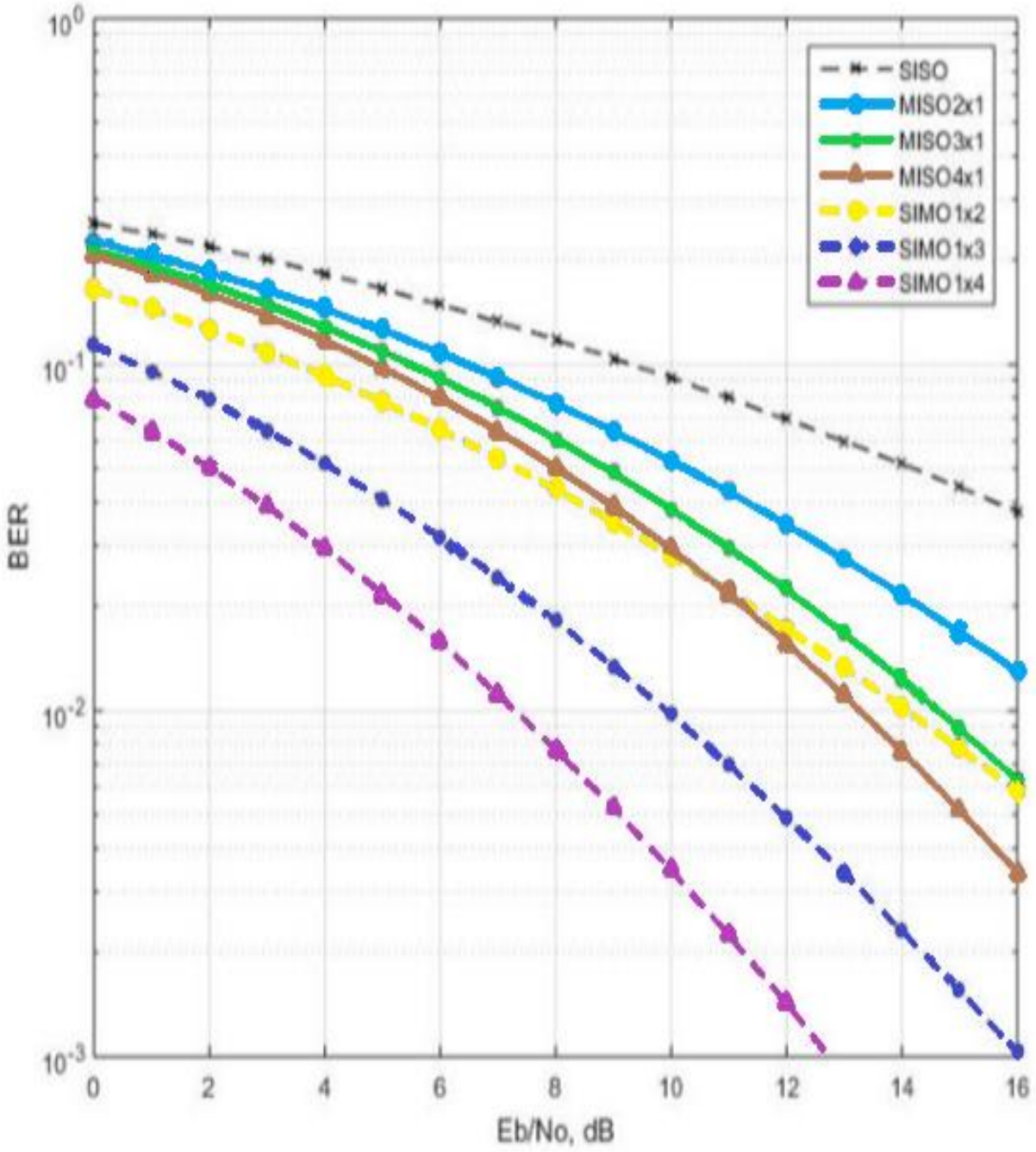
3.1 сурет – MISO және SIMO жүйелері үшін біртекті және тұрақты уақыттық арнадағы кедергіге төзімділікті есептеу алгоритмінің құрылымдық сұлбасы.

Ұсынылған құрылымдық сұлбаға сәйкес Matlab бағдарламасының коды (3.1 сурет) [16]:

```
function MISOFUN(kol,color,r,P)
```

```
%r–корреляция коэффициентінің мәні
%kol -қабылдап-таратушы антеннаның саны
%color -қисықты салудың стилі мен түсі
%P-антенналар арасындағы қуатты бөлу
%MISO/SIMO жүйесін таңдау
s=20; h_plot=zeros(1,s);
for(h=0:s-1) h_plot(h+1)=h;end
MAS=zeros(1,s); Iter=1e4;
%Таратушы антеннаның санын таңдау
if(kol==4)R=[1 r r^2r^3;r1 r r^2;r^2 r1 r; r^3 r^2 r1]; end if(kol==3)R=[1 r r^2;r 1 r;
r^2 r1]; end
if(kol==2)R=[1 r;r1]; end for(e=1:Iter)
nT=kol; nR=1; sq2=sqrt(0.5);
% Арналық матрицаны құру
H =sq2*(randn(nT,nR)+1i*randn(nT,nR));
% Корреляцияның арна матрицасын кеңейту
H =R^(1/2)*H; K=abs(H.^2)./(2*P); Buf=0;
for(h=0:s-1) Q=10^(h/10); R=diag(K);
%Матрицаның меншік сандарын іздеу
Z=eig(R*Q); n=length(Z); for(k=1:n)
F(k)=Product(Z,k,n);
a(k)= (Z(k)^(n-1)/F(k))*sqrt(Z(k)/(1+Z(k))); Buf=Buf+a(k);
end MAS(h+1)=MAS(h+1)+0.5*(1-Buf); Buf=0;
end end MAS=MAS./(Iter);
% Кедергіге төзімділіктің қисығын тұрғызу
semilogy(h_plot,MAS,color,'LineWidth', 1.3,'MarkerSize', 5);gridon; hold on;
FinkMISOFUN=1;
end
function [Product]=Chisl(L,k,n) Product=1;
for(p=1:n)
if(p~=k)
Product=Product*((L(k)-L(p)));
end
end
```

3.2 суретте корреляциялық мәні 0,8 болатын тұрақсыз және біртектес емес арналар үшін ұсынылған, бағдарламада есептелген MISO және SIMO жүйелерінің кедергіге төзімділігінің графиктері көрсетілген.



3.2 сурет – 2, 3 және 4 антенналық MISO және SIMO жүйелеріндегі *r*= 0.8 кезіндегі *Eb*/*N*0-ге қателіктің мүмкіндігіне тәуелділігі, BPSK модуляциясы

3.2 суретте MISO жүйесіндегі таратушы антенналар арасындағы барлық қуатты біркелкі бөлу салдарынан SIMO жүйесіне қатысты MISO жүйесінің кедергіге төзеімділігінің жоғалғаны көрсетілген. Сонымен, *р*ош = 10-2 кезінде 2 антенналы жүйедегі шығын 2,5 дБ, 3 антенналы жүйеде шығын 5 дБ, ал 4 антенналы жүйеде шығын 6 дБ құрайды.

3.2 MIMO, MISO және SIMO жүйелері үшін біртекес және уақыт бойынша тұрақты арналарға арналған кедергіге төзімділікті есептеу моделі

Алгоритм келесі кезеңдерден тұрады (3.3 сурет):

1. Мәліметтерді енгізу. Олар MIMO, MISO, SIMO жүйелері үшін қабылдап-таратушы антенналарының саны және *rTX* және *rRX* корреляция коэффициентінің мәні.

2. Антенналар санына байланысты қабылдау және тарату жақтарындағы корреляциялық матрица түрін таңдау (3.1)

3. Кронекер туындысы арқылы MIMO жүйесі үшін жалпыланған корреляциялық матрицаны есептеу (3.8)

$$\mathbf{R}_M = \mathbf{R}_{TX}^T \otimes \mathbf{R}_{RX} \tag{3.8}$$

4.MIMO жүйесі үшін жалпыланған корреляциялық матрицаның меншікті мәндерін есептеу (3.9) немесе MISO және SIMO жүйелеріне ұқсас формулаларды қолдану (3.6).

5. Кедеріге төзімділікті есептеу:

$$\rho_{ОШ} = \frac{1}{2}\left[1 - \sum_{k=1}^{n} \frac{\lambda_k^{n-1}}{\prod\limits_{p \neq k}^{n}{}_{p=1} (\lambda_k - \lambda_p)} \sqrt{\frac{\lambda_k}{1+\lambda_k}}\right] \tag{3.9}$$

3.3 суретте бағдарламаның алгоритмі көрсетілген.

3.3 сурет – MIMO жүйесі үшін біртектес және уақыт бойынша тұрақты арнадағы кедергіге төзімділікті есептеу алгоритмінің құрылымдық сұлбасы

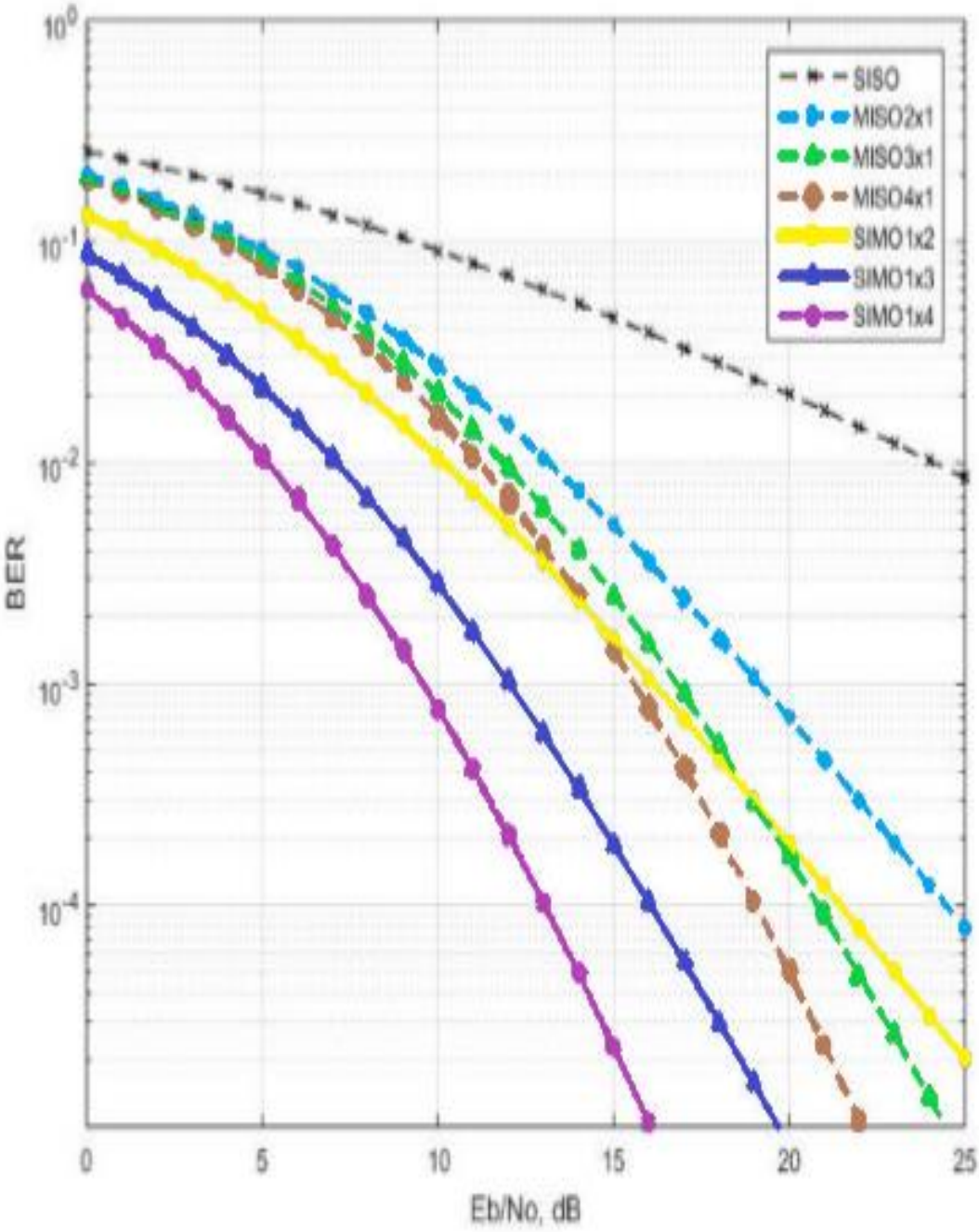
Ұсынылған құрылымдық сұлбаға сәйкес Matlab бағдарламасының коды (3.3 сурет):

```
function FORMULA(r,s,N,color,choose,P)
%r-корреляция коэффициенті
%s - сигнал-шум қатынасының максималды мәні
%N -қабылдап-таратушы антенналардың саны
%color -қисықты салудың стилі мен түсі
%choose =1 MIMO жүйесі,choose=0 MISO немесе SIMO жүйесі
%P мәніне байланысты
%P-антенналар арасындағы қуатты бөлу
h_plot=zeros(1,s);  e1=1e-3;e2=1e-4;
for(h=0:s-1)
h_plot(h+1)=h;
end
%Таратушы антенналар санын таңдау
if(N==4) R=[1 r r^2 r^3; r 1 r r^2; r^2 r 1 r; r^3r^2 r1];end if(N==3) R=[1 r r^2; r1 r
; r^2 r 1];end
if(N==2) R=[1 r;r1];end
%MISO немесе MIMO жүйесін таңдау if(choose==1)masive=kron(R,R);end
if(choose==0)masive=R;end
n=length(masive);
%Матрицаның меншік сандарын іздеу
EigValue=eig(masive);
for(h=1:n-1)
if( abs(EigValue(h)-EigValue(h+1))<e1 ) EigValue(h+1)=EigValue(h+1)+e2;
end end n=length(EigValue); EigBER=zeros(1,s); Buf=0;
for(h=0:s-1) h_razi=10^(h/10); Lambda=EigValue*(h_razi/(2*P));
for(k=1:n) F(k)=Product(Lambda,k,n);
a(k)=(Lambda(k)^(n-1)/F(k))*sqrt(Lambda(k)/(1+Lambda(k))); Buf=Buf+a(k);
end
EigBER(h+1)=0.5*(1-Buf); Buf=0;
end
semilogy(h_plot,EigBER,color,'LineWidth', 1,'MarkerSize', 5);grid on;
hold on;
end
```

3.4 суретте корреляциялық мәні 0,8 болатын тұрақты және біртектес арналар үшін ұсынылған, бағдарламада есептелген MISO және SIMO жүйелерінің кедергіге төзімділік графиктері көрсетілген.

3.4 суретте MISO жүйесі антенналар арасындағы қуаттың біркелкі бөлінуіне байланысты SIMO жүйесіне кедергіге төзімділік бойынша ұтылып жатқаны көрсетілген. *р*ош =10-3 кезінде $MISO_{2x1}$ және $SIMO_{1x2}$ арасындағы ұтылыс 3 дБ құрайды, $MISO_{3x1}$ және $SIMO_{1x3}$ үшін - 5 дБ, $MISO_{4x1}$ және

$SIMO_{1x4}$ - 6 дБ, яғни SIMO-ға қатысты MISO жүйелерінің ұтылуы антенналардың жалпы санына байланысты артады.

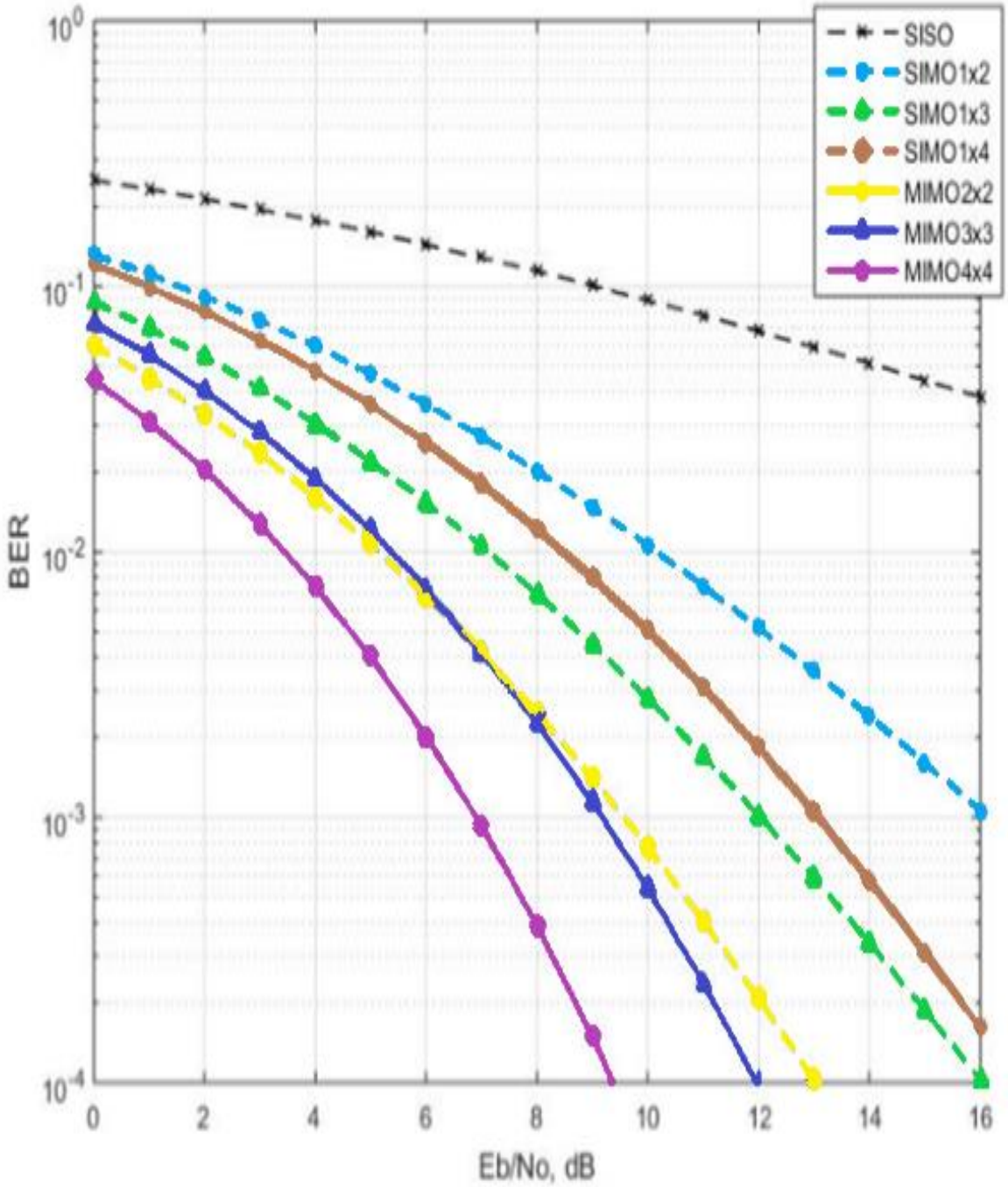


3.4 сурет – MISO және SIMO жүйелері үшін *r*= 0.8 кезіндегі *Eb*/*N*0қателіктің ықтималдығына тәуелділігі, BPSK модуляциясы

3.5 суретте корреляциялық мәні 0,8 болатын тұрақты және біртектес арналар үшін ұсынылған, бағдарламада есептелген SIMO және MIMO жүйелерінің кедергіге төзімділік графиктері көрсетілген.

3.5 суретте көрсетілгендей, бір жағынан антенналардың жалпы санының артуы, ал екінші жағынан - қуатты біркелкі бөлу *р*ош =10-3 кезінде келесі

нәтижеге қол жеткізуге мүмкіндік береді: $MIMO_{2x2}$ мен $SIMO_{1x2}$ арасындағы ұтыс - 3 дБ; $MIMO_{3x3}$ және $SIMO_{1x3}$– арасындағы ұтыс - 3 дБ, $MIMO_{4x4}$ мен $SIMO_{1x4}$ арасындағы ұтыс - 2,5 дБ.

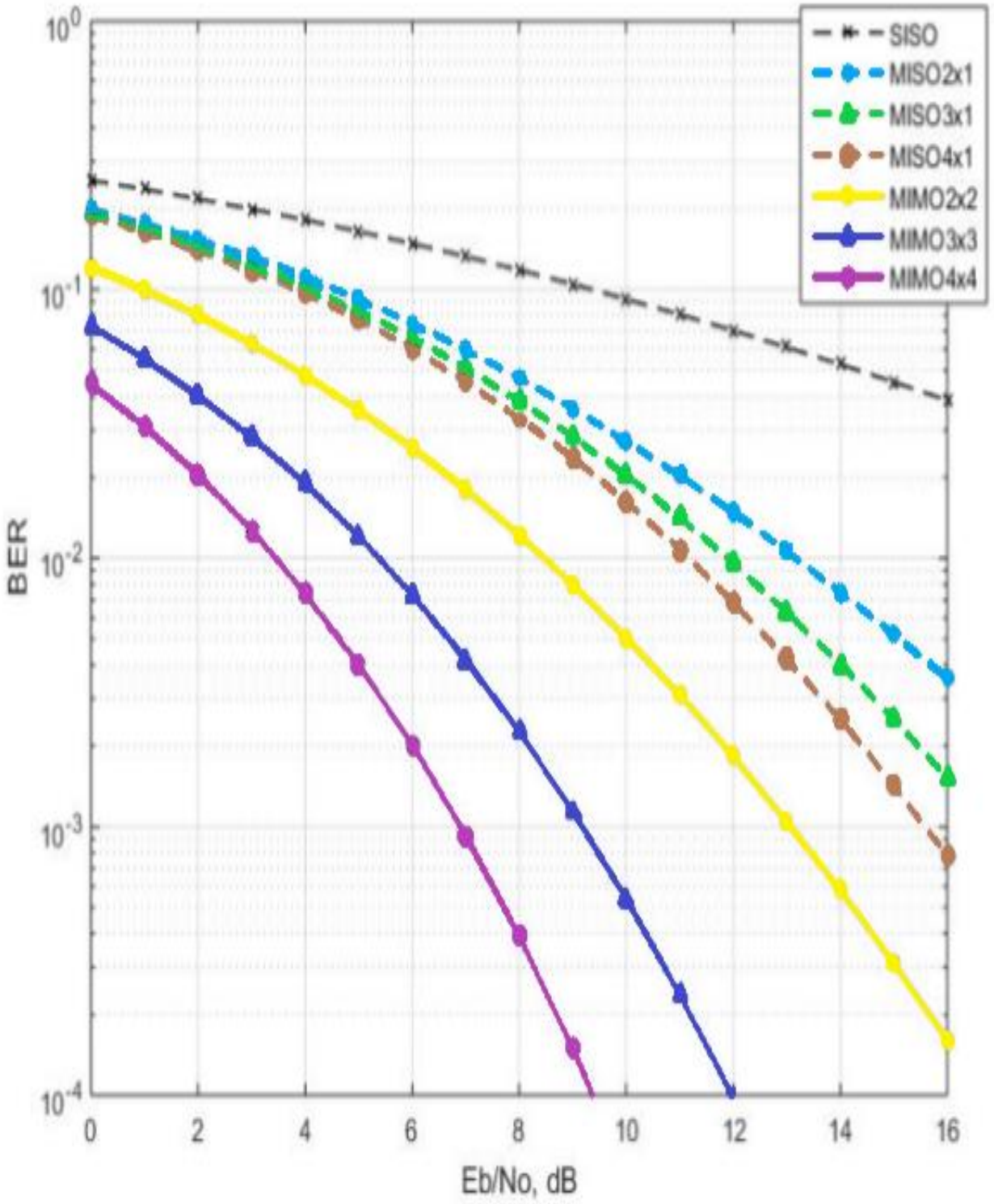


3.5 сурет – SIMO және MIMO жүйелері үшін *r*= 0.8 кезіндегі *Eb*/*N*0қателіктің ықтималдығына тәуелділігі, BPSK модуляциясы

3.5 суретте корреляциялық мәні 0,8 болатын тұрақты және біртектес арналар үшін ұсынылған, бағдарламада есептелген MISO және MIMO жүйелерінің кедергіге төзімділік графиктері көрсетілген.

3.6 суретте көрсетілгендей, *р*ош = 10-2 кезінде: $MIMO_{2x2}$ мен $MISO_{1x2}$

арасындағы ұтыс 5,5 дБ құрайды; $MIMO_{3x3}$ және $MISO_{1x3}$ арасындағы ұтыс - 7 дБ, $MIMO_{4x4}$ және $MISO_{1x4}$ арасындағы ұтыс - 8 дБ.



3.6 сурет – MISO және MIMO жүйелері үшін *r*= 0.8 кезіндегі *Eb*/*N*0 қателіктің ықтималдығына тәуелділігі, BPSK модуляциясы

3.3 MIMO жүйесінің спектрлік тиімділігін есептеу үшін арна матрицасының сингулярлы ыдырауына негізделген модель

Алгоритм келесі кезеңдерден тұрады (3.7 сурет):

1. Мәліметтерді енгізу. Олар MIMO жүйесі үшін қабылдап-таратушы антенналарының саны және *rTX* және *rRX* корреляция коэффициентінің мәні.

2. Антенналар санына байланысты қабылдау және тарату жақтарындағы корреляциялық матрица түрін таңдау (3.1) және арна матрицасын құру(3.2).

3. Арнаның корреляциялық матрицасын кеңейту

$$\mathbf{H} = \mathbf{R}_{TX}^{1/2}\mathbf{H}\mathbf{R}_{RX}^{1/2} \tag{3.10}$$

4. Сингулярлық сандарды есептеу (3.10) және спектрлік тиімділікті есептеу.

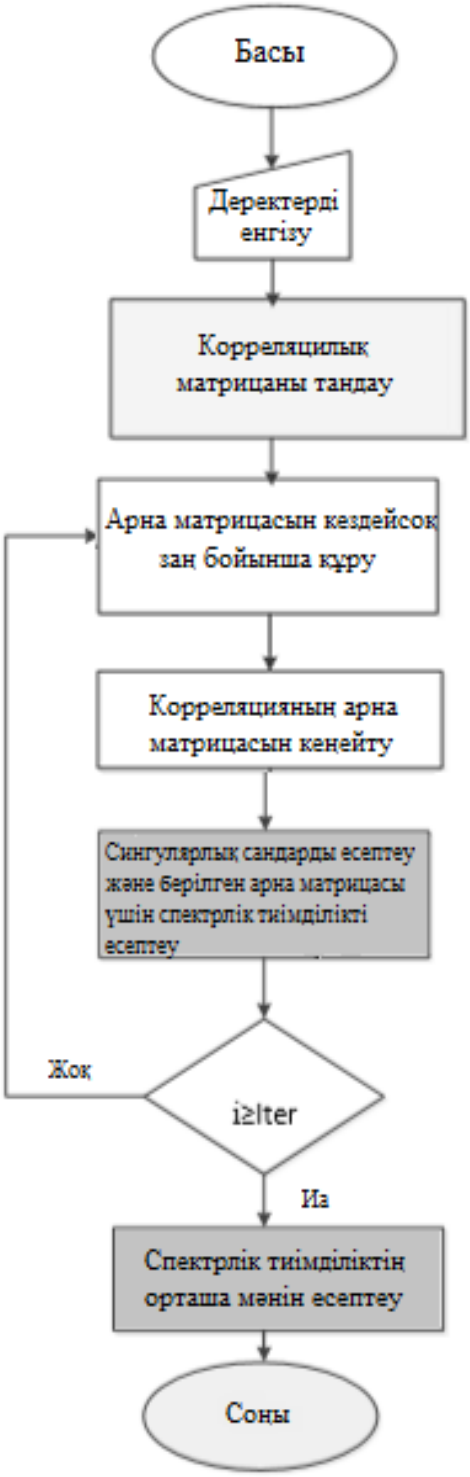
$$C = M\left\{\log_2 \det(\mathbf{I} + \frac{E_b}{M \cdot N_0}\mathbf{P} \cdot \Lambda)\right\} \tag{3.11}$$

мұндағы, Λ–корреляцияны ескергендегі, ұсынылған матрицаның сингулярлы сандардың квадраты;

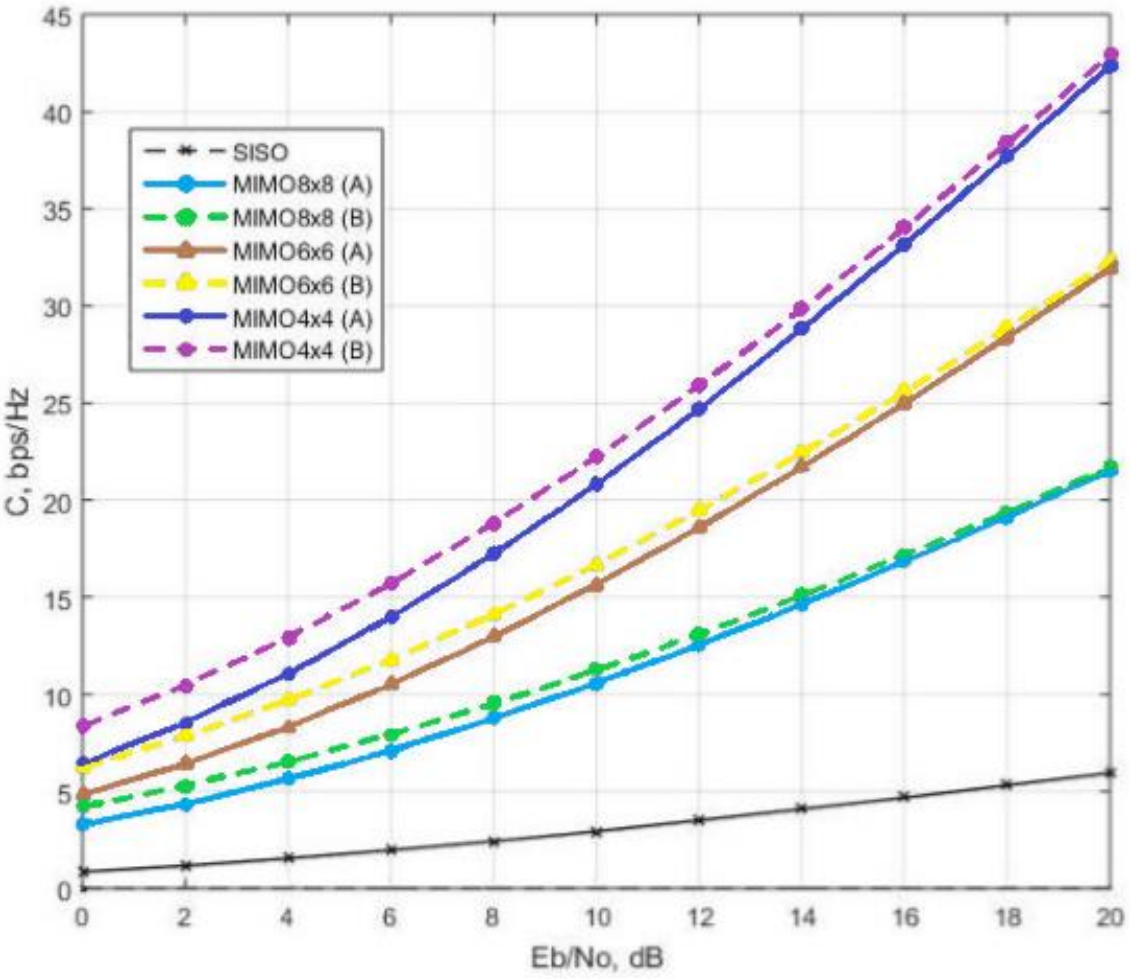
P–p_i элементтері бар диагональды қуат матрицасы;

3.7 суретте бағдарламаның алгоритмі көрсетілген.

3.8 суретте MIMO жүйесінің әртүрлі әдістері үшін корреляциялық мәні 0,3 кезіндегі суды толтыру [17] мен қуатты біркелкі бөлу үшін спектрлік тиімділіктің салыстырылуы көрсетілген. 3.8 суретте көрсетілгендей, C = 15 бит/с/Гц кезінде $MIMO_{8x8}$ үшін су құю алгоритмінің ұтысы 1,5 дБ құрайды, $MIMO_{6x6}$ үшін 0,8 дБ, $MIMO_{4x4}$ үшін 0,3 дБ құрайды.



3.7 сурет – MIMO жүйесінің спектрлік тиімділігін арна матрицасының сингулярлы ыдырауы кезіндегі есептеу алгоритмнің құрылымдық сұлбасы.



3.8 сурет – Әртүрлі MIMO жүйелері үшін біркелкі бөлінген қуат жағдайында және су құю алгоритмін қолдану үшін спектрлік тиімділік, *r*=0.3

Төменде бағдарламаның коды көрсетілген.

```
function CapFUN(kol,color1,color2,r)
%r-корреляция коэффициентінің мәні
%kol -қабылдап-таратушы антенналардың саны
%color1, color2-қисықты салудың стилі мен түсі
SNR_dB=[0:2:20];SNR_linear=10.^(SNR_dB/10.); N_iter=1e3;
%Коррляциондыматрицалар
if(kol==4)R=[1 r r^2r^3; r1 r r^2; r^2 r 1r; r^3r^2 r1];end if(kol==6)R=[1 r r^2r^3
r^4 r^5;  r 1 r r^2 r^3r^4;
r^2 r1 r r^2 r^3;     r^3 r^2 r 1 r r^2;
r^4 r^3 r^2 r1 r;     r^5 r^4 r^3 r^2 r 1];end

if(kol==8)R=[1 r r^2r^3 r^4 r^5 r^6 r^7;  r 1rr^2 r^3 r^4 r^5 r^6;
r^2 r1 r r^2 r^3r^4 r^5;   r^3 r^2 r 1 rr^2 r^3 r^4;
r^4 r^3 r^2 r1 rr^2 r^3;   r^5 r^4 r^3 r^2r1 r r^2;
```

```
r^6 r^5 r^4 r^3r^2 r1 r;   r^7  r^6 r^5r^4 r^3 r^2 r 1];end

nT=kol; nR=kol;  n=min(nT,nR); I=eye(n); sq2=sqrt(0.5);
C_44_OL=zeros(1,length(SNR_dB)); C_W_CL=zeros(1,length(SNR_dB));
foriter=1:N_iter
% Арна матрицасын құру
H =sq2*(randn(nT,nR) +j*randn(nT,nR));
% Корреляционды арна матрицасын кеңейту
if(kol~=1)H=R^(1/2)*H *R^(1/2);end
%Сингулярлы сандардың квадратын іздеу
tmp =H'*H/nT;  SV= eig(H'*H);
fori=1:length(SNR_dB)
C_44_OL(i)=C_44_OL(i)+log2(det(I+SNR_linear(i)*tmp));
%Су құю алгоритмінің функциясы
GW=Water(SV,SNR_linear(i),nT);
C_W_CL(i)=C_W_CL(i)+log2(det(I+SNR_linear(i)/nT*diag(GW)*diag(SV)));
end end
%Қуаттың біркелкі бөлінуі кезіндегі спектральді тиімділік
C_44_OL=real(C_44_OL)/N_iter;
%Су құю алгоритмі үшін спектральды тиімділік
C_W_CL=real(C_W_CL)/N_iter;
plot(SNR_dB, C_44_OL,color1,'LineWidth', 1,'MarkerSize', 4);
hold on,plot(SNR_dB, C_W_CL,color2,'LineWidth', 1,'MarkerSize', 4);
grid on;
xlabel('Eb/No, dB');ylabel('C, bps/Hz'); CapFUN=1;
end

function [GW]=Water(Lamda,SNR,nT)
%Су құю алгоритмінің функциясы
%Lamda –сингулярлы сандар
%SNR -қазіргі кездегі сигнал/шум қатынасы
%nT -қабылдап-таратушы антенналардың саны
a=0;GW=zeros(1,length(Lamda)); mas_sigma=zeros(1,length(Lamda));
sigma_invert=zeros(1,length(Lamda)); Test=zeros(1,length(Lamda));
Canceled=ones(1,length(Lamda)); P=nT;
N=P/SNR; mas_sigma=Lamda/N; q=1;r=length(Lamda); n=nT;
while q<r a=0;
for i=1:nT
if(Canceled(i)~=0) sigma_invert(i)=1/mas_sigma(i); a=a+sigma_invert(i);
end end
sigma0_invert= (P+a)/n; for(i=1:nT) if(Canceled(i)~=0)
GW(i)=sigma0_invert-sigma_invert(i);
sum(GW);
end end
```

```
for i=1:n
if(GW(i)<0&&GW(i)~=0) Canceled(i)=0; sigma_invert(i)=0; GW(i)=0;
n=n-1;
end end q=q+1;
end
```

3.4 Арна матрицасының сингулярлы ыдырауына негізделген MIMO жүйесінің кедергіге төзімділігін есептеу моделі

Алгоритм келесі кезеңдерден тұрады (3.9 сурет):

1. Мәліметтерді енгізу, олар MIMO жүйесі үшін M таратушы антенналардың саны мен N қабылдаушы антенналардың саны және r корреляция коэффициентінің мәні.
2. Корреляциялық матрицаның түрін таңдау (3.1)
3. Жалпы **R**MIMOкорреляциялық матрицасын есептеу (3.8)
4. **H** беріліс коэффициенттерінің ерікті матрицасын құру.

$$\mathbf{H} = \sqrt{0.5} \cdot rand(N, M) + j \cdot rand(N, M) \tag{3.12}$$

мұндағы, N және M – сәйкесінше қабылдаушы және таратушы антенналардың саны.

5. Корреляцияның арналық матрицасын кеңейту (3.10).
6. Арна матрицасының сингулярлы ыдырауы [18-21].
7. KQ матрицасын тұрғызу

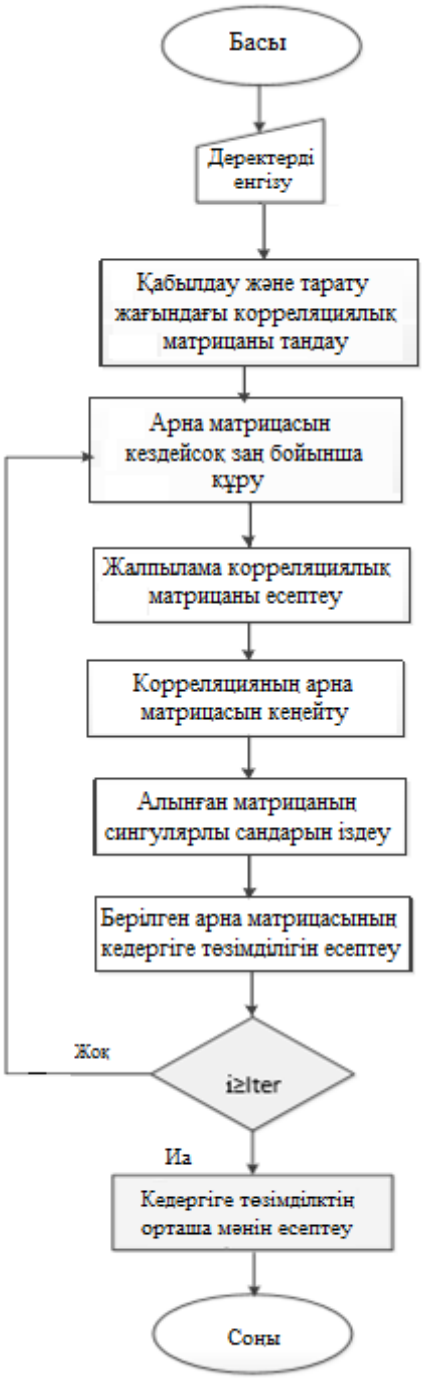
$$\mathbf{KQR}_{MIMO} = \begin{bmatrix} \frac{\eta_1 p_1 E_b}{2MN_0} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{\eta_2 p_2 E_b}{2MN_0} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{\eta_K p_K E_b}{2MN_0} \end{bmatrix} \tag{3.13}$$

8. **KQR** және **H** матрицаларының меншік сандарын есептеу.
9. Кедергіге төзімділікті есептеу

$$\rho_{ОШ} = M\left\{\frac{1}{2}\left[1 - \sum_{i=1}^{F} \frac{\lambda_i^{F-1}}{\prod_{i \neq s}^{n}{}_{s=1} (\lambda_i - \lambda_s)} \sqrt{\frac{\lambda_i}{1+\lambda_i}}\right]\right\} \tag{3.14}$$

мұндағы, K –ішкі каналдардың саны, F=K2

3.9 суретте алгоритмнің жұмыс істеу құрылымдық сұлбасы көрсетілген:

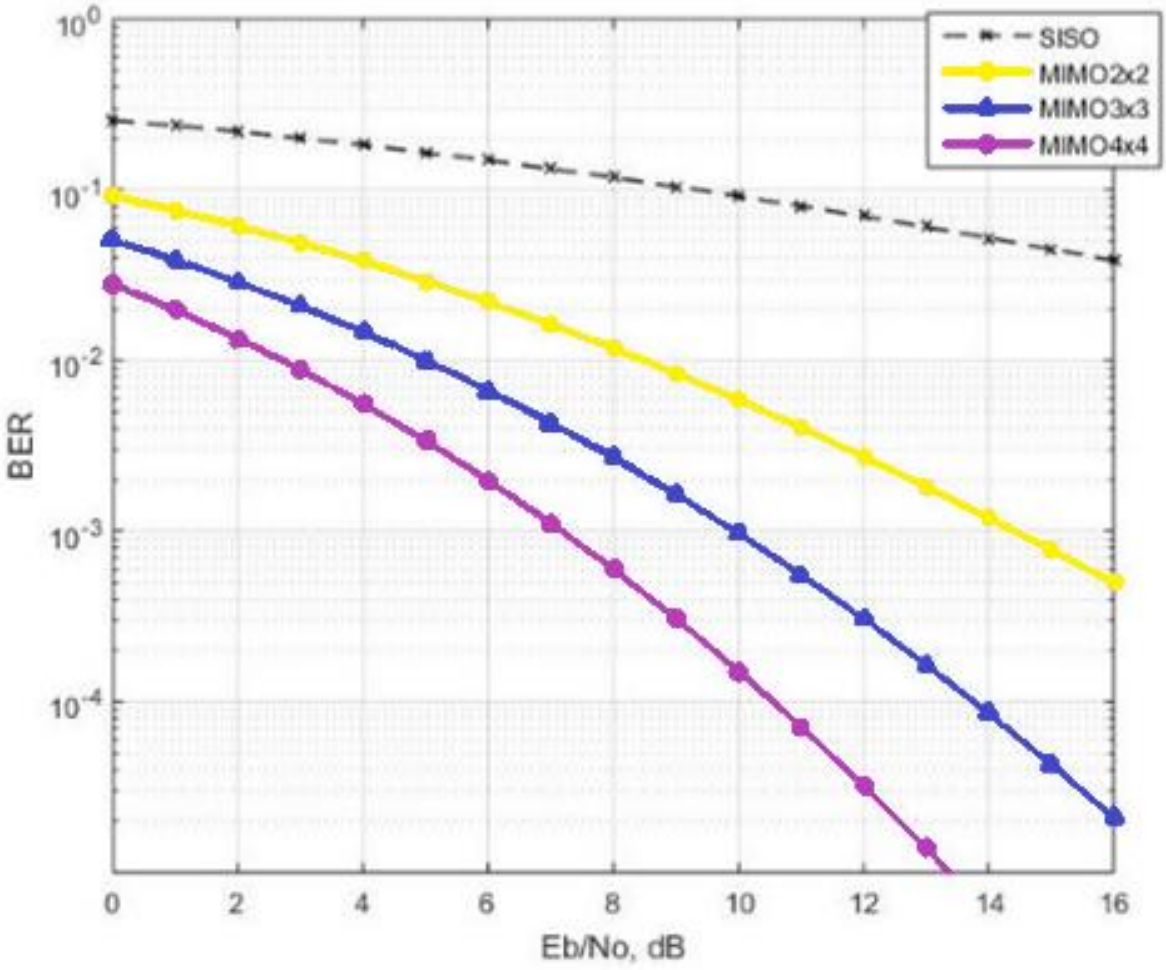


3.9 сурет – Сингулярлық ыдырауы бар MIMO жүйесі үшін кедергіге төзімділігін есептеу алгоритмінің құрылымдық сұлбасы

3.9 суреттегі құрылымдық сұлба үшін бағдарламалық коды:

```
function V2fun(kol,color,r)
%r-корреляция коэффициенті
%color-қисықты салудың стилі мен түсі
%kol -қабылдап-таратушы антенналардың саны
s=25;eps=1e-7; h_plot=zeros(1,s); for(h=0:s-1)
h_plot(h+1)=h;
end MAS=zeros(1,s); Iter=1000; for(e=1:Iter)
%Таратушы антенналардың санын таңдау
if(kol==4)R=[1 r r^2r^3; r1 r r^2; r^2 r 1 r; r^3 r^2 r1]; end if(kol==3)R=[1 r r^2;r 1
r; r^2 r1]; end
if(kol==2)R=[1 r;r1]; end nT=kol; nR=kol; sq2=sqrt(0.5);
H =sq2*(randn(nT,nR)+1i*randn(nT,nR)); H =R^(1/2)*H *R^(1/2);
%Сингулярлы ыдырау
mu=svd(H'*H);g=eig(H);
%============================
q1=length(mu); q2=length(mu)*2; for(e=1:q1) mu(e+q1)=mu(e)+eps; end
%============================ K=(mu)/(2*kol);
Buf=0;
for(h=0:s-1) Q=10^(h/10); R=diag(K); Z=eig(R*Q); n=length(Z); for(k=1:n)
F(k)=Product(Z,k,n) ;
a(k)= (Z(k)^(n-1)/F(k))*sqrt(Z(k)/(1+Z(k))); Buf=Buf+a(k);
end
MAS(h+1)=MAS(h+1)+0.5*(1-Buf); Buf=0;
end end
MAS=MAS./(Iter);
semilogy(h_plot,MAS,color,'LineWidth', 1,'MarkerSize', 5);grid on;
hold on; FinkV2fun=1; end
```

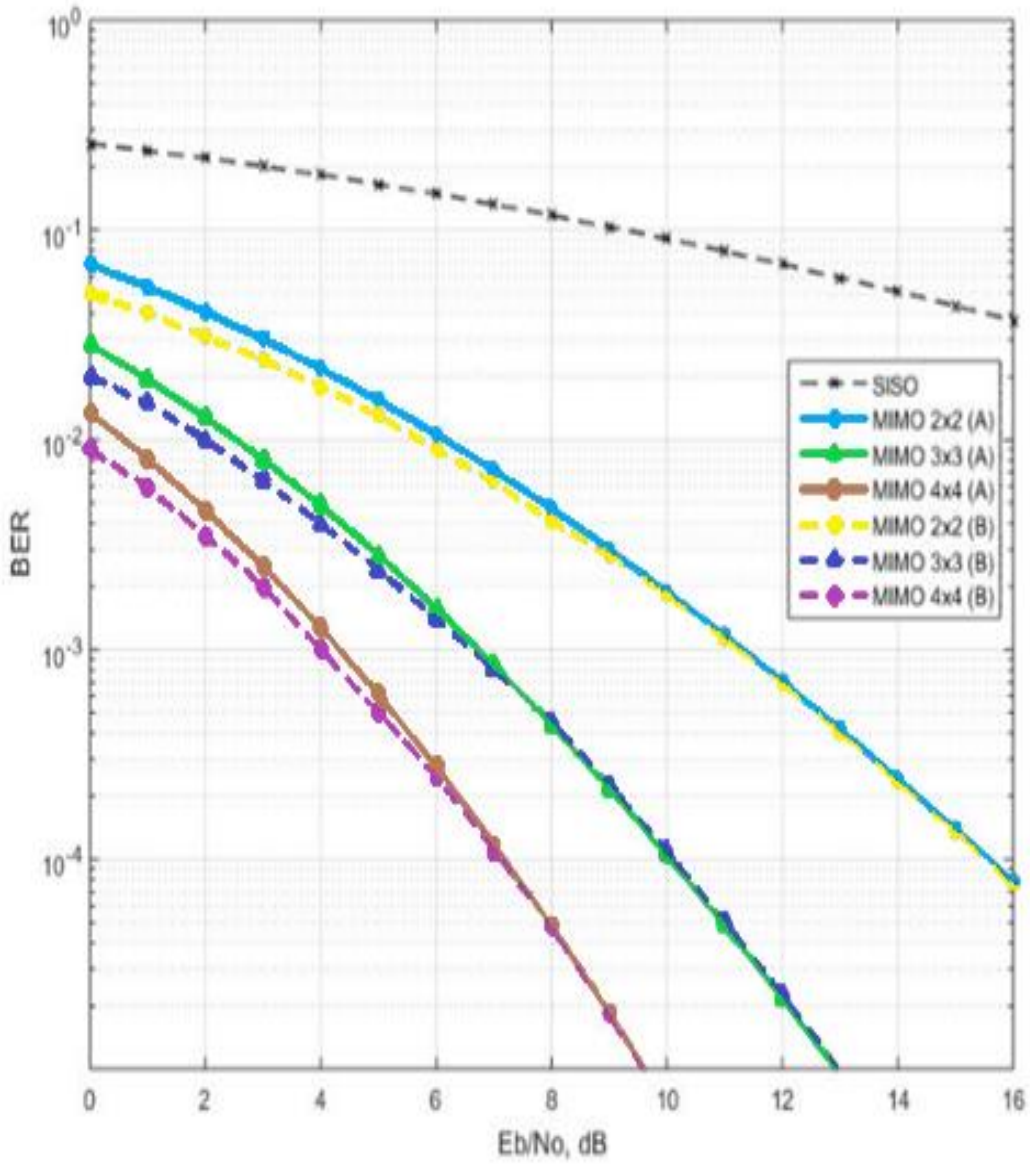
3.10 суретте біртектес емес арналар жағдайында және корреляциялық мәні 0,8 үшін MIMO-ның әр түрі үшін кедергіге төзімділігін салыстыру көрсетілген. 3.10 суретте көрсетілгендей, рош = 10-3 кезінде $MIMO_{2x2}$–нің $MIMO_{3x3}$-ке қатысты энергиялық ұтылысы 3дБ құрайды. $MIMO_{2x2}$–нің $MIMO_{4x4}$-ке қатысты ұтылысы 7дБ құрайды.



3.10 сурет . MIMO-ның әр түрлі жүйелері үшін корреляция коэффициенті *r*= 0.8 кезіндегі *Eb*/*N*0 қателіктің ықтималдығына тәуелділігі, BPSK модуляциясы

3.11 суретте MIMO жүйесі үшін біркелкі бөлінген қуат пен су құю алгоритмі үшін кедергіге төзімділігін салыстыру көрсетілген.

3.11 суретте көрсетілгендей, 3.8 суреттегідей, су толтыру алгоритмінің тиімділігі Eb/N0 мәні жоғарылағанда төмендейді. рош =10-2 кезінде $MIMO_{2x2}$ жүйесі үшін пайда 0,3 дБ, $MIMO_{3x3}$ үшін 0,5 дБ, $MIMO_{4x4}$ 1 дБ құрайды.



3.11 сурет – MIMO жүйесінің біртекті емес каналдардың Eb/N0,дБ-ден біркелкі қуатты бөлу және су құю алгоритмі жағдайындағы қателік ықтималдылығының тәуелділігі, *r* = 0.1, BPSK модуляциясы

4 Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі

4.1 Еңбек шартын талдау

Бұл дипломдық жұмыста «MIMO технологиясын қолданатын радиобайланыс жүйелердің кедергіге төзімділігін талдау». Бұл тақырып бойынша қабылдаушы және таратушы антенналардың арасындағы ақпараттардың таралуын кедергіге төзімділігін талдау керекпіз. MIMO технологиясын қазіргі таңда сымсыз байланыстың соңғы ұрпақтары қолданады. Әр жағдай үшін модельдер құрылып, олар тексерілді. Осы үшін 50x3x3 өлшемдегі кеңсе берілген болатын (4.1 сурет), осыған байланысты өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінде қарастырылатын тақырыптарға мыналар жатады: Кеңседегі жасанды жарықтандыру, өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету, алғашқы өрт сөндіру құралдарын пайдалану және де электрқауіпсіздігі. Жұмыс орнында өндірістің қауіпті және зиянды факторларының ықтимал әсерінен қорғау шаралары қарастырылды. Жұмыс орнын ұтымды жарықтандыру адамның еңбек қызметінің тиімділігіне әсер ететін, жарақаттану мен кәсіби аурулардың алдын алатын маңызды факторлардың бірі болып табылады. Дұрыс ұйымдастырылған жарықтандыру қолайлы еңбек жағдайын жасайды, еңбек қабілеттілігі мен өнімділігін арттырады. Инженердің жұмыс орнындағы жарықтандыру қызметкер өз жұмысын кедергісіз орындай алатындай жасалынған. Көру мүшелерінің шаршауы бірқатар себептерге байланысты:

- жарықтың жеткіліксіздігі;
- шамадан тыс жарықтандыру;
- дұрыс бағытталмаған жарық.

Жарықтандырудың жеткіліксіздігі көздің нашарлауының бір себебі, назар аударуды әлсіретеді, уақытынан бұрын шаршаудың туындауына алып келеді.

Кеңсе 8 бөлмеден тұрады, оның біреуі сервер бөлмесі, онда коммутатор, маршрутизатор, тағыда басқа құрылғылар орналасады. Қалған 6 бөлме жұмысшылардың жұмыс орны, 1 бөлме жұмысшылар демалатын және тамақ ішетін орны. Жұмыс орнындағы жабдықтар:

- 8 дербес компьютер, 5 принтер;
- 8 жұмсақ креслолар;
- 1 принтер, 3 коммутатор, 1 маршрутизатор, 1 Wi-Fi қатынау нүктесі;
- жуынатын бөлме;
- 1 үстел, 1 диван, 5 орындық.

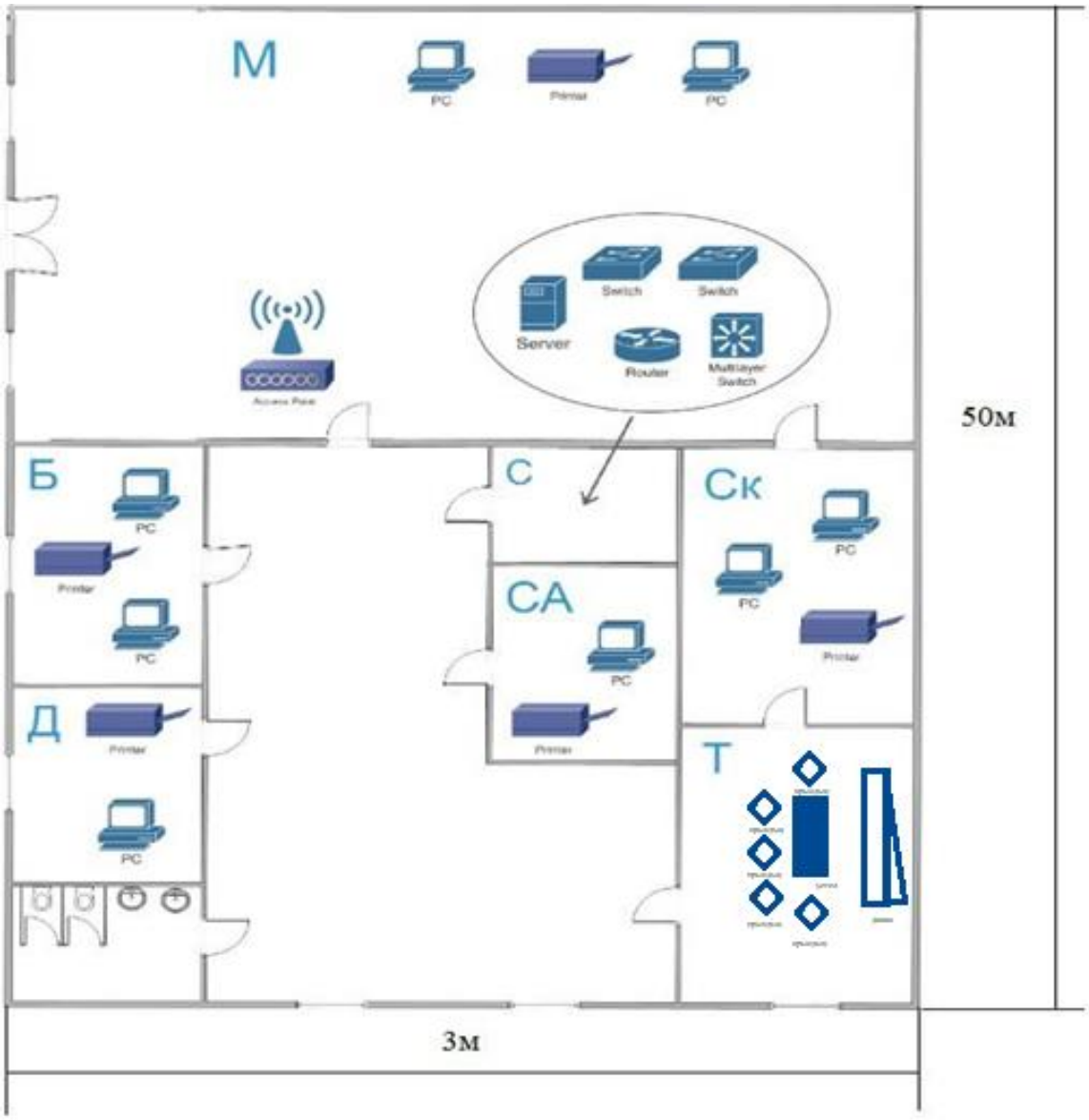
Осы құрылғыларды баптау және бақылау жүргізу инженердің қызметі болып табылады. Инженердің жұмыс уақыты аптасына 40 сағат, аптасына 5 күн жұмыс істегендіктен күніне 8 сағат жұмыс жасайды.

Ақпараттарды талдау орталығындағы бөлме (серверлер орнатылған бөлме) келесідей инженерлік жүйелермен қамтамасыздандырылған:

–өрт қауіпсіздік сигнализацияся;

–кондиционерлеу;

–жарықтандыру.



4.1 сурет – Кеңсенің жұмыс орындарының және құрылғылардың орналасу жоспары

4.1.1 Өндірістік бөлмелердің микроклиматтық жағдайлары. Бұлар келесікөрсеткіштермен сипатталады:

- температура;
- қатысты ылғалдылық;
- ауаның қозғалыс жылдамдылығы;
- жылу сәулеленуі.

Көрсеткіштердің әрқайсысының нормаларының сақталынбауы адамның жұмыс істеу қабілетінің төмендеуіне және денсаулығының нашарлауына алып келеді. Орындалатын жұмыстардың қиындық дәрежесіне байланысты өндірістік бөлмелердегі оптималды микроклимат көрсеткіштері анықталады.

Серверлер орналасқан бөлмедегі орындалатын жұмыстардың қиындық дәрежесі Іа (жеңіл физикалық жұмыс) категориясына жатады.

Бөлмеде +20...+25С арасындағы температура сақталынған. Сондай-ақ бөлмедеоптималды ауа ылғалдылығы 40 – 50 % арасында сақталынған. Ауаның қимыл жылдамдығы 0,08 м/с. Жылу сәулеленуі бойынша ешқандай мәселе жоқ.

Жыл мезгіліне байланысты оптимальді параметрлер ГОСТ 12.1.055.88 ССБТ [21] 4.1 кестеде көрсетілген.

4.1 кесте – Жыл мезгілінің жылы күндеріндегі оптимальді көрсеткіштер

Мөлшер	Оптимальді						
Жұмыс периоды	Оптимальді ауа температурасы ^{0}С	Рұқсат етілген температура ^{0}С				Салыстырмалы ылғалдылық %	Ауаның қимыл жылдамдығы, м/с, одан көп емес
		Тұрақты үстіңгі шекара	Тұрақсыз үстіңгі шекара	Тұрақты төменгі шекара	Тұрақсыз төменгі шекара		
Жылы	+23...+25	28	30	22	20	40-60	0,1

4.1.2 Кеңседегі жасанды жарықтандыру. Жасанды жарықтандыру нормалары. Табиғи жарықтан жарық жеткіліксіз болған кезде электр жарық көздерімен жасалатын жасанды жарықты пайдаланады. Жалпы жарықтандыру кезінде бөлмедегі барлық орындар жалпы жарықтандыру қондырғысынан жарық алады. Бұл жүйеде жарық көздері жұмыс орындарының орналасуын есепке алмай біркелкі бөлінген. Жарықтандырудың орташа деңгейі алдағы жұмысты орындау үшін қажетті жарық деңгейіне тең болып жасалынған [22].

Жарықтандырудың қажетті деңгейлері "Табиғи және жасанды жарықтандыру" СНиП ҚР 2.04-05-2002 [23] сәйкес орындалатын өндірістік операциялардың дәлдігіне, жұмыс бетінің және қарастырылатын бөлшектің жарықтық қасиеттеріне, жарықтандыру жүйесіне байланысты нормаланады.

Өндірістік үй-жайларда жалпы және аралас (жалпы және жергілікті) жарықтандыру қолданылады:

- жалпы-барлық үй-жайды жарықтандыру үшін;
- құрамдастырылған-жабдықтың тек жұмыс беттерін немесе жекелеген бөліктерін жарықтандыруды арттыру үшін.

Шамдардың жұмыс істеу принципі:

Люминесцентті шамдар әр түрлі қуаттылықта, кернеуде, формада және сәулеленудің түсінде шығарылады (4.2 сурет).

4.2 сурет – Люминесцентті шамдар

Түтік люминесцентті шамдардың бірқатар артықшылықтары бар:

- 76 лм/Вт жететін жоғары жарық қайтарымы (ең жоғары 18 лм/Вт кезінде қыздыру шамдарында);
- стандартты шамдарда 10 000 сағатқа дейін жететін қызмет ету мерзімі: түрлі спектралды жарық құрамы, оның ішінде табиғи күндізгі жарыққа жақын;
- түтікшенің бетін елеусіз қыздыру (50°С дейін);
- жарық бетінің салыстырмалы түрде аз жарықтығы.

Бұл шамдардың негізгі кемшіліктері:

- қосу схемасының күрделілігі;
- шектеулі бірлік қуаты және осы қуатта үлкен өлшемдері;
- шам сипаттамаларының қоршаған орта температурасына және қоректендіруші желінің кернеуіне тәуелділігі;
- қызмет ету мерзімінің соңында жарық ағынының айтарлықтай (50% - ға дейін) төмендеуі;
- шамның айнымалы токпен қоректенуі кезінде жарық ағынының пульсациясы көз үшін зиянды.

Жарық диоды - бұл электр тогын көрінетін шамға түрлендіретін жартылай өткізгіш құрал (4.3 сурет). Жарық диодында жалпы қабылданған аббревиатурабар - LED (light-emitting diode). Жарық диоды жартылай өткізгіш кристалдан, контактілі шықпалары бар корпустан және оптикалық жүйеден тұрады. Тікелей жарық сәулесі осы кристалдан, ал көрінетін сәуленің түсі

оның материалы мен түрлі қоспаларына байланысты болады. Әдетте, жарық диод корпусында бір кристал бар, бірақ жарық диодының қуатын арттыру болған жағдайда немесе түрлі түстердің сәулеленуі үшін бірнеше кристалдар орнатылған.

Жарық диоды, үйреншікті қыздыру шамына немесе люминесцентті шамға (оны "энергия үнемдеуші" деп те атайды) қарағанда, электроток көрінетін жарыққа айналады. Теорияда мұндай түрлендіруді қыздыруға электр энергиясының "паразиттік" ысырапсыз орындауға болады. Бұл дұрыс жобаланған жылу беру кезінде жарық диоды өте әлсіз қызады. Жарық диодтар спектрде жарық шығарады, оның түсі" таза", бұл әсіресе дизайнерлік жарықтандыруға қатысты құнды. Ультракүлгін және инфрақызыл сәулелер әдетте жоқ.

4.3 сурет – Жарық диодтары

4.1.3 Жұмыс орнындағы өрт қауіпсіздігі және өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету. Өрт қауіпсіздігі деп құқықтық нормаларды, өртке қарсы және инженерлік-техникалық іс-шараларды орындау арқылы өрттің пайда болу және даму ықтималдығы, адамдарға өрттің қауіпті факторларының әсер етуі жойылатын немесе төмендейтін, сондай-ақ материалдық құндылықтарды қорғау қамтамасыз етілетін кеңселердің немесе өзге де мақсаттағы жай-күйін айтамыз [24].

Өрт қауіпсіздігін қамтамасыз етуге өрттің пайда болу жағдайларын және өрттің қауіпті факторларының адамдарға әсер етуін болдырмауға немесе оны барынша азайтуға, сондай-ақ материалдық құндылықтарды қорғауды қамтамасыз етуге бағытталған ұйымдастырушылық, өртке қарсы және арнайы іс-шаралар кешенімен қол жеткізілген:

- ықтимал өрт қауіптілігін болжау; қалалардың, басқа да елді мекендердің өртке қарсы тұрақтылығын арттыру жөніндегі инженерлік-техникалық және өрт-профилактикалық іс-шараларды жүргізілді;
- халықтың өрт сөндіру қызметтеріне тиісті дайындығы бар,
- өрт жағдайын бағалау және оны бақылау икемі бар;
- өрт сөндіру құралдарының қажетті санымен қамтамасыз етілген;
- өрт ошақтарын барлау шаралары жүргізілді;
- сигнал беру және хабарлау құралдарымен қамтамасыз етілген;
- өртті оқшаулау және сөндіру сабақтары жүргізілді.

Өрт шыққан кезде кез келген ТЖ сияқты басты міндет адамдарды құтқару болып табылады. Өрттің ерекшелігі -түтін және басқа да газ тәрізді жану өнімдерінің пайда болуы, олар бірінші кезекте адамдардың қаза болуы немесе ауыр зақымдануының себептері болып табылады. Тағы бір ерекшелігі- адамның өз-өзіне ие болудың толық жоғалуынан және жалыннан "қашып кету" деген шексіз ниетінен көрінетін өрт алдындағы үрейінен көрінеді. Бұл жағдайда адамдар кез келген қабаттан, суға және т. б. жерлерге секіріп кетеді.

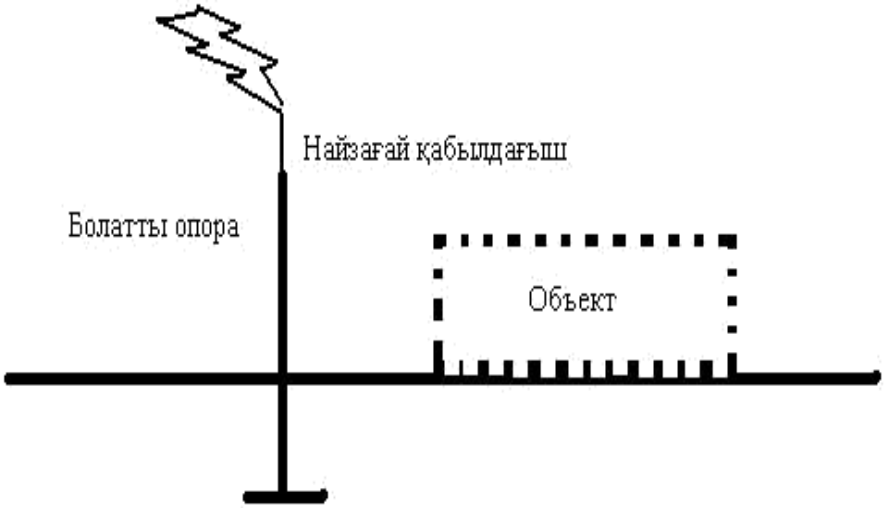
Қарапайым, бірақ сенімді іс-шаралар қатарына алдын ала әзірленген және адамдардың назарына жеткізілген, көрінетін жерде графикалық түрде бейнеленген жұмыс орнынан шығару жоспарын, шығу орындарын жарық сигналдарымен белгілеуді қоса алғанда, өрт аймағынан эвакуациялау жолдары қамтамасыз етілген; белгіленген өту жолдары мен өту жолдарын еркін қамтамасыз етілген.

Базалық станцияларға, линиялық қондырғыларды найзағайдан қорғалынған. Найзағайдың тура түсуінен қондырғының механикалық бұзылуын тудырады. Найзағай тоғы өте көп жылуды бөледі, яғни өрт пайда болады, ал аппаратураға түскенде (антеннаға, антена блогына) аппаратура зақымдалады.

Найзағайдың электрлік разрядын қабылдау үшін жайратқыш құрылғысы қолданылады, олар тасымалдаушы бөлімнен (мысалы опора), найзағай қабылдағыштан, тоқтартқыш және найзағайдың тура түсуінен қорғайтын жерге қосқыштан тұрады. Әрбір жайратқыш өзінің конструкциясына және биіктігіне қарасты анықталған қорғаныс зонасы бар, сол зонаның ішінде объектілер найзағай ұруларынан сақталған.

Найзағайдың түзу ұруынан жайратқыш құрылғыларының бірінші категориялы жеке тұратын стерженьдік және тростық жайратқыштар немесе бөлек ғимаратта орналасқан оқшауланған стерженьдік жайратқыштар қолданылады. 30 метрден жоғарғы ғимараттарға бөлек тұратын жайратқыштарды орнатқан қиындаса, онда найзағайдың түзу ұруларынан қорғану сақтандырылған ғимаратта орнатылады немесе жеткілікті қорғау зонасын қамтамасыз ететін оқшауланбаған стерженьдік немесе тростық жайратқыштар құрылыстар немесе ғимараттың металлды емес астына найзағай қабылдағыш торын орнату жолы немесе 15 метр қашықтықта орналасқан екі тоқтартқыш найзағай қабылдағыш түрінде қолданылады, ал найзағай қабылдағыш тор 6–8 мм диаметрлі, ұяшығының ауданы 36 кв.м

болатты сымнан орныдалады. Тордың түйіндері сваркаланады. Тоқтартқыш ретінде оның үздіксіз электрлік байланыс шарттары болған кезінде, ғимараттың барлық болатты конструкциясы қолданылады. 4.4 суретте – стержньді бөлек тұрғызылған жайратқыш көрсетілген.



4.4 сурет – Стержньді бөлек тұрғызылған жайратқыш

Алғашқы өрт сөндіру құралдарын таңдау:

Өртті сөндірудің бастапқы құралдарын орналастыру оларды неғұрлым ықтимал қолдану орындарына жақын жерде, олардың еркін қол жеткізуін қамтамасыз ете отырып, есте сақтау қажет. Бұл ретте өрт сөндірудің бастапқы құралдарын бір қабатты қоймаларда сыртынан кіреберістерде, ал көп қабатты ғимараттарда – қабаттарға кіру кезінде баспалдақ алаңдарында орналастыру орынды.

Сервер бөлмесінің ауданы егер 24 м^2 көп болса, онда бұл бөлмеде автоматты өрт сөндіру құралдары мен жүйесімен қамтамасыз етілуі керек. Біздің сервер бөлмесінің ауданы 60 м^2, сондықтан біз бұл бөлмеде бұл жүйені орнаттық. Және де бұл жүйемен бірге сервер бөлмесінде әр 20 м^2-қа 2 көмірқышқылды өрт сөндіргіштерден (ОУ-2), яғни барлығы 6 көмірқылды өрт сөндіргіш құралдарын қойдық. ОУ-2 ауасыз жанатын заттарды қоспағанда, әртүрлі химиялық заттар мен материалдардың аздаған жану ошақтарын сөндіруге арналған (4.5 сурет).

Әр бөлмелерде өрт дабылы жүйесі қондырылған және өрт сөндіргіштер қойылған. Сервер бөлмесінен басқа бөлмелердің ортақ ауданы 90 м^2, бұл жерлерге 5 көмірқышқыл өрт сөндіргішін 5 жұмыс бөлмелеріне, 1 ұнтақты өрт сөндіргішті (4.6 сурет) демалыс бөлмесіне және тағы біреуін корридорға қоямыз. Барлығы 11 көмірқышқыл, 2 ұнтақты өрт сөндіргіш [25].

4.5 сурет – Қолданбалы көмірқышқыл өрт сөндіргіші: ОУ-2

Ұнтақтың маркасына байланысты ұнтақты өрт сөндіргіштер жанғыш сұйықтықтар мен газдарды, кернеуі 600 В дейінгі электр қондырғыларын (ПСВ ұнтағы) сөндіруге, сілтілі металдарды (ПС-1, СИ ұнтақтары) сөндіруге, барлық жанғыш сұйықтықтар мен газдарды, бықсыған материалдар – ағашты, қағазды (П-1 және ПФ ұнтақтары) сөндіруге арналған.

4.6 сурет – Ұнтақты өрт сөндіргіш

Алғашқы өрт сөндіру құралдарының түрлері мен санын анықтау кезінде жанғыш заттардың физика-химиялық және өрт қауіпті қасиеттерін, олардың

өрт сөндіргіш заттарға қатынасын, сондай-ақ өндірістік үй-жайлардың, ашық алаңдардың және қондырғылардың ауданы ескерілді.

4.2 Есептеу бөлімі

4.2.1 Жасанды жарықтандыруды есептеу. Жасанды жарықтандырудың есептеу бөлімі әдістемелік нұсқауық бойынша жасалынған [26]. Жұмыс орнының жарықтандырылуын есептеу жарықтандыру жүйесін таңдауға, шамдардың қажетті санын, олардың түрін және орналасуын анықтауға негізделеді. Осыған байланысты жасанды жарықтандыру параметрлерін есептейміз.

Әдетте жасанды жарықтандыру екі түрлі жарық көздері арқылы орындалады: қыздыру шамдары және люминесцентті шам. Қыздыру шамдарымен салыстырғанда бірқатар маңызды артықшылықтары бар люминесцентті шамдарды пайдаланамыз:

- жарықтың спектрлік құрамы бойынша олар күндізгі, табиғи жарыққажақын;
- жоғары ПӘК бар (қыздыру шамдарының ПӘК-нен 1,5-2 есе жоғары);
- жоғары жарық бергіштері бар (қыздыру шамдарына қарағанда 3-4 есе жоғары);
- ұзақ қызмет ету мерзімі.

Жарықтандыруды есептеу ауданы 150м^2 кеңсе үшін жүргізіледі, ені-3м, биіктігі-3 м. жарық ағыны әдісін қолданамыз.

Шамдардың санын анықтау үшін мына формула бойынша жер бетіне түсетін жарық ағынын анықтаймыз:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \qquad (4.1)$$

мұндағы, F - есептелген жарық ағыны, Лм;

E - нормаланған ең аз жарық, Лк (кесте бойынша анықталады). Осы кестеге сәйкес инженер жұмысын дәл жұмыс дәрежесіне жатқызуға болады, демек, минималды жарықтандыру E = 300Лк болады;

S - жарықтандырылатын үй-жайдың ауданы (біздің жағдайда S = 150м2);

Z-орташа жарықтанудың ең аз шамаға қатынасы (әдетте 1,1...1,2 тең қабылданады, Z = 1,1 болсын);

K - пайдалану процесінде шамдардың ластануы нәтижесінде шамның жарық ағынының азаюын ескеретін қор коэффициенті (оның мәні жұмыс орнының түріне және онда жүргізілетін жұмыстардың сипатына байланысты және біздің жағдайда K = 1,5);

n-пайдалану коэффициенті, (барлық шамдардың жиынтық ағынына есептік бетке түсетін жарық ағынының қатынасымен көрсетіледі және бірлік үлесінде есептеледі.

Шамның сипаттамасына, жұмыс орнының көлеміне, қабырғалар мен төбенің бояуына байланысты, қабырғалар мен төбенің (РС) және төбенің (РП) шағылысу коэффициенттерімен сипатталатын, РС және РП коэффициенттерінің мәні жоғарыда көрсетілген: РС =40%, РП =60%. n мәнін әр түрлі шамдарды пайдалану коэффициенттерінің кестесі бойынша анықтаймыз. Ол үшін бөлменің индексін формула бойынша есептейміз:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \qquad (4.2)$$

мұндағы, S – кеңсенің ауданы, S = 150 м2 ;

h - аспаның есептік биіктігі, h = 2.92 м;

A – кеңсенің ені, A = 3 м;

B – кеңсенің ұзындығы, B = 50 м. Мәндерді қойып, біз аламыз:

$$I = \frac{150}{2.92 \cdot (3 + 50)} = 0.97.$$

I бөлменің индексін біле отырып, n = 0,22 біле аламыз

F жарық ағынын анықтау үшін формулаға барлық мәндерді қойыңыз :

$$F = \frac{300 \cdot 1.5 \cdot 150 \cdot 1.1}{0.22} = 337500 \text{ (Лм).}$$

Жарықтандыру үшін ЛБ40-1 типті люминесцентті шамдарды таңдаймыз, жарық ағыны F = 4320 Лк.

Шамдардың қажетті санын мына формула бойынша есептейміз:

$$N = \frac{F}{F_Л}, \qquad (4.3)$$

N - шамдардың анықталатын саны;

F - жарық ағыны, F = 337500 Лм;

Fл - шамның жарық ағыны, Fл = 4320 Лм.

$$N = \frac{33750}{4320} = 8 \text{ шт.}$$

Жарықтандыру құралдарын таңдау кезінде ОД типті шамдарды қолданамыз. Әрбір шам екі шаммен жинақталады.

4.2.2 Өрт қатерінің есептік шамаларын анықтау. Қарастырылып отырған кеңседегі адамдар үшін *QB* жеке өрт қауіпінің есептік шамасы формула бойынша анықталады [27].

Әдістемеге сәйкес, ғимаратта өрттің туындау жиілігі (статистикалық деректердің жоқтығына байланысты) $Qn=4x10^{-2}$.

Ғимаратта адамдардың болу ықтималдығы адамдардың тәулік ішінде болу уақытының негізінде анықталады және 9 сағат 00 мин құрайды.

Демек:

$$P_{ПР} = \frac{t}{24} = \frac{9}{24} = 0.38.$$

Адамдарды көшіру ықтималдығының мәні $P_э$ = 0,999.

Ғимарат өрт қауіпсіздігі жөніндегі нормативтік құжаттардың талаптарына сәйкес АБҚ жүйесімен жабдықтау талап етілмегендіктен, автоматты өрт сөндіру қондырғыларының тиімді іске қосылу ықтималдығы $K_{ап}$ = 0,9 тең болып қабылданады.

Өртке қарсы қорғау жүйесінің тиімді жұмыс істеу ықтималдығы $K_{п.з}$, өрт кезінде адамдарды қауіпсіз эвакуациялауды қамтамасыз етугебағытталғануы мынадай формула бойынша анықталады (4.2):

$$K_{П.З} = 1 - (1 - 0.64) \cdot 1 = 0.64 .$$

Бұл ретте:

- өрт дабылы жүйесінің тиімді жұмыс істеу ықтималдығы $K_{обн}$= 0,8 ;
- адамдарды өрт туралы хабардар ету және адамдардыэвакуациялауды басқару жүйесінің тиімді іске қосылуының шартты ықтималдығы $K_{СОУЭ}$=0,8;
- түтінге қарсы қорғау жүйесінің тиімді іске қосылуының шартты ықтималдығы $K_{ПДЗ}$ = 0, өйткені ПДЗ жүйесі өрт қауіпсіздігі бойыншанормативтік құжаттардың талаптарын бұзуға қатыспайды.

Өрт қаупін есептеу (4.3) формуласына алынған мәндерді қосамыз:

$$Q_B = Q_n \cdot (1 - K_{ап}) \cdot P_{ПР} \cdot (1 - P_Э) \cdot (1 - K_{п/з}). \qquad (4.4)$$

$$Q_B = 4 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - 0.9) \cdot 0.38 \cdot (1 - 0.999) \cdot (1 - 0.64) = 5.47 \cdot 10^{-7}.$$

Осылайша, $Q_B = 5.47 \cdot 10^{-7} < Q_{BH} = 10^{-6}$ қатынас орындалады.

Біз бұл жерде өрт қатерінің есептік шамаларын, өртке қарсы қорғау жүйесінің тиімді жұмыс істеуін анықтадық.

Қорытындылай келе, кеңседегі жарықтандыру жүйесін таңдауға, шамдардың қажетті санын, олардың түрін (қыздыру шамы және

люминесцентті) және орналасуын анықтадым. Осы арқылы жасанды жарықтандырудың параметрлерін есептеуге мүмкіндік алдым. Бұл жерде жарық ағыны F=337500 лм екенін формула арқылы есептеп алдық. Және де кеңсені жарықтандыру үшін есептеу арқылы 8 шам қолдандым. Алғашқы өрт сөндіру құралдары ретінде Көмірқышқылды өрт сөндіргіштер (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8) және Ұнтақты тасымалданатын өрт сөндіргішті ОПС-10 қолдандым. Өрт қатерінің есептік шамаларын анықтау үшін өрт қаупін, өртке қарсы қорғау жүйесінің тиімді жұмыс істеу ықтималдығын формуламен есептедім.

5 Бизнес – жоспар

5.1 Резюме

Бұл дипломдық жобаның тақырыбы - MIMO технологиясын қолданатын радиобайланыс жүйелердің кедергіге төзімділігін талдау.

MIMO технологиясы сымсыз байланыс жүйелерінде кең таралған. WiFi 802.11n стандарты, WiMAX стандарты, 4G LTE төртінші буыны және т.б. LTE стандартында MIMO жүйесінің пайдалануы 8x8 конфигурациясына дейін қарастырылады.

Сымсыз байланыс жүйесі экономикалық тұрғыдан ең оңтайлы шешім болып табылады, себебі сымды байланыс жоқ кезде немесе оның сапасы төмен жағдайда, шығарылатын қаржылық, материалдық шығындар өте көп, оны іске қосу да көп уақыт алатындығын ескеру керек.

Радиоқатынау әдістемесі – қазіргі сымсыз локальді желілерде қолданылады, өйткені бұны қолдану жолдары ыңғайлы, оңай. Қазіргі пайдаланылатын протоколдарда радиотолқындардың көпсәулелі тарату жағдайында радиодабылдарды қабылдау сенімділігін арттыру қарастырылған: параллель арналар арқылы блокты кодтау әдістемесі арқылы жіберу т.б.

5.2 Финанстық жоспар

Финанстық жоспар бизнес жоспардың бір бөлігі, мұнда шығатын шығын есебі, табыс эксплуатациялық (іске қосу) шығындары, пайда, тиімділік пен шығын өтеу мерзімі туралы ақпарат жинақталады.

5.2.1 Капитальды шығындар есебі (5.1, 5.2 және 5.3 кестелер). Жоба келесі кезеңдерден тұрады:

- Желі жобасын қарастыру;
- Құрылығыларды жинақтау;
- Жүйені жұмыс режиміне келтіру;
- Іске қосу.

Күрделі шығынды формула бойынша есептейміз [28].

$$К = Б + К_Т + К_Ж + К_О \qquad (5.1)$$

мұндағы: $Б$ – құрылғы бағасы;

$К_Т$-құрылғыны жеткізу құны;

$К_Ж$–құрылғыны темір жол тұйығынан орнату нүктесіне әкелу шығындары;

$К_О$–құрылғыжинақтауменорнатуқұны.

5.1 кесте – Құрылғыға жұмсалған күрделі шығындар

Шығын атауы	
1 Құрылғы құны, (*Б*)	3000000

5.1 кестенің жалғасы

Шығын атауы	
2 Құрылғыны автокөлікпен жеткізу, (K_T, құрылғы бағасының 3 проценті)	90000
3 Құрылғы орнату, жинақтау, (K_O, құрылғы бағасының 5 проценті)	150000
Жиынтығы	3240000
Ескерілмеген қосымша шығындар (10%)	324000
Барлығы	3564000

5.2 кесте – Жұмыс орнын дайындау шығындары

Атауы	Баға,тг.	Саны	Сомасы, тг.
Компьютер(стац.)	130000	8	1040000
Офистік стол	9000	8	72000
Принтер,ксерокс,сканер	35000	5	175000
Орындық	3500	8	28000
Шкаф	3500	3	10500
Жиынтығы			1325500
Ескерілмеген қосымша шығындар (10%)			132550
Барлығы			1458050

5.3 кесте – Күрделі шығындар

Күрделі қаржы атауы	Сомасы, тг.
Құрылғыға, тасу, жинақтау жұмыстарына жіберілген қаржы	3564000
Жұмыс орнын дайындауға жұмсалған қаржы	1458050
Барлығы	5022050

Сөйтіп, күрделі шығындар сомасы

К = 5022050 (тг.)

5.2.2 Эксплуатация шығындары. Байланыс қызметтерін ұсынғанда және қызмет көрсету барысында кәсіпорынның ішкі ресурстарын жұмсау қажет болады. Жыл бойы шыққан шығындар өндірістік өзіндік құнды құрайды, болмаса жылдық эксплуатациялық шығын шамасы болады.

$$Э = P_{енбек} + P_{курылгы} + P_{косалкы} \qquad (5.2)$$

мұндағы, $P_{еңбек}$ – әлеуметтік салық ескерілген еңбек ақы шығындары;
$P_{құрылғы}$–құрылғыға қызмет көрсету шығындары;
$P_{қосалқы}$–қосалқы шығындар.

5.2.2.1 Еңбек ресурстарының шығындары:

$$P_{енбек} = ФОТ + Сот \quad (5.3)$$

а) Еңбек ақы қоры

Жобаланып отырған желіні іске қосу үшін қызметкерлердің штаттық кестесі қарастырылады (5.4 кесте).

5.4 кесте – Қызметкерлердің штат кестесі

Лауазым атауы	Бірлік саны	Айлық еңбекақы тг	Жалпы айлық еңбек ақы қоры тг.
Бас инженер	1	250000	250000
Инженер	4	150000	600000
Заңгер	1	150000	150000
Монтаждау инженері	2	120000	240000
Жиынтығы	8		1240000

Негізгі айлық еңбек ақы қоры ЕАҚ = 1240000 (тг.)

б) Әлеуметтік салық

Әлеуметтік салық еңбекақы қорының 11 пайызын құрайды, зейнетақы қоры аударымдары ескерілмеген жағдайда [29]:

$$C = 0.9 \cdot EA \cdot 0.11, \quad (5.4)$$

ӘС = 0.9·ЕАҚ·0,11 = 0.9·1240000·0,11 = 122760(тг.)

Еңбек ресурстары шығындары:

$P_{енбек}$= 1240000 + 122760 = 1362760тг.

5.2.2.2 Құрылғыларға жұмсалған шығындар:

$$P_{курылгы} = M + A + K_{эл}, \quad (5.5)$$

мұндағы, M – материалдарға жұмсалған шығын;

A – амортизациялық аударымдар;

$K_{эл}$ – электроэнергияға жұмсалған шығындар.

а) Амортизациялық аударымдар

Амортизациялық аударымдар құрылғының түріне қарай 7 – 30 пайыз аралығында алынады. Есепті ұлғайтылған әдіспен құрылғы бағасының 30 пайыз шамасында қабылдаймыз [30].

$$A1 = 3000000 \cdot 0,3 = 900000 \text{ (тг.)}$$

Компьютер мен құрылғы жынтығының амортизациясы олардың 30 пайызын құрайды:

$$A2 = (1040000 + 175000) \cdot 0,3 = 364500 \text{ (тг.)}$$

Офис жиһаздарының амортизациясы кеңселік жиһаздың құнының 15 пайызын құрайды:

$$A3 = (72000 + 28000 + 10500) \cdot 0,15 = 16575 \text{ (тг.)}$$

Жинақты амортизация:

$$A = A1+A2+A3 = 900000 + 364500 + 16575 = 1281075 \text{(тг.)}$$

б) Электроэнергияға жұмсалған шығындар

Электрэнергия шығындары жарыққа, өндірістік шығындарға жұмсалған шығындар, жарық шығындар сомасы көп болмағандықтан оны өндірістік шығындардың 5 пайызы шамасында аламыз.

Құрылғыларға жұмсалатын электрэнергия шығындары формула бойынша есептеледі.

$$Ш_{эл.кур.} = W \cdot T \cdot S, \qquad (5.6)$$

мұндағы, W – пайдаланылатын қуат мөлшері, W=16,8 (кВт);

T– жылдық сағат мөлшері (24*366=8784);

S – 1 кВтч=14.488 тг тең тариф мөлшері.

Сонымен, электроэнергияға кеткен шығын:

$$Ш_{эл.құр} = 16,8 \cdot 8784 \cdot 14,488 = 2138011,55 \text{ (тг.)}$$

в) Материалдарға жұмсалған шығындар

Материалдар мен қосалқы бөлшектерге жұмсалатын шығындар жүйенің 5 пайызы ретінде қабылданады.

$$M = 3564000 \cdot 0,05 = 178200 \text{ (тг.)}$$

Материалдарға жұмсалған шығындар:

$$P_{құрылғы} = 178200 + 2138011,55 + 1281075 = 3597286,55 \text{ (тг)}$$

5.2.2.3 Қосалқы шығындар есебі:

$$Ш_{косалкы} = К_{пш} + К_{шатыр} + К_{жарнама} + Ш_{баска}. \quad (5.7)$$

а) Жиілік жолағын жалға беру шығындары жылына 150 000 теңге.

б) Қабылдаушы, жіберуші антенналарды шатырларға орналастыру үшінжалға алу шығындары 1 базалық станция үшін жылына 120000 теңге, барлығы 480000 тг.;

в) Жарнама, постер, таратылым материалдарына жұмсалатын шығын 175000 тг.

г) Басқа да шығындар күрделі шығындар сомасының 30% құрайды, яғни, 1506615 тг.

Қосалқы шығындар сомасы:

$$Ш_{қосалқы} = 150000+480000+175000+1506615 = 2311615 \text{ (тг.)}$$

$$Э = 1362760 + 2311615 + 3597286,55= 7271661,55 \text{ (тг.)}$$

5.2.3 Жылдық табыс есебінің болжамы. Бюджеттің табыс бөлігі келесі болжамдарды ескеру арқылы жасалыпотыр.

- 1 клиентке орта айлық трафик заңды тұлға үшін 200 минут, жеке тұлға үшін 100 минут;
- 1 клиентке орта айлық трафик көлемі 1024 Мбайт, 1 Мбайт бағасы 1 теңгеге тең заңды және жеке тұлға үшін; [31]
- Қызметке (инсталяциялық жұмыс) қосылу автоматты түрде тегін ұсынылады.
- Телефондық трафик арқылы түсетін табыс орташа статистикалық тарифпен есептеледі: заңды тұлға үшін: 1 толық / толық емес минут тарифі 8 теңге, жеке тұлға үшін: 1 толық / толық емес минут тарифі 5 теңге.

5.2.3.1 Халықаралық, қалааралық дыбысты қоңыраулы қызметтер табысы:

$$T_{шыг} = 12 \cdot N \cdot T_{шыг} \cdot t, \quad (5.8)$$

мұндағы, N– желі абоненттерінің болжамды саны;

t – телефонның орташа айлық трафигі;

$T_{шыг.}$ – ұсынылатын тариф;

Заңды тұлғалардан:

$$Т_{шыг.заңд.} = 12 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 200 = 2400000 \text{ (тг.)}$$

Жеке тұлғалардан:

$$Т_{шығ\cdot жеке} = 12\cdot 100\cdot 10\cdot 100 = 1200000 \text{ (тг.)}$$

Сонда, халықаралық, қалааралық телефон қызметі үшін түсетін табыс:

$$Т_{шығ.} = Т_{шығ\cdot занд} + Т_{шығ\cdot жеке} = 2400000 + 1200000 = 3600000 \text{ (тг.)}$$

5.2.3.2 Интернетке қосылу қызметі үшін

$$T_{\text{int}} = 12 \cdot N \cdot T_{\text{int}} \cdot V_{\text{int}}, \tag{5.9}$$

мұндағы, N – болжамды абонент саны;

V_{int} – трафик көлемі;

T_{int}– 1 Мбайт трафик тарифі.

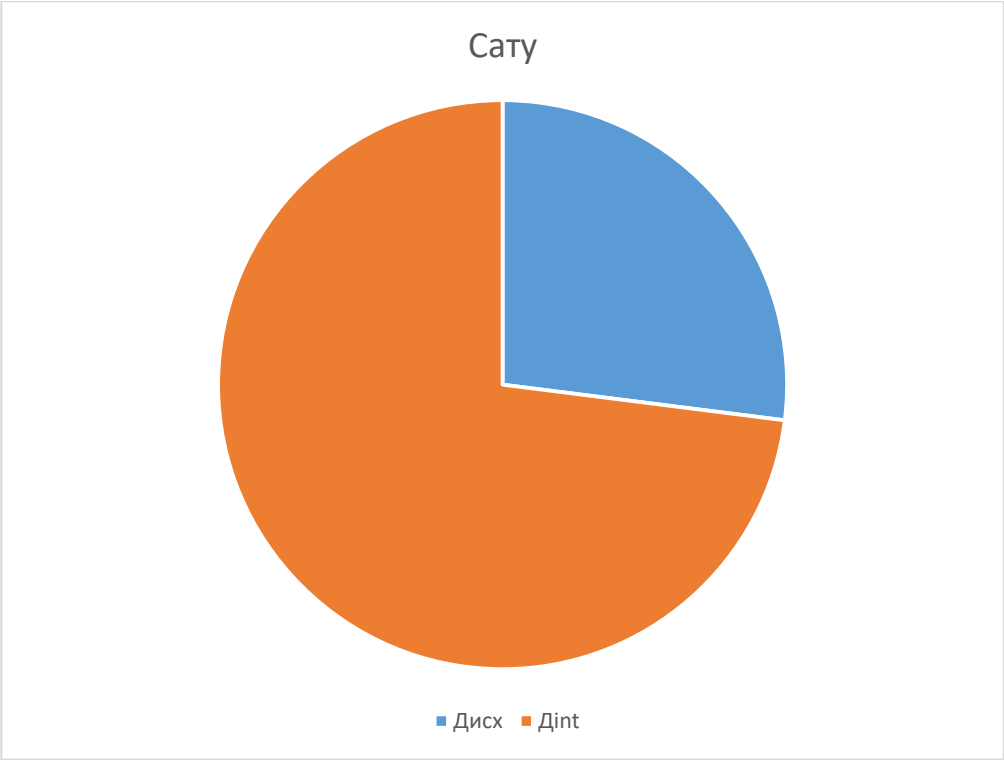
Заңды тұлғалардан:

$$T_{\text{int}.зан} = 12 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 2048 = 4915200 \text{ (тг.)}$$

Жеке тұлғалардан:

$$T_{\text{int}.жеке} = 12 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 2048 = 4915200 \text{ (тг.)}$$

Жасалған есептеу жұмыстарынан табыстың негізгі үлесі (27%) телефонмен сөйлесуден түсетіні анықталды. Интернетке қосылу қызметі үшін түсетін табыс 73% құрады (5.1 суретті қараңыз).



5.1 сурет – Қызмет сатудан түскен құрамы

5.2.4 Шығын өтеу мерзімін есептеу. Шығын өтеу мерзімін есептеу үшін экономикалық тиімділіктің абсолютті шамасын білу керек. Абсолютті экономикалық тиімділік, таза табыс сомасының шыққан шығын сомасына қатынасы ретінде анықталады.

$$E = \frac{T_{таза}}{K}. \quad (5.10)$$

Сатудан түскен табыс:

$$T_{сату} = T - Эр. \quad (5.11)$$

$T_{сату}$ = 13430400 – 7271661,55 = 6158738,45 (тг.)

Сонымен:

$$T_{таза} = T_{сату} - 0{,}2 \cdot T_{сату} = T_{сату} \cdot 0{,}8. \quad (5.12)$$

$$T_{таза} = 124353845 \cdot 0{,}8 = 492699076_{(тг.)}$$

Сондықтан:

$$E = \frac{T_{таза}}{K} = \frac{4926990,76}{5022050} = 0,98107.$$

Шығын өтеу мерзімі абсолютті экономикалық тиімділік шамасына қарама қарсы көрсеткіш:

T=1/E=1/0,98107= 1,019 жыл = 12,23(ай.)

Теория жүзінде жоба шығынын өтеу мерзімі 12,23 ай шамасында болды, ал, желіні байланыс жүйесіне нақты қосу, тестілеу, іске қосу шамамен бір жарым жыл аралығында жүргізіледі.

Қорытынды

Бұл дипломдық жобада MIMO технологиясын қолданатын жүйелердің кедергіге төзімділігі және өткізу қабілеті зерттеліп, қарастырылды. Радио байланыс жүйесінің шуылға қарсы иммунитетін әртүрлілікті қабылдаудың классикалық теориясы тұрғысынан бағалау принциптері қарастырылған. MIMO жүйесінің шуылға қарсы иммунитеті саласындағы зерттеудің өзектілігі негізделген. MIMO технологиясы ол бірнеше антенналардан тұрады, дәлірек айтқанда бірнеше қабылдаушы антенна және бірнеше таратушы антенна.

Қазіргі кезде сымсыз байланыстың дамуы интенсивті түрде жүріп жатыр. Ақпараттарды таратудың жылдамдығын арттыру және қате болудың ықтималдығын төмендету басым бағыттардың бірі болып табылады. Көпсәулелі жүйелерде антенналар көлемін ұлғайту, ақпараттарды қабылдау кезінде қатумен күресуде эффективті жол болып табылады. Осы бағытта ең перспективті болып MIMO технологиясының тарату коэффициентінің матрицасының сингулярлы жіктелуі арқылы алынған кеңістікті қосалқы арналардың түрі ретінде ұсынылуы табылады. Осы қосалқы арналар паралелльді болып табылады, себебі кеңістікті уақытты блок кодының ақпараттарының тәуелсіз ағындарын таратады.

Кросс корреляция коэффициенттерімен сипатталатын әртүрлілік арналарының тарату коэффициенттерінің құрамдас бөліктері арасында әрдайым дерлік байланыс бар. Бұл жағдайда сигналдардың бірнеше корреляциясын қарастыру қажет: көлденең және тік жазықтықтағы кеңістік; полярлық; кодты.

Техникалық есептеу бөлімінде осы дипломдық жобаның мақсаты бойынша MIMO технологиясын қолданатын жүйелердің кедергіге төзімділігін және өткізу қабілетін анықтау үшін MATLAB бағдарламасында модельдер құрастырылып зерттелді:

- MISO және SIMO технологияларының кедергіге төзімділігін оның біркелкі емес аралық каналдары және бірнеше корреляцияның болуымен әдістерді өңделді;
- MIMO, MISO және SIMO технологияларының кедергіге төзімділігін оның біркелкі аралық каналдары және уақыт бойынша тұрақты арна үшін өңделді;
- MIMO технологиясының спектральді тиімділгін су құю алгоритмін қолданып есептеу моделі өңделді;
- MIMO технологиясының 2, 3 және 4 қабылдаушы және таратушы антенналары үшін кедергіге төзімділк және өткізу қабілетін сигналдар арасындағы бірнеше корреляциялықтың болуын үлкен өлшемді матрицалардан өзіндік сандарды іздеу арқылы анықтайтын программды және компьютерлі моделі өңделді.

Өміртіршілік қауіпсіздігі бөліміне қатысты өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінде қарастырылған тақырыптар:

- Кеңседегі жасанды жарықтандыру;
- Өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету;
- Алғашқы өрт сөндіру құралдарын пайдалану.

Дипломдық жұмыстың экономикалық бөлімінде қолданылатын құрылғылардың саны мен бағасын есептеп, осы есептеуді жүргізетін адамға төленетін еңбекақыны берілген формулалар арқылы анықтадым. Содан соң Қазақстан Республикасының Салық кодексіне сәйкес қаншалықты әлеуметтік салық төлеу керек екендігін көрсеттім. Құрылғылар қанша электр энергиясын жұмсайтындығын және әр құрылғының қолданатын электр энергиясын есептеп жаздым. Осы құрылғылардың істен шығуы мүмкін болғандықтан аммортизация аударымдарын есептедім. Жалпы дипломдық жұмыс бойынша кететін шығындарды есептеп, соңында қайтарымды таптым. Ол менде 12 айға тең.

Орындалған дипломдық жоба берілген тақырыпқа сай және қазіргі заман сұраныстарына сай келеді. Жалпы жобаның мәтіндік және графикалық материалдардың құрылуы, баяндалуы, рәсімделуі және мазмұнына қойылатын жалпы талаптар орындалған.

Әдебиеттер тізімі

1. В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев, А.Б. Юрчук. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура. -М.: ЭкоТрендз,2010
2. П.Я. Ксензенко, П.В. Химич. LTE - Решающий шаг на пути к IMT-Advanced.
3. Alcatel-Lucent LTE Solution LE2.0 Overview. - Alcatel-Lucent University.TMO21020 Issue 3,2010
4. 9400 LTE RAN LA2.0 Technical Overview. - Alcatel-Lucent University.TMO18213 Issue 5, 2010.
5. Liang Zhang. Planning of 3GPP Long Term Evolution. -Helsinki,2010
6. https://lanmarket.ua/entsiklopediya/besprovodnye-tekhnologii/mimo.html.
7. Лысяков Д.Н. Анализ и синтез адаптивной обработки сигналов в системах радиосвязи с параллельной передачей информации по пространственным подканалам: дис. … канд. физ. мат. наук. - Нижний Новгород, 2010. – 123с.
8. https://moluch.ru/archive/265/61376/
9. https://monateka.com/article/244675/
10. Norbert Ephan Roland Gabriel. Base-Station-Antennas for optimized. Mobile Communication Networks, KATHREIN-Werke KG, Postfach 100 444,83004 Rosenheim, Germany.
11. Popovs V., Skudnovs V., Vasiljevs A. Antenna systems of base transceiver stations in cellular mobile networks. Modern state and perspective of development. In: 56nd. International Scientific Conference. October 12-14, 2015, Riga: Riga Technical University, Transport and Engineering, Railway Transport, 2015.
12. Sergeev I.Yu. “Circular Multiuser Beam-Free Phased Array Antenna for Wireless Communications and Comparison with the Standard Multisector Antennas”, GEOSCAN, Moscow. IEEE 2011.
13. Paul Jeffery CEng, MIET. Antenna quality impacts mobile network performance. Alpha Wireless Ltd., Ashgrove Business Centre, Ballybrittas, Portlaoise, Co. Laois, Ireland.
14. Shekh K., Gesbert D., Gore D., Paulraj A. Smart antennas for broadband wireless access network. IEEE Communication Magazine. Nov. 1999.
15. Ерохин Г. А., Чернов О. В., Козырев Н. Д., Кочержевский В. Д. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007. — 496 с.
16. Yong Soo Cho, Jaekwon Kim, Won Young Yang, Chung-Gu Kang. MIMOOFDM Wireless Communications with MATLAB. Singapore 2010, p.439.
17. Hemangi Deshmukh, Harsh Goud. Capacity Analysis og MIMO OFDM System using Water Filling Algorithm. //International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), 2012, vol. 1, 329p.

18. Stutzman, W.L. Thiele, G.A. Antenna Theory and Design, 3rd Edition. New York: Wiley, 2013, p. 307.

19. Brown T., Saunders S., Evans B. Analysis of Mobile Terminal Diversity Antennas//IEEE Transaction On Communications, Vol. 48, No. 3, 2000., p.502-513.

20. Янцен А.С., Носов В.И. оценка помехоустойчивости технологии MIMO с учетом корреляции сигналов в антеннах / Topical areas of fundamental and applied research VII, 19-20 october 2015, North Charleston, USA vol. 1, p. 147 – 151.

21. Nosov V.I., Yantsen A.S. Befinition of MIMO technology noise immunity by correlated channels // IEEE, XIII international scientific-technical conference on actual problems of electronic instrument engineering (APEIE) – 39281 proceedings APEIE – 2016, Volume 1, Part 2. – P. 45 – 48.

22. ГОСТ 12.1.055.88 ССБТ – «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» - Всесоюзный Центральный Совет Профессиональных Союзов, 1988.

23. Жандаулетова, Ф. Р. Охрана труда : учебник для вузов / Ф.Р. Жандаулетова, Т.Е. Хакимжанов, Т.С. Санатова; МОН РК, НАО АУЭС. - Алматы : АУЭС, 2019. - 399 с.

24. СНиП РК 2.04-05-2002 – «Естественное и искусственное освещение» - Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства, 2003.

25. Абдимуратов Ж.С., Мананбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат - Алматы: АИЭС, 2009. - 20 с.

26. СНиП РК 2.02-05-2009 – «Пожарная безопасность зданий и сооружений» - Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства, 2010.

27. Т.С. Санатова, С.Е. Мананбаева, А.С. Бегимбетова. Еңбекті қорғау. Күндізгі-сырттай оқу түрінің барлық мамандықтар суденттері үшін зертханалық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқау.- Алматы: АЭжБИ, 2008.-22 б.

28. Абикенова А.А., Санатова Т.С. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Пожарная профилактика» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат - Алматы: АИЭС, 2009. - 32 с.

29. Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Экономика предприятия. Методические указания по выполнению семестровых работ для студентов специальности 5В071900- Радиотехника, электроника и телекоммуникации. Алматы. АУЭС, 2013. -31с.

30. К.Б. Базылов, З.Д. Еркешева. Экономика предприятия. Методические указания к выполнению семестровых работ для студентов

очной формы обучения специальности 050719 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации. – Алматы: АИЭС, 2009 – 14 с.

31. Алибаева С.А., Базылов Қ.Б. Кәсіпорын экономикасы. 5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығының студенттері үшін есептеу-графикалық тапсырмаларды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар. Алматы, АЭжБУ, 2011. - 49 б.

32. Ұйым стандарты. Оқу әдістемелік және оқу жұмыстары. Оқу әдістемелік және оқу жұмыстарының құрылуына, жазылуына, рәсімделуіне және мазмұнына қойылатын жалпы талаптар. КЕАҚ СТ 56023-1910-04-2014. Алматы: АЭжБУ, 2015