

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар
кафедрасы

Умирзак Әдемі Ғаниқызы

«Денсаулық сақтау саласында 5G желісін қолдану»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және телекоммуникациялық технологиялар институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Денсаулық сақтау саласында 5G желісін қолдану»
6B06201 – «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:

Умирзак Әдемі

Пікір беруші

ҚазҰАЗУ, доктор PhD.,

қауымд. профессоры

Олібек Н.Б.

« 15 » 05 2025 ж.

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф. қауымд. профессор,

доктор PhD

Тайсариева К.Н.

« 10 » 05 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ
ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация



БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай

2025 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы Умирзак Әдемі

Тақырыбы «Денсаулық сақтау саласында 5G желісін қолдану»

Университет ректорының «26» 01.2025 ж. 1971/0 бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- 1) 5G желілері 20 Гбит/с дейінгі жылдамдықпен деректерді тасымалдауды қамтамасыз ету;
- 2) 1-2 Гбит/с төмен кідірісті қашықтықтан хирургия, жоғары жылдамдықты бейнеқоңырау және ақылды құрылғыларды қосуды есептеу ;
- 3) 5G желісі арқылы алынған деректерді жасанды интеллект талдап, диагноз қоюдың алдын ала болжау әдістері: Гаусс-Ньютон, Левенберг-Марквардт, мультисызықты емес қайталанатын регрессияға
- 4) Кілт ұзындығы -12, АЕС-128– 1 әдісін 5G желісі арқылы жіберілетін деректер шифрлауда қолдану

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- 1) 5G технологиясының техникалық ерекшеліктерін зерттеу және оның басқа ұрпақ желілерінен айырмашылығын көрсету;
- 2) Дәрігерлер мен пациенттер арасындағы қашықтықтан байланыс сапасын талдау;
- 3) Телемедицина, смарт-киім, қашықтықтан диагностика және қашықтан хирургия салаларындағы 5G желісінің рөлін талдау;
- 4) Медициналық құрылғыларды қосу үшін төмен кідірісті және үлкен өткізу қабілетін қамтамасыз етуді талдау.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1) Brown, R. (2020). 5G технологиясы және денсаулық сақтау: Жаңа мүмкіндіктер мен болашақ бағыттар. Springer.

2) Alotaibi, F. S., & Mehmood, R. (2021). 5G және жасанды интеллект: Денсаулық сақтау саласындағы инновациялық шешімдер. Sensors, 21(5), 1678..

3) Wang, Y., & Liu, S. (2023). Телемедицинадағы 5G технологиясы: Қолдану сценарийлері мен болашағы. Proceedings of the International Conference on e-Health Networking, Application & Services, 45-50.

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
5G желісінің медициналық қызметтерге тиімділігін талдау	04.01.2025 - 01.02.2025	орындалған
Роботтандырылған операцияларды қашықтықтан басқаруды талдау	01.02.2025 - 01.03.2025	орындалған
5G желісі арқылы жіберілетін деректер шифрлау	01.03.2025-30.05.2025	орындалған

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Тайсариева К.Н., PhD., ЭТЖҒТ қауымдастырылған профессор.	19.03.25	
Теориялық ақпарат	Тайсариева К.Н., PhD., ЭТЖҒТ қауымдастырылған профессор.	29.04.25	
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ, PhD., аға оқытушысы	23.05.25	

Ғылыми жетекшісі

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Тайсариева К.Н.

Умирзак Әдемі

Күні «2» ақпан 2025ж.

АНДАТПА

Бұл жұмыста LSTM нейрожелісіне негізделген 5G желісі арқылы IoT трафигінің өткізу қабілеттілігін болжау әдісі ұсынылды. Әдіс 500 жасырын нейронмен модельденіп, 4–14 пакет/с аралығында жоғары дәлдік көрсетті. Зерттеу нәтижелері телемедицинада - қашықтықтан диагностика, бақылау және емдеуде – 5G технологиясының маңыздылығын дәлелдеді. Сонымен қатар, жұмыста киілетін, имплантталған және қашықтағы бақылау құрылғылары сияқты IoT сенсорларының рөлі қарастырылып, олардың 5G арқылы нақты уақыттағы деректермен тиімді жұмыс істеу мүмкіндігі көрсетілді.

АННОТАЦИЯ

В данной работе предложен метод прогнозирования пропускной способности трафика IoT в сети 5G на основе нейросети LSTM. Разработанная модель с 500 скрытыми нейронами показала высокую точность при различных скоростях передачи пакетов (от 4 до 14 пакетов/с). Результаты подтверждают эффективность технологии 5G в телемедицине - для удалённой диагностики, наблюдения и лечения. Также рассмотрена роль сенсоров IoT (носимых, имплантируемых и дистанционных устройств) и их возможности работы в режиме реального времени через 5G-сети.

ANNOTATION

This work proposes a method for predicting the bandwidth of IoT traffic in 5G networks using an LSTM-based neural network. The developed model, with 500 hidden neurons, demonstrated high accuracy at various packet transmission rates (from 4 to 14 packets/sec). The results confirm the importance of 5G technology in telemedicine for remote diagnostics, monitoring, and treatment. The study also highlights the role of IoT sensors (wearable, implantable, and remote devices) and their ability to operate in real-time via 5G networks.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	
1 Телемедицина бойынша жалпы түсінік	9
1.1 Медициналық телемедицинадағы 5G желілерінің артықшылықтары	9
1.2 Бесінші буын байланыс желілері	14
1.3 Жасанды интеллект технологияларын 5G желілерінде қолданудың болашағы.	16
1.4 Гетерогенді 5G сымсыз желісінің архитектурасы	17
1.5 5G стандартын талдау	19
2 5G/IMT2020 желілерінің негізгі сипаттамаларын анықтау және оларды қолданыстағы IMT желілерімен салыстыру	21
2.1 5G/IMT-2020 желілерінде денсаулық сақтау саласына ұсынылатын қызметтер мен қызметтердің жалпы сипаттамасы	21
2.2 Пайдаланушы идентификаторлары	24
2.3 5G технологиясының спектрі	27
2.4 5G технологиясы және спектрге қойылатын талаптар	28
2.5 Базалық желі	30
2.6 5G/IMT2020 желісінің радио интерфейстеріне арналған технологиялық шешімдердің жалпы сипаттамасы	31
2.7 5G-IoT-LPWAN: қарым-қатынас	33
3 Деректерді цифрлық өңдеу және визуализация	39
3.1 Алынған деректерді өңдеу және визуализациялау алгоритмі	39
3.2 Гаусс-Ньютон, Левенберг-Марквардт, мультисызықты емес қайталанатын регрессияға әдістерін қолданып қашықтықтан алынған рентген суреті, УДЗ түсірілімі, КТ кесіндісін медициналық болжау үшін LSTM негізіндегі терең оқыту	40
3.3 5G трафигін болжау үшін LSTM негізіндегі терең оқыту	43
Қорытынды	51
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	52

КІРІСПЕ

Цифрлық технологиялардың қарқынды дамуы денсаулық сақтау саласына да өз әсерін тигізіп отыр. Соның ішінде, телемедицина – науқастарға медициналық көмек көрсету тәсілдерін түбегейлі өзгертетін инновациялық бағыттардың бірі. Бұл – қашықтықтан диагностика жасау, кеңес беру, ем тағайындау және науқастарды бақылау мүмкіндігін беретін жүйе. Қазіргі таңда телемедицинаның дамуы әсіресе шалғай аймақтардағы тұрғындарға сапалы медициналық қызметті қолжетімді етуге мүмкіндік береді.

5G желілерінің енгізілуімен телемедицинаның әлеуеті бұрын-соңды болмаған деңгейге жетіп отыр. Жоғары жылдамдық, деректерді кідіріссіз жеткізу және сенімді байланыс – нақты уақыт режимінде бейнеқоңыраулар жүргізуге, күрделі операцияларды қашықтықтан орындауға және пациенттердің денсаулық жағдайын үздіксіз бақылауға жол ашады. Бұл өз кезегінде медицина сапасын арттырып, өмірді сақтауға септігін тигізеді.

5G желісі – жоғары жылдамдықты, төмен кідірісті және жоғары өткізу қабілеттілігімен ерекшеленетін жаңа буын сымсыз байланыс технологиясы. Бұл қасиеттер оны медицина саласында кеңінен пайдалануға мүмкіндік береді. 5G технологиясының арқасында медицинада мынандай бағыттарда үлкен жетістіктерге қол жеткізуге болады:

- Қашықтан операция жасау (телехирургия):

Хирургтар роботталған жүйелер арқылы әлемнің кез келген нүктесінде орналасқан пациентке операция жасай алады. 5G-дің төмен кідірісі (latency) арқасында нақты уақыттағы басқару мен дәлдік қамтамасыз етіледі;

- Қашықтықтан бақылау және диагностика:

Созылмалы аурулармен ауыратын науқастарды бақылау үшін 5G сенсорлар мен құрылғылар арқылы үздіксіз және нақты деректерді жібере алады. Бұл медициналық қызметкерлерге дер кезінде араласуға мүмкіндік береді;

- Мобильді денсаулық сақтау:

Жедел жәрдем көліктері немесе шалғай ауылдардағы мобильді клиникалар 5G арқылы орталық ауруханалармен үздіксіз байланыста бола алады. Бұл шұғыл жағдайларда диагноз қою мен емдеуді жылдамдатады;

- Жасанды интеллектпен интеграция:

5G арқылы үлкен көлемдегі медициналық деректерді бұлтты серверлерге жіберіп, сол жерде талдау жасауға болады. Бұл жасанды интеллекттің көмегімен диагноз қоюдың дәлдігін арттырады;

- Жоғары сапалы бейнебайланыс:

Пациент пен дәрігер арасындағы телемедициналық кеңестер Full HD немесе 4K сапада өткізіліп, визуалды тексерулердің сапасын жақсартады.

1 Телемедицина бойынша жалпы түсінік

1.1 Медициналық телемедицинадағы 5G желілерінің артықшылықтары

5G желілері алдыңғы буын байланыс технологияларымен салыстырғанда деректерді бірнеше есе жылдам жеткізуді қамтамасыз етеді. Бұл жоғары сапалы медициналық бейнелер мен диагностикалық деректерді нақты уақыт режимінде жіберуге мүмкіндік береді, сондай-ақ дәрігерлер мен пациенттер арасында жедел және тиімді ақпарат алмасуды қамтамасыз етеді.

5G желілеріндегі кідіріс миллисекундтармен өлшенеді, бұл қашықтықтан басқарылатын хирургиялық операциялар үшін өте маңызды. Кідірістің төмен болуы нақты уақыттағы басқару мен араласуды қамтамасыз етеді, бұл әсіресе шұғыл медициналық жағдайларда шешуші рөл атқарады.

5G технологиясы үлкен көлемдегі медициналық файлдарды – мысалы, КТ, МРТ суреттері мен басқа да биомедициналық мәліметтерді сапаны жоғалтпай жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл күрделі клиникалық шешімдер қабылдауда өте маңызды [1].

5G технологиясы – заманауи байланыс саласындағы үлкен серпіліс, ол денсаулық сақтау саласында жаңа экожүйе құруға қажетті жағдайларды қамтамасыз етеді және пациенттер мен медициналық қызмет көрсетушілердің заманауи қажеттіліктеріне жауап береді.

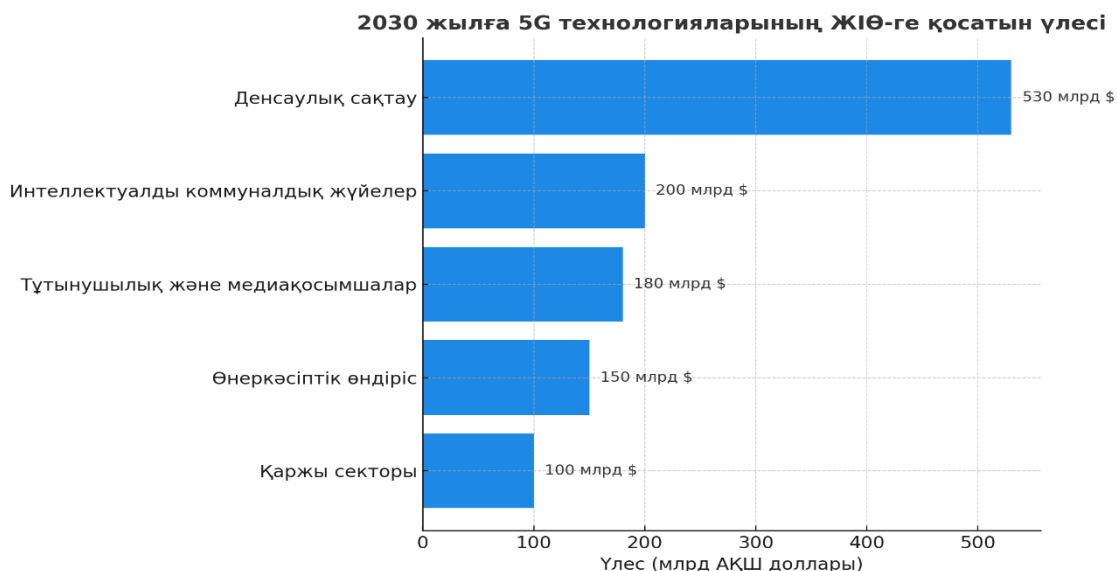
Statista компаниясының болжамына сәйкес (1.1-сурет), 2030 жылға қарай 5G технологиясының жаһандық ЖІӨ-ге қосатын үлесі 1,3 триллион АҚШ долларын құрайды. Салалық бөліністе сөзсіз көшбасшы – денсаулық сақтау саласы (530 миллиард доллар), одан кейін интеллектуалды коммуналдық жүйелер, тұтынушылық және медиақосымшалар, өнеркәсіптік өндіріс және қаржы секторы орналасады [1.].

Ernst&Young (EY) компаниясының "Reimagining Industry Futures Study 2021" атты жаһандық зерттеуінде әртүрлі экономикалық секторлардан 1000-нан астам компания қатысып, 5G технологиясының ықпалы зерттелді. Зерттеу нәтижесінде компаниялардың 74%-ы жаңа байланыс буыны алдағы бес жылда бизнес-процестерді едәуір жетілдіреді деп санайтыны анықталды [2].

5G технологиясы – өзінің кең мүмкіндіктері, қолдану салаларының көптігі және экономика секторларындағы цифрлық трансформацияны жеделдету қабілеті арқасында бүкіл әлемде өзекті трендке айналды.

5G мүмкіндіктері денсаулық сақтаудың көптеген салаларында пайдалы болуы мүмкін, соның ішінде телемедицина, қашықтықтан хирургия, үлкен көлемдегі медициналық файлдарды жіберу, нақты уақыт режимінде бақылау жасайтын киілетін құрылғыларды пайдалану, VR/AR арқылы оқыту және оңалту. 5G желісі көптеген қосылған құрылғылар мен датчиктерді қамтып, Медициналық Заттар Интернетіне (IoMT) қажетті инфрақұрылымды қамтамасыз етеді.

5G-ді денсаулық сақтау саласында қолдану - жоғары сапалы және тиімді байланысты, үлкен көлемдегі деректерді жылдам және кідіріссіз жеткізуді, сондай-ақ жоғары есептеу қуатын қамтамасыз етеді. Бұл – диагностика мен емдеуді айтарлықтай жақсартып, жеделдетуге ықпал етеді. Сонымен қатар, 5G технологиясын пайдалану COVID-19 пандемиясының денсаулық сақтау жүйелеріне тигізген бұрын-соңды болмаған әсерімен күресте елеулі көмек көрсетеді.



1.1-сурет – 5G технологияларының 2030 жылға дейінгі жаһандық ЖІӨ-ге салалар бойынша үлесі

Бұл графикте 5G технологияларының 2030 жылға қарай жаһандық ішкі жалпы өнімге (ЖІӨ) қосатын үлесі салалар бойынша көрсетілген. Есептеулер Statista компаниясының болжамдарына негізделген.

Графиктен байқағанымыздай, денсаулық сақтау саласы 5G технологияларынан ең көп пайда көретін сала болып отыр - оның үлесі 530 миллиард АҚШ долларына дейін жетеді. Бұл телемедицина, қашықтықтан хирургия, науқастарды онлайн бақылау сияқты жаңа мүмкіндіктерді белсенді пайдалануға байланысты.

Келесі орында - интеллектуалды коммуналдық жүйелер (200 млрд \$), тұтынушылық және медиақосымшалар (180 млрд \$), өнеркәсіптік өндіріс (150 млрд \$) және қаржы секторы (100 млрд \$) тұр.

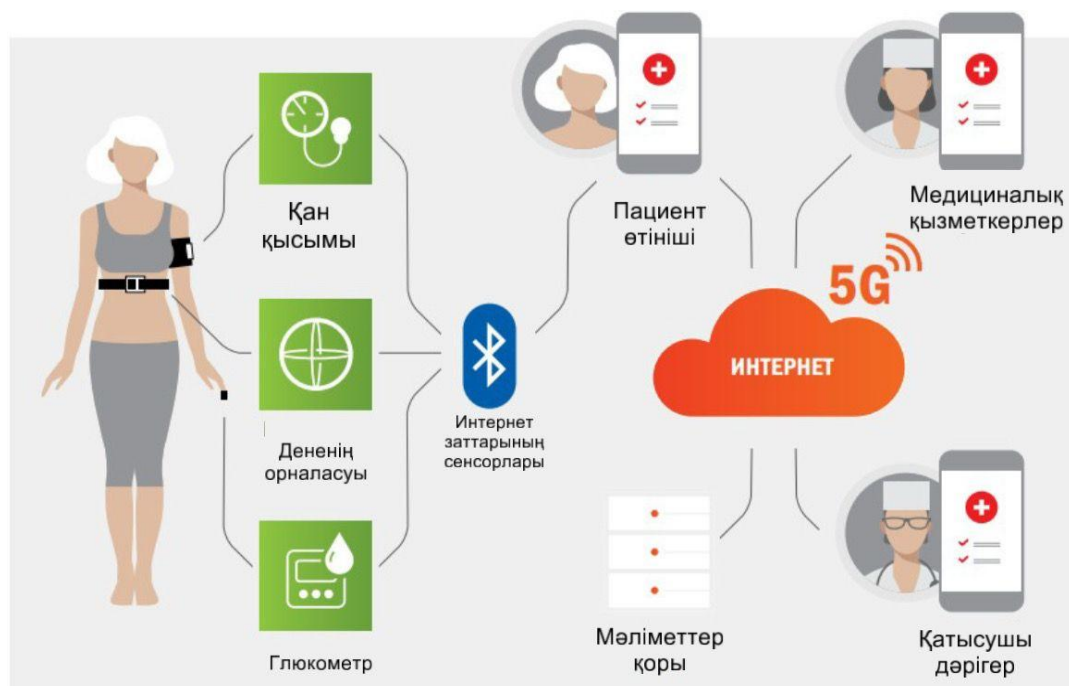
Осыдан 5G технологиясы тек байланыс емес, сонымен қатар экономиканың әртүрлі салаларындағы цифрлық трансформацияның катализаторы болатынын көруге болады.

Қашықтағы денсаулық сақтау қосымшасындағы Интернет заттарының (IoT) сенсорлары - бұл пациенттің денсаулығы туралы нақты уақыт режимінде деректер жинауға, жіберуге және талдауға мүмкіндік беретін ақылды

құрылғылар мен сенсорлардың жүйесі. Олар телемедицинада, аурудың алдын алуда, созылмалы ауруларды бақылауда және жедел жағдайларда қолданылуда.

Негізгі түрлері мен функциялары:

- Киілетін құрылғылар (Wearables) – жүрек соғу жиілігін, қан қысымын, қандағы оттегі деңгейін, дене температурасын бақылау. – мысалы: ақылды білезіктер, сағаттар, кеудеге тағылатын сенсорлар;
- Имплантталған сенсорлар – жүрек пейсмеркерлері, глюкозаны бақылайтын құрылғылар (мысалы, диабетпен ауыратындар үшін). – үздіксіз ішкі көрсеткіштерді бақылауға мүмкіндік береді;
- Қоршаған ортаны бақылайтын сенсорлар – ауа сапасы, бөлме температурасы мен ылғалдылығы сияқты факторларды қадағалайды. – бұл әсіресе қарттар мен тыныс алу жолдары аурулары бар адамдар үшін маңызды;
- Қашықтағы диагностикалық құралдар – пациенттің өз үйінде қолдана алатын құрылғылар (электрокардиограф, электрондық термометр, оксиметр). Дәрігерлер бұл деректерге 5G арқылы нақты уақытта қол жеткізеді.



1.2-сурет – Қашықтағы Денсаулық сақтау қосымшасындағы интернет заттарының сенсорлары

Суреттегі әйел адамға бірнеше ақылды медициналық құрылғы тағылған. Бұл - науқастың денсаулығын бақылау үшін арналған IoT сенсорлары:

- Қан қысымын өлшейтін құрылғы - науқастың артериялық қысымын бақылайды;
- Глюкометр - қандағы глюкоза (қант) деңгейін өлшейді, бұл әсіресе диабетпен ауыратындарға қажет;

- Дененің орналасуын анықтайтын сенсор - адамның қозғалысын, жату қозғалу жағдайын немесе кенеттен құлауын бақылайды.

Бұл құрылғылардың бәрі пациенттің денесіне ыңғайлы етіп орналастырылған және олар автоматты түрде деректер жинайды.

Байланыс: Bluetooth және 5G. Сенсорлар жиналған деректерді Bluetooth арқылы бір-бірімен немесе негізгі құрылғыға жібереді. Одан кейін, бұл ақпарат 5G желісі арқылы интернетке жіберіледі.

5G – бұл жаңа буын сымсыз байланыс желісі. Оның артықшылығы жоғары жылдамдық, төмен кідіріс және үлкен көлемдегі деректерді тасымалдау мүмкіндігі [3]. 5G бұл процестің ең маңызды бөлігі: ол науқас пен дәрігер арасында нақты уақыттағы (real-time) үздіксіз байланыс орнатуға мүмкіндік береді. Мәліметтер қоры (бұлттық сервер). Жиналған деректер арнайы мәліметтер қорында сақталады. Бұл – сервер немесе бұлттық жүйе. Бұл деректер сақталып қана қоймай, қажет кезде дәрігерлер мен медициналық қызметкерлерге қолжетімді болады.

Медициналық қызметкерлер мен дәрігер

- Пациенттің өтініші – пациент өзінің денсаулығы туралы ақпаратты мобильді қосымша арқылы жіберуі мүмкін;

- Медициналық қызметкерлер – мәліметтерді қарап, науқастың жағдайын бақылайды;

- Қатысушы дәрігер – нақты диагноз қойып, науқаспен тікелей байланыс орната алады.

Осының бәрі қашықтан медициналық қызмет көрсету мен тез арада әрекет етуді қамтамасыз етеді. Бұл схема болашақ медицинасының нақты моделі. IoT сенсорлары мен 5G технологиясының үйлесімі арқасында:

- Науқастың жағдайы нақты уақытта бақыланады;

- Уақтылы дәрігерлік көмек көрсетіледі;

- Шалғай ауылдар мен қолжетімсіз жерлердегі пациенттер де сапалы медициналық қызметке ие болады;

- Медициналық жүйенің тиімділігі артады.

Көптеген жетекші денсаулық сақтау ұйымдары жасанды интеллектіні (ЖИ) пайдалана отырып, пациенттерге диагноз қою және емдеу жоспарын анықтау үдерісіне қосып жатыр. Сонымен қатар, ЖИ отадан кейінгі асқынулардың пайда болу ықтималдығын анықтауға көмектеседі, бұл қажетті шараларды ерте кезеңде қабылдауға мүмкіндік береді.

Машиналық оқыту үшін нақты уақытта үлкен көлемдегі деректерді өңдеу өте сенімді және өткізу қабілеті жоғары желілерді қажет етеді. Бұған қоса, мамандар жиі өздерінің мобильді құрылғылары арқылы деректерге қол жеткізуі керек. 5G желілеріне көшу арқылы медициналық мекемелер кез келген жерде сапалы қызмет көрсету үшін қажет ЖИ құралдарын толық пайдалана алады.

Жасанды интеллект негізіндегі қашықтан бақылау шешімдері науқастардың жағдайындағы өзгерістерді нақты уақыт режимінде анықтауға, ауруханаға жатқызу жағдайларын азайтуға және қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді. ЖИ мен 5G қолдайтын құрылғылар

пайдаланушылардың күнделікті белсенділігін қимылдарды тану алгоритмдері арқылы бақылайды және ұйқы сапасы, құлау қаупі, сұйықтық тұтыну, физикалық белсенділік сынды талдаулар мен болжау деректерін ұсынады. Бұл көрсеткіштер дәрігерлер үшін науқастың жағдайын үздіксіз бақылауға қажетті маңызды клиникалық деректер болып табылады.

Интернет заттары (IoT) және ЖИ негізіндегі деректерді талдау медициналық құрылғылар арқылы денсаулық жағдайын бақылауды жеңілдетіп, толық «байланысты» клиника құруға мүмкіндік береді. ЖИ-ге негізделген қосымшалар мен киілетін құрылғылар 5G мен машиналық оқытуды пайдалана отырып, медициналық диагноз бен шұғыл көмекке қатысты деректерді талдай алады. 5G инфрақұрылымы бұлттық платформаларға нақты уақытта жіберілетін пациент туралы деректерді талдау үшін ЖИ бағдарламалық қамтамасыз етуін қолдануды едәуір жеңілдетіп, сенімді етеді.

Медициналық кескіндерді талдау – мәліметтердің үлкен көлеміне байланысты дәстүрлі түрде күрделі міндет. Клиникалық мамандар бұл кескіндердің күрделілігі мен динамикалық өзгерістерін дәл интерпретациялауы керек, бұл көп уақытты алып, көздің шаршауына байланысты қателіктерге әкелуі мүмкін. Алайда, машиналық оқыту жүйелеріндегі соңғы жетістіктер ЖИ көмегімен кескіндерден көбірек және дәлірек ақпарат алуға, сондай-ақ адам көзімен байқау қиын ерекшеліктерді анықтауға болатынын көрсетті.

Жасанды интеллект (ЖИ) – бұл «ақылды машиналарды» жасауға бағытталған информатика саласы. ЖИ сымсыз желілерден (мысалы, Заттар Интернеті) деректерді талдауға көмектеседі, оның ішінде: деректерді даярлау, деректерді табу, деректер ағындарын визуализациялау, уақытша қатарлардың деректерінің дәлдігі, болжамды және кеңейтілген аналитика, сондай-ақ геопространдық деректер және нақты уақыттағы орналасуды анықтау (логистика) деректері.

Машиналық оқыту – ЖИ саласының бір бөлігі, ол жүйелерге өз тәжірибесіне сүйене отырып үйренуге және айқын бағдарламалаусыз жетілдіруге мүмкіндік береді. Бұл компьютерлік бағдарламаларды әзірлеуге бағытталған, олар деректерге қол жеткізіп, оларды оқыту үшін пайдалана алады. Машиналық оқыту 5G желілерінде жұмыс істеуге толықтай сәйкес келеді, себебі ол әрекеттерді дәл болжау үшін үлкен деректер көлемін талап етеді. Бұл 5G үшін өте қолайлы жағдай, себебі бұл желі бар болғаны бар деректерді қазіргі желілерден жылдамырақ жібере алады.

Келесі ұрпақтың мобильді және сымсыз байланыс технологиялары да оңтайландыруды талап етеді, сол арқылы белгілі мақсатты функцияларды минимизациялау немесе максимизациялау қажет. Мобильді және сымсыз байланыс жүйелерінің кейбір мәселелері сызықтық емес болып табылады, сондықтан олар жақындатылған шешімдерге мұқтаж. Жасанды нейрондық желілер (ЖНЖ) – бұл оңтайландыруды қажет ететін сызықтық емес тапсырманың мақсатты функциясын модельдеу үшін ұсынылған жасанды интеллект техникасы.

Терең оқыту – бұл машиналық оқытудың (МО) сыныбы, ол машиналық оқыту процесін жүзеге асыру үшін жасанды нейрондық желілердің иерархиялық құрылымын пайдаланады. Жасанды нейрондық желілер адамның миын имитациялап, нейрондық түйіндерден тұрады, олар желіге қосылған. Бірақ дәстүрлі бағдарламалар тек сызықтық деректерді талдайды. Терең оқытудың иерархиялық функциясы машиналарға деректерді сызықтық емес тәсілмен өңдеуге мүмкіндік береді. Терең оқыту – бұл деректерді өңдеуде адамның миының функцияларын имитациялайтын жасанды интеллект функциясы, ол шешім қабылдау үшін қолданылады. Жасанды интеллекттің терең оқытуы құрылымданбаған деректерде оқи алады.

1.2 Бесінші буын байланыс желілері.

5G сымсыз байланыс желілері ауқымды енгізуге жақын. Қазіргі уақытта 5G желілері бірнеше елде енгізілді. Олар жоғары жылдамдықты мүмкіндіктерді, құрылғыларды қосу үшін өте жоғары тығыздықты, ультра кіші кешігу, жоғары сенімділік, жоғары мобильділікті қолдауды және энергия тиімділігін қамтамасыз етеді, қазіргі сымсыз желілермен салыстырғанда. 5G ұялы байланысы біздің күнделікті өміріміздің түрлі салаларында қызметтерге деген әртүрлі талаптарды орындауы күтілуде, тұрғын үйден бастап жұмысқа, демалысқа және көлікке дейін. 5G талаптарының максималды көлемі, пайдаланушы тәжірибесі, тиімділік, өнімділік және күрделі желілік орта себепті, 5G желілерін жобалау мен оңтайландыру өте күрделі ғылыми міндеттерге айналды.

5G желілерін енгізумен бірге ғаламдық мобильді деректер трафигі 2023 жылға қарай айына 100 эксабайтқа дейін артады, бұл қазіргі деңгейден екі есеге жуық артық. Болашақ 5G желілерінде желі архитектурасы мен сымсыз байланыс күрделілігі айтарлықтай артады. Екінші жағынан, пайдаланушы/құрылғы үшін қолжетімді орташа ресурстар сәл шектелген болады; сондықтан деректер мен пайдаланушы құрылғыларының көлемінің күрт өсуі желі трафигін басқару мен оңтайландыру үшін маңызды мәселе болады.

Қазіргі зерттеулер 5G желілеріндегі трафикті басқару дәстүрлі түрде өз мүмкіндіктерін аяқтаған. 5G трафигін басқару мәселесін шешу және бүкіл желіні ғаламдық деңгейде оңтайландыру өте қиын болады. Бұл жаңа шешімдерді енгізудің қажеттілігін көрсетеді.

Халықаралық Электробайланыс Одағы (ITU) бойынша болашақ 5G жүйелері үш маңызды құрамдас бөлікті қамтиды:

- Жетілдірілген мобильді кең жолақты байланыс (eMBB), бұл деректердің кең жолақ өткізу қабілетін қамтамасыз етеді және 5G NR мен 4G LTE кешігулерін азайтады. Бұл мобильді кең жолақты қолжетімділіктің қазіргі нұсқаларын дамытуды және 3D, мультимедиа, UHD (жоғары ажыратымдылықтағы) AR/VR қосымшалары сияқты жаңа қызметтерге жоғары жылдамдықты деректерді тасымалдауды көздейді. eMBB жылдам қосылымдарды, жоғары өткізу қабілеттілігін және үлкен өткізу қабілетін

қамтамасыз етеді. Бұл жоғары трафикті аймақтарда, мысалы, стадиондарда, қалаларда және концерт алаңдарында пайдалы болады;

- Машина түріндегі массивті байланыс (MTC), оның мақсаты - өте көп құрылғыларды қосу үшін арналардың жоғары тығыздығын қамтамасыз ету (1 км^2 -ге дейін $1\,000\,000$ құрылғы), деректерді беру жылдамдығы төмен (құрылғыға 1-ден 100 кбит/с дейін) және аз қуат тұтынуды (автономды жұмыс уақыты 15 жылға дейін) қамтамасыз ету. Бұл ақылды қала, Интернет заттары (IoT) және киілетін құрылғылар желілерін қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін қажет [4];

- Жоғары сенімділік және ультра төмен кешігуі бар байланыс (URLLC), бұл сымсыз қызметтер үшін өте жоғары сенімділікті ($99,9999\%$) және ультра төмен кешігуді (1 мс) қамтамасыз етуге бағытталған, басқару желілері үшін, мысалы, ақылды есептегіштер, жоғары жылдамдықты пойыздарды басқару, жол қозғалысының қауіпсіздігін басқару, қашықтан медициналық қызмет көрсету және өнеркәсіптік роботтарды басқару сияқты.



1.3-сурет – IMT-2020 жүйелік талаптары

Сонымен қатар, 5G желілеріндегі өзін-өзі ұйымдастыратын желілер мен жасанды интеллектіні (AI) біріктіру желінің интеллектуалды және автономды жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Жасанды интеллект 5G-те тек ішінара жүзеге асырылғанымен, 5G кейінгі байланыс желілерінде AI толықтай іске асырылады. Жасанды интеллект 5G желілерінде интеллектуалды және автономды жұмыс істеуді қамтамасыз етеді, бұл қазіргі және болашақтағы қосымшалар үшін өте маңызды.

5G пайдаланушылық жағдайларына қатысты IMT-2020 жүйесінің талаптары көрсетілген [21, 22].

1.3 Жасанды интеллект технологияларын 5G желілерінде қолданудың болашағы.

Бесінші буын және келесі буын байланыс желілері желілік протоколдарды және ресурстарды басқару үшін сенімді интеллектуалды алгоритмдерге мұқтаж, әртүрлі қызметтер мен түрлі сценарийлер үшін. Жасанды интеллект (ЖИ) деп ортаңды танып, алдын ала анықталған мақсатқа жету үшін әрекет ететін процесс немесе құрылғы түсініледі және бұл байланыс жүйесінің күрделі әрекеттерін болжау үшін практикалық шешім болып табылады. Соңғы жылдардағы терең оқыту, конволюциялық нейронды желілер және күшейтуді оқыту саласындағы жаңалықтар бұрын шешілмейтін деп есептелген күрделі мәселелерді шешуде елеулі прогресске уәде береді [3,4].

Жасанды интеллект алдын ала және динамикалық ресурстарды бөлу мүмкіндігін жасайды, бұл желіге ресурстарды нақты уақытта қажетті жерлерге бөлуге мүмкіндік береді, бұл қазіргі желілерде басым болып келген статикалық ресурстарды бөлу әдістерінен ерекшеленеді [5]. Бұл қала орталықтарынан тұрғын үй аймақтарына трафик сұранысының күтпеген ауысымын, пандемиядан туындаған, RAN (радио қол жеткізу желісі) және транзиттік желіге салмақ түсіретін жағдайды шешуге көмектеседі. Сонымен қатар, ЖИ трафикті болжауға және бағалауға, ақауларды анықтауға көмектеседі және желіге өзін-өзі қайта конфигурациялауға мүмкіндік береді, пайдаланылмайтын базалық станцияларды өшіріп немесе өзін-өзі қалпына келтіру функцияларын автоматты түрде іске қосады [6]. Бұл пандемия кезінде қажет, өйткені желіні қолдауға арналған қолжетімді адам ресурстары айтарлықтай азайып кетеді. Сонымен қатар, ЖИ қызмет көрсету тасымалдауын алдын ала оңтайландыруға мүмкіндік береді, бұл пандемия кезіндегі денсаулық мәселелерін шешуге, науқастарды қашықтан видео/дыбыстық байланыс арқылы медициналық қызметкерлермен ауруханада немесе ауруханаға барар жолда қызмет көрсетуге, байланыс бір базалық станциядан екінші базалық станцияға ауысқанда қызмет көрсету немесе үзілістерді болдырмауға көмектеседі [2].

Сонымен қатар, жасанды интеллект технологиясын бесінші және келесі буын байланыс желілеріне интеграциялау физикалық деңгейді оңтайландыру, күрделі шешімдер қабылдау, желіні басқару және ресурстарды оңтайландыру мәселелерін шешуге мүмкіндік береді. Үлкен деректер технологиясының дамуы бізге сымсыз желілердің негізгі сипаттамаларын зерттеуге және 5G сымсыз желілерінің жұмысын тереңірек және дәлірек түсінуге тамаша мүмкіндік береді. 5G сымсыз технологиялары мен байланыс жүйелерін зерттегенде, ЖИ қуатты құралға айналады және сымсыз сигналдарды өңдеу, арналарды модельдеу және ресурстарды басқару сияқты көптеген ықтимал қолдануларды зерттеу тақырыбына айналады [7].

Сондықтан, диссертациялық жұмыста негізгі міндеттердің бірі – ЖИ-нің 5G желісіне интеграциясын дәлелдеу, желілік технологияларды енгізудің жаңа нақты салаларында туындайтын мәселелерді шешуде, атап айтқанда: автомобиль көлігі желілері (5G), Интернет заттары (IoT) және ультра төмен кешігуі бар

байланыс желілері (uRLLC). 5G және келесі буын желілерінде ЖИ мен машина оқыту (MO) әдістерін қолдану туралы көптеген мақалалар бар [8].

1.4 Гетерогенді 5G сымсыз желісінің архитектурасы

5G желісі - бұрынғы ұрпақтармен салыстырғанда түбегейлі жаңартылған, қызметке бағытталған архитектура (Service-Based Architecture, SBA) негізінде құрылған жүйе. Бұл архитектура желінің икемділігі мен масштабталуын арттырады, сондай-ақ әртүрлі қызмет түрлеріне бейімделуге мүмкіндік береді.

Желі жазықтықтарының бөлінуі.

5G архитектурасында желі екі негізгі жазықтыққа бөлінеді:

- Басқару жазықтығы (Control Plane, CP): Желі басқару функцияларын орындайды, мысалы, сессияларды басқару, аутентификация және саясаттарды басқару.

- Пайдаланушы жазықтығы (User Plane, UP): Деректерді тасымалдау мен өңдеуге жауап береді.

Бұл бөліну желі функцияларының тәуелсіз дамуына және орналастырылуына мүмкіндік береді.

- Қызметке бағытталған архитектура (SBA). 5G желісі қызметке бағытталған архитектураны қолданады, мұнда әрбір желілік функция (Network Function, NF) өз қызметтерін ұсынады және басқа функциялардың қызметтерін пайдалана алады. Бұл архитектура HTTP/2 және RESTful API сияқты веб-технологияларға негізделген;

- Желі сегментациясы (Network Slicing). 5G желісі физикалық инфрақұрылымда бірнеше виртуалды желілерді (слайстарды) құруға мүмкіндік береді. Әрбір слайс белгілі бір қызмет түріне (мысалы, телемедицина, автономды көлік) бейімделген және өзіне тән сапа талаптарына ие;

- Виртуалды желілік функциялар (VNF). Желі функциялары виртуалды түрде жүзеге асырылады, бұл олардың аппараттық қамтамасыз етуден тәуелсіз жұмыс істеуіне мүмкіндік береді. Бұл тәсіл желінің икемділігі мен масштабталуын арттырады;

- Шеттік және бұлттық есептеулерді қолдау. 5G архитектурасы шеттік (edge computing) және бұлттық (cloud computing) есептеулерді қолдайды. Бұл деректерді өңдеу мен сақтау процестерін пайдаланушыға жақындатуға мүмкіндік береді, нәтижесінде кідіріс уақыты азаяды;

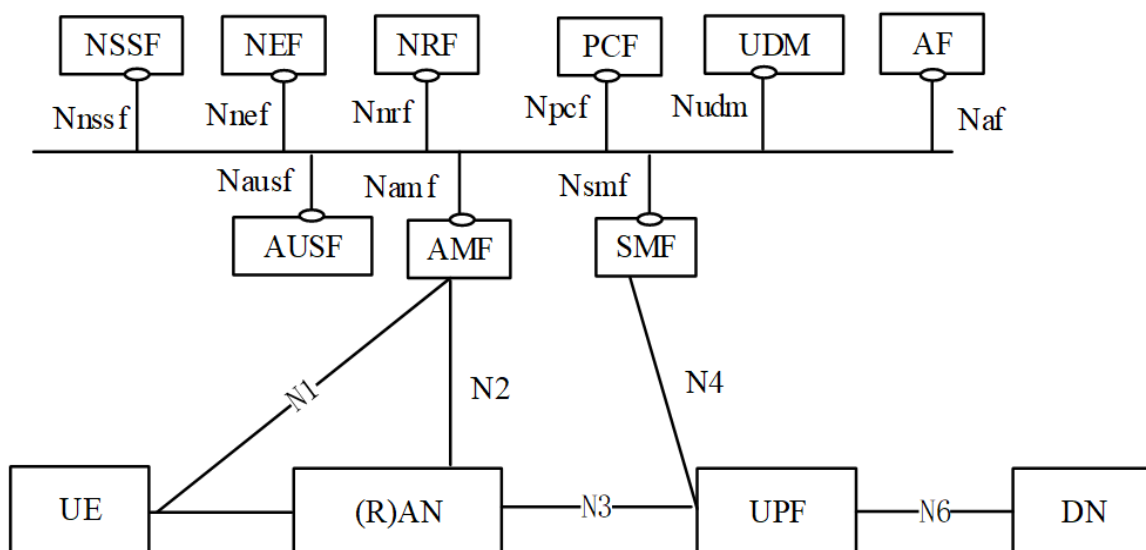
- Конвергентті қол жеткізу желілері. 5G желісі әртүрлі қол жеткізу технологияларын (мысалы, 3GPP NR, Wi-Fi) бір ядролық желіге біріктіреді. Бұл пайдаланушыларға әртүрлі желілер арасында үздіксіз қызмет көрсетуді қамтамасыз етеді;

- Бірыңғай аутентификация және роумингті қолдау. 5G желісі бірыңғай аутентификация процедураларын қолданады және роуминг кезінде трафикті үй желісі немесе қонақ желісі арқылы бағыттауға мүмкіндік береді.

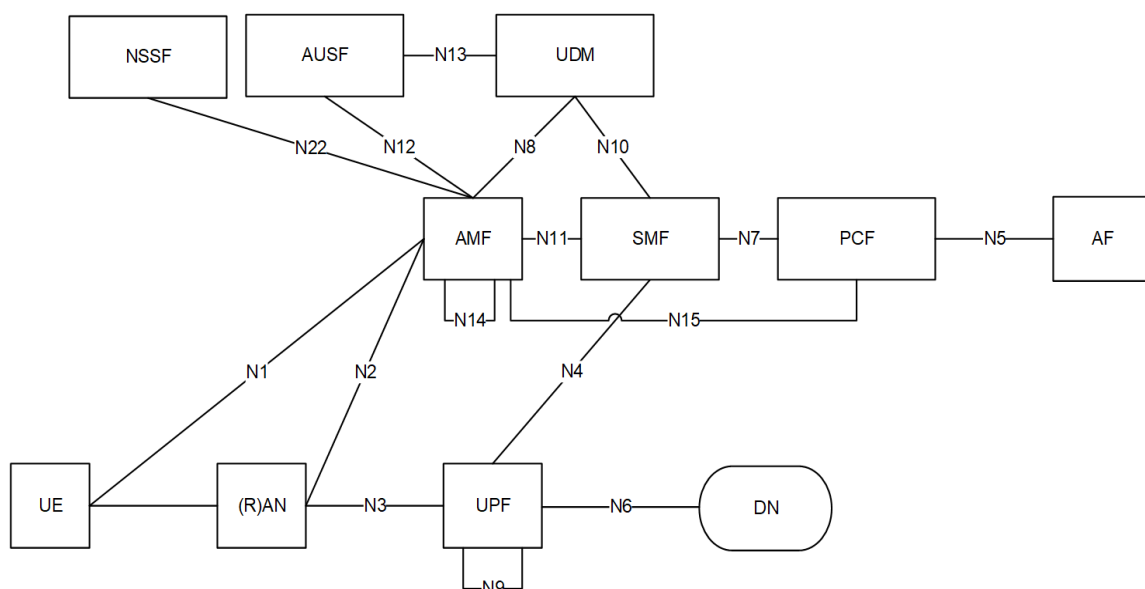
5G желісінің негізгі желілік функциялары (NF)

5G желісінде әртүрлі желілік функциялар бар, олардың әрқайсысы белгілі бір қызметтерді орындайды:

- AMF (Access and Mobility Management Function): Қол жеткізу және мобильділікті басқару.
- SMF (Session Management Function): Сессияларды басқару.
- UPF (User Plane Function): Пайдаланушы деректерін өңдеу және тасымалдау.
- UDM (Unified Data Management): Пайдаланушы деректерін басқару.
- UDR (Unified Data Repository): Біріздендірілген деректер қоймасы.
- NSSF (Network Slice Selection Function): Желі сегментін таңдау.
- PCF (Policy Control Function): Саясаттарды басқару.
- NEF (Network Exposure Function): Сыртқы қосымшалармен өзара әрекеттесу.
- NRF (NF Repository Function): Желілік функциялар қоймасы.
- AF (Application Function): Қолданбалы функциялар.
- SMSF (SMS Function): Қысқа хабарламаларды (SMS) жіберуді қолдау.
- N3IWF (Non-3GPP Interworking Function): 3GPP емес желілермен жұмыс істеу функциясы.



1.4-сурет – 5G желі архитектурасы. Желілік функциялардың өзара әрекеттесуі.



1.5-сурет – 5G желі архитектурасы. Желілік интерфейстер.

1.5 5G стандартын талдау

5G технологиялары мен шешімдерін стандарттау 2021 жылға дейін аяқталуы керек, сондықтан 5G термині болашақта тек IMT2020 толық ауқымды шешімінің бөлігі болатын фрагментті шешімдерді көрсетеді. Мұндай шешімдер әртүрлі елдерде қазірдің өзінде орналастырылған, бірақ олардың жергілікті және сынақ сипаты бар және IMT2020 стандартты желілерінің жоспарланған функционалдылығын қамтамасыз етпейді.

5G негізгі стандарттау ұйымдары. 2019 жылғы жағдай бойынша:

- 3GPP (3rd Generation Partnership Project) - әртүрлі телекоммуникация стандарттарын әзірлейтін жеті ұйымның одағы, бұл өз кезегінде басқа серіктестерді қамтиды. 3GPP-тің мақсаты - техникалық талаптарды тұжырымдау, ұсыныстарды бағалау және стандарттарды түпкілікті қабылдау. 2017 жылдың ортасында жалпы шығарылым Release 15 нұсқасы қабылданды, ал 2019 жылы қабылданатын Release 16 шығарылымы әзірленуде. Жалпы архитектураны дамытудан басқа, 3GPP-де 5G New Radio (NR) радиотехникасы үшін жаңа жиілік жолақтары үшін стандарттар әзірленуде 5G астында 3GPP-ке мүше болып табылатын ETSI - Еуропалық Телекоммуникация Стандарттары Институты және 5G стандарттарын әзірлеуде ең белсенді қатысушы [9].

- IETF (Internet Engineering Task Force) – NFV (Network Function Virtualization) желілік функцияларының виртуализациясын қолдауға арналған IP-протокол әзірлейді. Мысалы, IETF базалық станциялар, қызметтік шлюздар және деректер пакеттері сияқты бір виртуалды 5G компоненттерін біріктіретін технологияны байланыстыратын SFC (Service Function Chaining) қызмет функциясын әзірледі. Бұл VNF (Virtual Network Functions) виртуалды желісінің

функцияларын динамикалық жасау мен байланыстыруға мүмкіндік береді. IETF 3GPP-мен тығыз жұмыс істейді.

- ХЭО (Халықаралық электробайланыс одағы) – бұл телекоммуникациялық кең ауқымын стандарттаумен айналысатын Женевадағы БҰҰ агенттігі. Атап айтқанда, радиожілік спектрін бөлу жөніндегі жұмысты үйлестіреді, оның ішінде 5G желілері үшін.

Осы үш негізгі үйлестіру ұйымына қосымша IMT2020 (5G) стандарттарын әзірлеу бойынша жүйелі практикалық жұмыс жүргізілуде.

5GPP (5G инфрақұрылымы мемлекеттік-жеке меншік әріптестік) 5G стандарттау серіктестігінің бірі болып саналады. Ұйым 5G желілерінің талаптарын дамытуға, мысалы, желінің қуатын 1000 есеге дейін көтеруге, қолданушы құрылғыларының қуат тұтынуын 90%-ға төмендетуге, жаңа қызметтер мен қызметтерді жасау уақытын күрт қысқартуға, желіні толық және қауіпсіз қамтуға және деректерді берудің сәл кем болуына байланысты өршіл мақсаттарды белгілейді.

NGMN (Next Generation Mobile Networks) 5G шешімдерінің толық спектрін стандарттайтын альянс. Альянстың ішіне АҚШ-тың жетекші операторлары кіреді: AT&T, U.S. Cellular и Verizon.

Сонымен қатар 5G America, Small Cell Forum сияқты салалық және аймақтық ұйымдар бар, олар 5G шешімдерін әзірлеуге және стандарттауға үлкен үлес қосады.

2 5G/IMT2020 желілерінің негізгі сипаттамаларын анықтау және оларды қолданыстағы IMT желілерімен салыстыру

2.1 5G/IMT-2020 желілерінде денсаулық сақтау саласына ұсынылатын қызметтер мен қызметтердің жалпы сипаттамасы

5G (немесе ITU бойынша IMT-2020) технологиясы денсаулық сақтау саласын түбегейлі өзгертуге мүмкіндік беретін маңызды инфрақұрылым болып табылады. Оның жоғары өткізу қабілеті, төмен кідіріс уақыты және сенімді байланысы медицинада жаңа қызмет түрлерін енгізуге жол ашады. Қолданыстағы 4G желілері абоненттердің инновациялық жылжымалы байланыс қызметтеріне жаңа қажеттіліктерін қажетті мөлшерде қамтамасыз етуге мүмкіндік бермейді. Бұл ретте операторлар байланыс желілерінің икемділігінің жеткіліксіздігіне, олардың күрделілігінің артуына және оларды пайдалану құнының өсуіне тап болды. Көрсетілген кемшіліктерді жоюға мүмкіндік беретін 5G/IMT2020 технологиялары жылжымалы байланыс желілерін дамытудың табиғи кезеңі болып табылады.

ХЭО-R халықаралық телекоммуникация одағы желінің негізгі пайдалану сипаттамаларының көрсеткіштерін анықтады, оған қол жеткізу оны 5-ші буын желісіне жатқызуға мүмкіндік береді:

- желінің өткізу қабілетін ұлғайту (абонентке есептегенде деректерді беру жылдамдығының 10-100 есе өсуі-10 Гбит / с дейін (DL) және 5 Гбит/с дейін (UL);
- абонентке шаққанда тұтынылатын трафиктің өсуін қамтамасыз ету (1000 есе өсу) – бір пайдаланушыға айына 500 Гб дейін;
- ұядағы қосылатын абоненттік құрылғылар санын 10-100 есе-түйінге 300 000-ға дейін және 1 км²-ге 1 миллион құрылғыға дейін ұлғайту;
- желіде деректерді берудің өтпелі кідірісін 10 мс-ден 1 мс-ге дейін азайту;
- радио интерфейстің спектрлік тиімділігінің 3 есеге дейін өсуі;
- IoT/M2M/D2D сенсорлары сияқты қуаты аз абоненттік құрылғылардың батареяның қызмет ету мерзімін бірнеше есе арттыру – 10 жылға дейін;
- 5G/IMT2020 желілерін пайдалану және қуат тұтыну құнын 4G желісімен салыстырғанда 10 есеге дейін төмендету [10].

5G/IMT2020 байланыс желісі ұсынатын қызметтер ICE-R 3 топқа жіктеледі:

Бірінші топ: жетілдірілген жылжымалы кең жолақты байланыс (emvv). Бұл қызметтер тобы мультимедиялық мазмұнға, қызметтерге және деректерге қол жеткізуді қамтамасыз ететін адамға бағытталған пайдалану сценарийлерін қамтиды (қазіргі уақытта LTE желілері ұсынатын қызметтерге ұқсас). Мұндай қызметтерге мыналар жатады: Ultra HD және бейне, 3D бейне, оның ішінде нақты уақыт режимінде, онлайн ойындар, виртуалды шындық (мүмкін қолдану салалары: білім беру, ойын-сауық, Денсаулық сақтау, әскери өнеркәсіп),

кеңейтілген әлеуметтік медиа қызметтері, бұлтты қызметтер (мүмкін қолдану салалары: мемлекеттік қызметтер, бизнес қосымшалар, есептеу), дауыс, соның ішінде ағын, нақты уақыттағы музыка, mbms хабар тарату [5,6].

Бұл қызметтерді сапалы қолдау үшін деректерді берудің көп гигабиттік жылдамдығы қамтамасыз етілуі тиіс. Eмvv сценарийлерінде пайдаланушының практикалық деректер жылдамдығы, аудан бірлігіне трафик, деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы, ұтқырлық, энергия тиімділігі және спектрді пайдалану тиімділігі жоғары мәнге ие.

Екінші топ: ауқымды машинааралық байланыс жүйелері (MIoT). Бұл пайдалану сценарийі кідіріске онша сезімтал емес салыстырмалы түрде аз көлемдегі деректерді жіберетін көптеген қосылған құрылғылармен сипатталады. Бұл қызметтерді сапалы қолдау үшін абоненттік құрылғылардың төмен құнын үлкен қамту аймағын және құрылғының батареядан ұзақ жұмыс уақытын қолдау қажет. Қолданудың негізгі бағыттары: энергетика, көлік, денсаулық сақтау, сауда, қоғамдық қауіпсіздік, өнеркәсіп, ТКШ, пилотсыз көлік құралдары. IoT сценарийлері қосылымдардың жоғары тығыздығымен және желідегі көптеген құрылғылардың дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз ету қажеттілігімен сипатталады. Бұл сценарийді іске асыру үшін құрылғының төмен құны және оның энергия тиімділігі маңызды [5,6].

Үшінші топ: өте сенімді төмен кідірісті деректерді беру (URLLC). Бұл пайдалану сценарийінде өткізу қабілеті, кідіріс және дайындық сияқты желі жұмысының көрсеткіштеріне қатаң талаптар қойылады. Мұндай қызметтерге өнеркәсіптік және өндірістік процестерді сымсыз басқару (роботтандыру), қашықтықтан медицина, атап айтқанда хирургия, "ақылды" электр желілерінде энергияны бөлуді автоматтандыру, қоғамдық қауіпсіздік, "ақылды" үйлер мен қалалар, Интеллектуалды көлік құралдарын қолдану және V2X негізінде интеллектуалды жол инфрақұрылымын енгізу және т. б. жатады. Маңызды қауіпсіздік қызметтерінің жұмысын қамтамасыз ету үшін төмен кідіріс, сондай-ақ тасымалдау қауіпсіздігі қызметтері саласындағы ұтқырлықтың жоғары деңгейі маңызды [11].

5G/IMT2020 қызмет түрлерінің кейбір қосымшаларына қойылатын ықтимал талаптар және оларды қолданыстағы желілерді қолдана отырып жүзеге асыру мүмкіндігі көрсетілген [12].

5G/IMT2020 желісінің жоғарыда аталған үш негізгі қызмет тобының бесінші буыны ұялы байланыс желісінде іске асыру үшін келесі сипаттамаларға ие болуы керек:

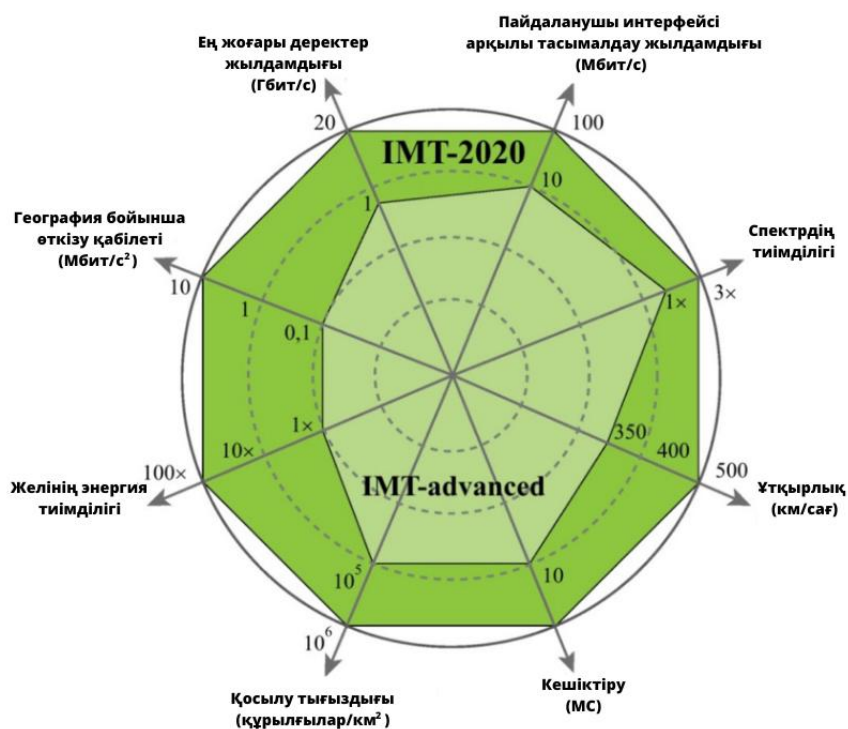
- спектр мен жолақ енінің икемділігі-әртүрлі спектрлік сценарийлерге, атап айтқанда, әртүрлі жиілік диапазондарында жұмыс істеу мүмкіндігіне қатысты байланыс жүйесін жобалау мүмкіндігі;
- сенімділік-өте жоғары дайындық коэффициенті бар қызметтің жұмысын қамтамасыз ету мүмкіндігі (мұнда дайындық коэффициенті желінің ерікті уақытта жұмыс күйінде болу ықтималдығын білдіреді) [12];

- ұрақтылық-желінің сыртқы әсерлер (Төтенше жағдайлар, авариялық электр қуатын өшіру және т. б.) кезінде және одан кейін жұмыс күйін сақтау қабілеті;

- қауіпсіздік және құпиялылық-абоненттік деректердің тұтастығын шифрлауды және қорғауды, рұқсатсыз кірудің алдын алуды, желіні бұзудан, алаяқтықтан және т. б. қорғауды қамтамасыз ету мүмкіндігі.;

- энергия тиімділігі-жинақталған энергия сыйымдылығымен қамтамасыз етілетін берілген жұмыс уақытын қамтамасыз ету мүмкіндігі. Бұл әсіресе батареяның ұзақ қызмет ету мерзімін қажет ететін (мысалы, 10 жылдан астам) M2M құрылғылары үшін өте маңызды, өйткені оларды үнемі күтіп ұстау физикалық немесе экономикалық себептерге байланысты қиын [5,6].

Жетілдірілген мобильді кең жолақты жүйелер үшін IMT-2020 деректерінің ең жоғары жылдамдығы 10 Гбит/с жетеді деп күтілуде. Дегенмен, белгілі бір шарттар мен сценарийлерде IMT-2020 жүйелері 2.1 -суретте көрсетілгендей, 20 Гбит/с дейінгі ең жоғары деректер жылдамдығына қолдау көрсете алады.



M.2083-03

2.1-сурет – IMT-2020 жүйелері

Кең қамту аймақтары бар сценарийлер үшін пайдаланушылар үшін деректер жылдамдығы 100 Мбит/с болады деп күтілуде. Сымсыз кіру нүктесі сценарийлері үшін пайдаланушылар жоғары деректер жылдамдығына жетеді деп күтілуде (мысалы, үй ішінде 1 Гбит/с).

2.2 Пайдаланушы идентификаторлары

2.2.1 Абоненттің халықаралық тұрақты жазылым идентификаторы - 5G SUPI (Subscription Permanent Identifier)

5G желісінің әрбір абонентіне тағайындалады және пайдаланушы модулі UDM және USIM бірыңғай дерекқорында сақталады. Supi идентификаторы халықаралық мобильді абонент идентификаторы – IMSI (International Mobile Subscriber Identity) немесе желіге кіру идентификаторы-nai (network Access Identifier) болуы мүмкін, оның форматы RFC 4282 арқылы анықталады [11].

2.2.2 Тұрақты пайдаланушы жабдығының идентификаторы - Permanent Equipment Identifier (PEI)

IMEI (International Mobile Station Equipment Identity) бұл - қазіргі уақытта 3GPP тек бір мүмкін PEI форматын анықтайды. IMEI бірегей цифрлық реттілік болып табылады және оларды өндіру кезінде 3GPP радиосына қол жеткізу технологиясын қолдайтын барлық пайдаланушы терминалдарына (UE) тағайындалуы керек [1].

Бұл жағдайда ұсынудың екі формасын ажырату керек - 15 ондық саннан және IMEI (16 Сан) тұрады. IMEI келесі өрістерді қамтиды:

- TAC (Type Allocation Code) - 8 ондық сан;
- SNR (Serial Number) - 6 ондық сан;
- CD (Check Digit) / SD (Spare Digit) - бір ондық сан.

IMEISV құрамына мыналар кіреді:

- TAC (Type Allocation Code) – 8 ондық сан;
- SNR (Serial Number) - 6 ондық сан;
- SVN (Software Version Number) - екі ондық сан.

TAC GSM қауымдастығымен GSM TS.06 ұсынысына сәйкес тағайындалады және пайдаланушы терминалының нақты моделінің кодын анықтайды.

SNR өндіруші тағайындайды және құрылғының сериялық нөмірін анықтайды.

CD-бұл Ай алгоритмі бойынша есептелген бақылау сомасы.

SD - Желі тарапынан IMEI идентификаторын сұраған кезде пайдаланушы терминалының (UE) жауабында қолданылатын толтырғыш (0 мәніне орнатылады).

SVN-UE бағдарламалық нұсқасының нөмірі.

Ұялы телефон модельдерінің көпшілігінде IMEI идентификаторын құрылғының пернетақтасында терілген *#06# тіркесімі арқылы экранға шығаруға болады [11,12].

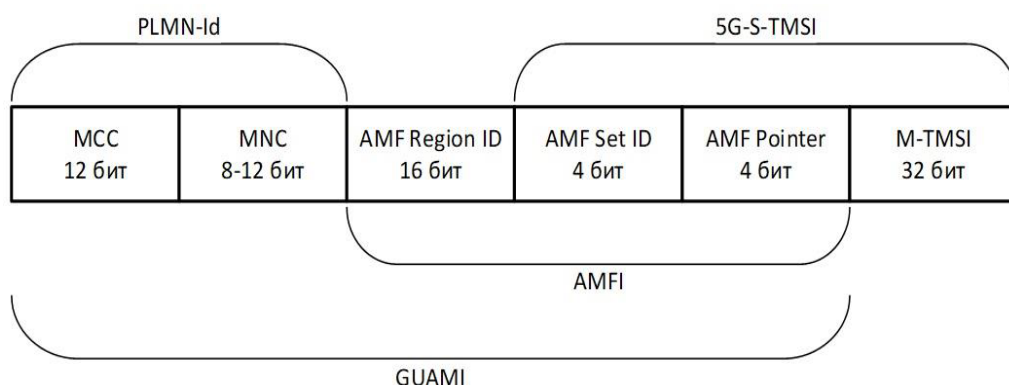
2.2.3 Жасырын пайдаланушы идентификаторы – SUCI (Subscription Concealed Identifier)

Бұл абоненттің қызметтерге жазылуының халықаралық тұрақты идентификаторының (5G SUPI) шифрланған көшірмесі және 5G SUPI-ді желі арқылы ашық түрде, тіпті пайдаланушы терминалын желіде (Initial attach) бастапқы тіркеген кезде де жіберуге жол бермейді.

Supi-ді қорғау үшін эллиптикалық қисықтарға негізделген криптографиялық схема қолданылады (Elliptic Curve Integrated Encryption Scheme – ECIES). SUPI шифрлау үшін қолданылатын жалпыға ортақ кілт USIM картасының қорғалған жадында сақталуы керек; жеке кілт – функционалды пайдаланушы идентификаторын шығару элементінде (SIDF) болады. Бұл ретте елдің мобильді коды (MCC) және желінің мобильді коды (MNC) бар және сигналдық трафикті бағыттау үшін тартылған SUPI бөлігі шифрланбайды. 3GPP пайдаланушы терминалында (әдепкі опция) және USIM модулінде SUPI шифрлау мүмкіндігін береді. Тасымалдаушы желісі мен пайдаланушы терминалы сонымен қатар жалпыға ортақ пайдаланушы идентификаторын қорғау жүзеге асырылмайтын нөлдік схеманы (null-scheme) қолдауы керек [13].

2.2.4 Жаһандық уақытша бірегей абоненттік идентификатор 5G GUTI (5G Globally Unique Temporary Identifier)

Кіру желісінің түріне қарамастан (3GPP, non-3GPP) қол жеткізу және ұтқырлықты басқару модулін (AMF) тағайындайды. "Эфирге шығу" кезінде пайдаланушы терминалы дәл 5G-Guti идентификаторды пайдалануы тиіс (желіде бастапқы тіркелуді қоспағанда – initial attach, сондай-ақ валидті 5G-GUTI болмаған басқа жағдайларда). 5G GUTI форматы 1.10 суретте көрсетілген [1].



2.2-сурет – 5G-GUTI форматы[1]

2.2.5 Кіші ұяшықты орналастыру қиындықтары

Кейбір елдерде реттеуші органдар мен жергілікті өзін-өзі басқару органдарының саясаты операторларға шамадан тыс әкімшілік және қаржылық

міндеттемелерді жүктеу арқылы шағын ұяшықтарды орналастыруға кедергі келтіруде, бұл инвестицияға кедергі келтіреді. Бұл шектеулер ұзақ рұқсат беру процедураларын, ұзақ сатып алу процедураларын, шамадан тыс алымдарды және қолжетімділікке кедергі келтіретін ережелерді қамтиды.

Арнайы жерлерге рұқсат беру және жоспарлау процедуралары.

Жергілікті үкіметтің шағын ұяшықтарды қолдану жоспарларын бекітуі 18-24 айға созылуы мүмкін, бұл кідірістерге әкеледі.

Ұзақ келіссөздер мен сатып алу процедуралары.

6 айдан 18 айға дейін созылатын ұзақ сатып алу процедураларынан кейін ғана жергілікті үкіметтер сымсыз байланыс қызметтерін жеткізушілерге сыртқы жабдыққа шағын ұялы жабдықты орнатуға ерекше құқықтар береді, бұл қосымша уақыт пен шығынға әкеледі.

Көше жабдықтарына қол жеткізу үшін жоғары төлемдер. Қазіргі уақытта жергілікті өзін-өзі басқару органдары көше жабдықтарын пайдаланғаны үшін жоғары ақы алады. Американдық тұтынушылар институтының мәліметі бойынша, бір қалада шам бағананы шағын ұялы жабдықты орнатқаны үшін 30 мың АҚШ доллары көлемінде комиссия алынады. Басқа қалада комиссиялық алым мөлшері 45 мың долларды құрайды.

Радиожиилік электромагниттік өрістердің (ЭМӨ) адамға әсері. белгіленеді және кейбір жағдайларда олар шектен тыс шектеледі. МӘС (Медициналық-әлеуметтік сараптама) ұсынымына сәйкес, егер радиожиилік электромагниттік өрістің (РЖ ЭМӨ) рұқсат етілген шекті деңгейлері болмаса немесе тиісті жииліктерді қамтымаса, иондамайтын сәулеленуден қорғау жөніндегі халықаралық комиссия (ICNIRP) белгілеген шектерді пайдалану керек. Егер жаңа антенналар қосылса, жауап беру кезеңінде қоғамды алаңдататын кез келген мәселелерге жауап беру үшін барлық қажетті тұрақты шаралар қабылдануы керек. Осындай алаңдаушылық тудыратын факторлардың бірі-антенналардың, әсіресе шатырлардың көрінуі. Көрнекі әсерді азайту үшін шатырлардағы антенналардың бірдей санын сақтай отырып, көп жолақты Антенналарды қолдануға болады. Спектрді пайдалану немесе технологияны қайта құру стратегиясы болмаған жағдайда, 5G желісі кем дегенде өтпелі кезеңде радиотехнологиядан туындаған локализацияланған әсерді арттырады. Сондықтан ұлттық директивалық органдарды 5G желісін өрістетуге және оны іске қосу тәсілдері, сондай-ақ ұлттық шектеулерге сәйкестікті бағалау мен қамтамасыз етудің неғұрлым тиімді әдістері туралы шешім қабылдаудың ерте сатысында қосу маңызды. Бұл әсер ету шегі Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДСҰ) РЖ ЭМӨ1-ге қатысты ICNIRP дайындаған. Бірақ радиожелілердің мемлекет берген шегі нұсқаулар негізінде ұсынғаннан гөрі шектеулі болатын бірнеше елдерде қиындықтар туғызды.

Кодекске сәйкес қол жетімділік және құқықтар. Сымсыз байланыс операторлары шам бағаналары сияқты сыртқы жабдыққа шағын ұяшықтарды немесе радио жабдықтарын орнатуға құқылы болмауы мүмкін. Мысалы, Ұлыбританияда бұл шектеулерді жеңу үшін кодекске өзгертулер енгізілді, бірақ

олар міндетті емес, яғни оларды қолдануға мемлекет кез келген сәтте қарсы болуы мүмкін.

2.3 5G технологиясының спектрі

Жалпы әлемдік деңгейде келісілген жиілік спектрін анықтау және бөлу үшін әлемдік қауымдастықтың, аймақтық телекоммуникация ұйымдарының және NRO күш-жігерін үйлестіру қажет. NRO үшін бұл 5G желілерін сәтті орналастырудағы ең үлкен қиындықтардың бірін білдіреді. келісілген таратудың көптеген артықшылықтары бар, өйткені ол шекара бойындағы радио кедергілерді азайтады, халықаралық роумингті жеңілдетеді және жабдықтың құнын төмендетеді. Мұндай жалпы үйлестіру Дүниежүзілік радиобайланыс конференцияларын (ДРК) өткізу барысында МӘСК-тің негізгі міндеті болып табылады.

ДРК-19-ға келетін болсақ, бұл процесс қазіргі уақытта кең өткізу қабілеттілігі бар 24 ГГц-тен жоғары жалпы әлемдік деңгейде келісілген радиожиілік спектрінің ірі іргелес блоктарын ІМТ анықтау және бөлу туралы консенсусқа қол жеткізу сатысында. Осы тақырып бойынша ДРК-19 шешімдері жиіліктерді бөлісу және жылжымалы қызметтердің осы және көршілес жиілік диапазондарындағы дәстүрлі қызметтермен үйлесімділігі туралы кең ауқымды МӘС-R зерттеулерінің нәтижелеріне негізделеді.

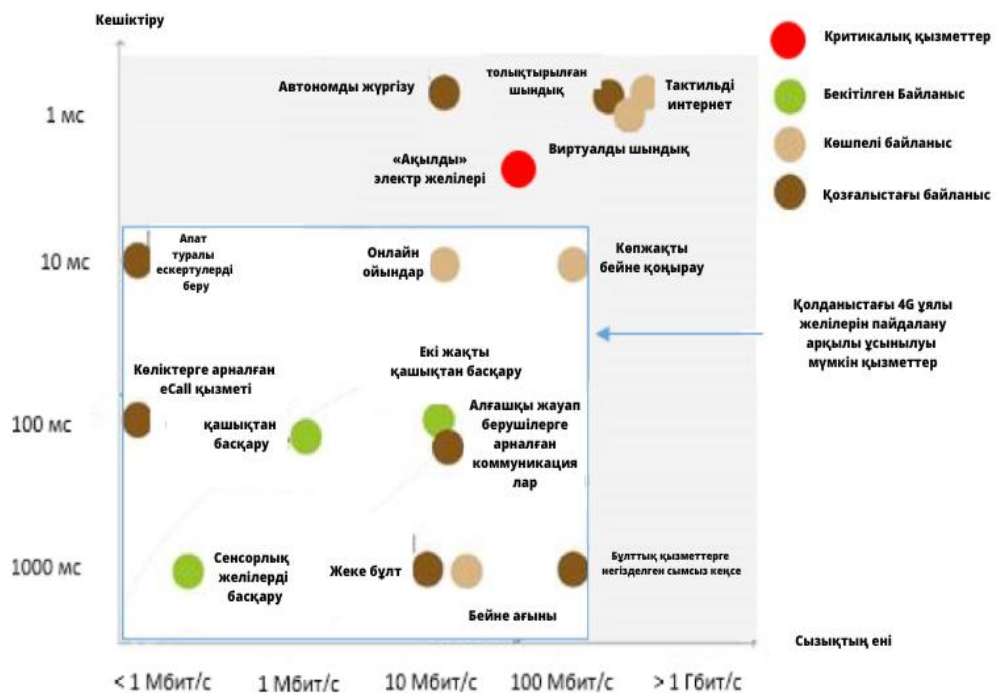
5G желілерін бастапқы орналастыру үшін дамыған елдердегі бірқатар NRO 700 МГц, 3,4 ГГц және 24 ГГц жолақтарын осындай желілердің қамту және өткізу қабілеттілігі талаптарын қанағаттандыра алады деп санайды.

Сондай-ақ, қолда бар спектрді тиімді бөлісу туралы мәселені қарастыру қажет. Дәстүр бойынша, NRO ұялы байланыс операторларына спектрді ерекше негізде бөледі. Алайда, жиіліктерге деген қажеттіліктің артуына байланысты, қолда бар спектрді пайдалану тиімділігін арттырудың бір әдісі оны бөлісу яғни бірнешеге бөле отырып қолдану болуы мүмкін.

Сонымен қатар, 5G желілері үшін, әсіресе 24 ГГц-тен жоғары жиілік диапазонында спектрді лицензиялау және пайдалану модельдерін қарастыру қажет. Дәстүр бойынша, тар жолақтарға (5 МГц, 10 МГц, 20 МГц және т.б.) бөлінген жылжымалы жиілік спектрі тапшы, сондықтан аукцион бағасының өсуіне әкелуі мүмкін. 24 ГГц-тен жоғары Спектр қол жетімді, сондықтан оның тапшылығы мәселесі соншалықты өткір емес.

2.4 5G технологиясы және спектрге қойылатын талаптар

Қазіргі уақытта орналастырылған 4G сыртқы жылжымалы желілерінің көпшілігі макростарға негізделген. Алайда, макростатистика кең географиялық аймақтарды қамтитын тығыз қамтуды қамтамасыз ету қиын қысқа кідіріс уақыты және жоғары өткізу қабілеттілігі кейбір 5G қосымшалары үшін қажет.



2.3-сурет – 5G қолдану үшін өткізу қабілеттілігі мен кідіріс талаптары

5G-дегі mMTC (massive Machine Type Communications) - бұл сенсорлар, киілетін құрылғылар және роботтар сияқты әртүрлі IoT құрылғыларын жаппай қосумен айналысатын технологиялық компонент. 5G жүйесіндегі MIMO (көп кіріс/шығыс антенналар) және бағытталған сигнал беру (beamforming) технологияларымен жабдықталған шағын ұяшықты желілер (small cells) үй ішінде де сапалы байланыс пен дәл орын анықтауды қамтамасыз етеді. Сондықтан 5G желісіне тікелей қосылған IoT құрылғыларын өзі оқшаулану ережелерін сақтау мониторингі үшін тиімді қолдануға болады.

Жалпы мобильді құрылғылардың орнына, пациенттерге энергия тұтынуы төмен BLE (Bluetooth Low Energy) технологиясын пайдаланатын киілетін құрылғылар тағылуы мүмкін. Бұл құрылғылардан алынған сенсорлық деректер 5G желісі арқылы бұлтқа жіберіледі, және уәкілетті тараптар пациенттің әрекетін бақылай алады.

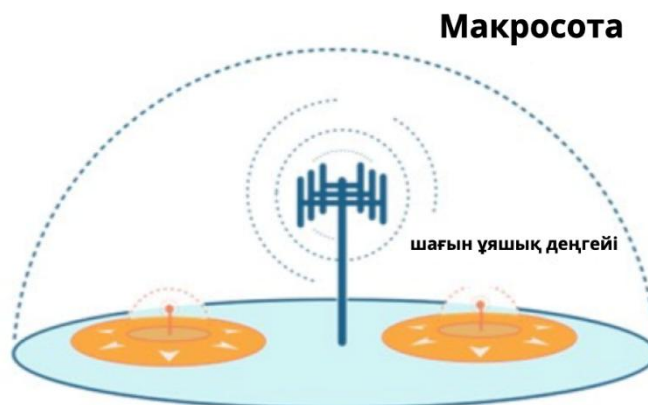
Осы ұғымды байланыс ізін (contact tracing) бақылауға да қолдануға болады: BLE технологиясындағы киілетін құрылғылар жақын маңдағы басқа құрылғылардың деректерін жинап, оларды 5G желісі арқылы бұлтқа жібереді. Егер қандай да бір адамнан COVID-19 сияқты жұқпалы ауру анықталса, барлық жақын байланыста болған адамдардың деректері бұлтта тіркелген болады және олар тиісті қауіпсіздік шаралары (мысалы, өзін-өзі оқшаулау) туралы хабарлама алады.

5G базалық станцияларында орналастырылған MEC (Multi-access Edge Computing) серверлері жүктеме артқан жағдайда жүйенің ауқымдылығын (scalability) арттыру үшін қолданылады.

Контактті бақылау деректерін тасымалдау үшін бөлек желі сегментін (network slice) бөлу - QoS (қызмет көрсету сапасын) қамтамасыз етудің және деректердің құпиялығы мен қауіпсіздігін күшейтудің тиімді жолы.

5G желілерінен талап етілетін тығыз қамту мен жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін сымсыз байланыс операторлары 5G радиосына қол жеткізу желілерін (RAN) тығыздау үшін қаражат салады, әсіресе халық тығыз орналасқан қалалық жерлерде шағын ұяшықтарды орналастырады. Қызмет көрсету макростармен салыстырғанда әлдеқайда аз географиялық аймақ, шағын ұяшықтар желіні қамтуды жақсартады, өткізу қабілеттілігі мен қызмет көрсету сапасын арттырады.

Шағын ұяшықтарды орналастыру қолданыстағы 4G желілерінің өткізу қабілеті мен сапасын арттырудың және коммерциялық 5G желілері мен алғашқы eMBB қызметтерінің негізін қалаудың бір әдісін ұсынады. Кейбір сымсыз байланыс операторлары қазірдің өзінде 4G желілерін өткізу қабілетін арттыру және қамту үшін шағын ұяшықтарды пайдаланады, әсіресе тығыз қалалық даму жағдайында; мысалы, кірістіруді қараңыз .



2.4-сурет – 5G желілерін өткізу қабілетін арттыру және қамту үшін шағын ұяшықтар

Шағын ұяшықтар қосымша спектрді бөлуді қажет етпестен желінің өткізу қабілетін арттырады, бұл оларды жиілік спектрі аз операторлар үшін немесе спектр жеткіліксіз болған жағдайда тартымды етеді. Сонымен қатар, салада қолданыстағы 4G желілерінің сапасын жақсарту мақсатында тығыз дамыған қалалық жерлерде шағын ұяшықтарды орналастыру 5G технологиясы мен eMBB алғашқы қызметтерінің өткізу қабілеттілігіне қойылатын жоғары талаптарды қанағаттандыруға ықпал етуі мүмкін деген пікір кең таралған. Шағын ұяшықтар тығыз жабуды қамтамасыз етуі керек болғандықтан, олардың антенналарын көше инфрақұрылымының элементтеріне – емхана жанында, автобус аялдамаларына, шам бағдаршамдарына, бағдаршамдарға және т.б. орнатуға тура келеді.



2.5-сурет – Шам бағанасына орнатылған антенна жүйесі және соған сәйкес сыртқы шкаф көрсетілген.

Кішкентай ұяшықтарды және сыртқы шкафты қолдайтын антенна жүйесінің мысалы

Кең ауқымды MIMO (Multi-Input/Multi-Output) жүйелері деректер жылдамдығын арттыратын және қуатты тиімді тасымалдау үшін қажет сәулеленуді қолдайтын жүздеген немесе тіпті мыңдаған антенналарды қамтиды. Кең ауқымды MIMO жүйелері спектрлік тиімділікті жақсартады және шағын ұяшықтарды тығыз орналастырумен бірге операторларға 5G3 технологиясының өткізу қабілеттілігі талаптарын қанағаттандыруға көмектесе алады [14].

2.5 Базалық желі

5G желілерінің айқындаушы ерекшеліктерінің бірі ұшты-соңды байланыс икемділігі болады. Мұндай икемділік көп дәрежеде желілік бағдарламалауды жүзеге асыруға байланысты болады, онда негізгі желілік аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етудің функциялары бөлінген. Network Function Virtualization (NFV), Software Defined Networking (SDN), Network Slicing және Cloud RAN (C-RAN) арқылы желілік бағдарламалау инновация жылдамдығын да, мобильді желілерді жаңғырту қарқынын да жеделдетуге бағытталған.

NFV - маршрутизаторлар, жүктеме теңестіргіштері және желіаралық қалқандар сияқты арнайы құрылғылармен орындалатын желі функцияларын дайын жабдықта жұмыс істейтін виртуалдандырылған бағдарламалық құрал даналарымен ауыстырады, бұл желіні өзгерту мен жаңарту құнын төмендетеді.

SDN - нақты уақыт режимінде желі элементтерін динамикалық қайта конфигурациялауға мүмкіндік береді, 5G желілерін аппараттық құрал емес, бағдарламалық құрал арқылы басқаруға мүмкіндік береді, желінің тұрақтылығын, өткізу қабілетін және қызмет көрсету сапасын жақсартады.

Желіні кесу - физикалық желіні бірнеше виртуалды желілерге (логикалық сегменттерге) бөлуге мүмкіндік береді, олар әртүрлі RAN немесе белгілі бір

тұтынушы сегменттері үшін қызметтердің бірнеше түрін қолдай алады, бұл байланыс арналарын тиімдірек пайдалану есебінен желіні құру шығындарын айтарлықтай төмендетеді.

C-RAN - 5G желілерін жүзеге асыру үшін маңызды революциялық технология болып саналады. Бұл мобильді базалық станциялардағы таратылған сигналдарды өңдеу модульдерінің орнына орталықтандырылған процессорлармен үйлестіре отырып виртуалдандыру технологияларын қолданатын бұлтқа негізделген радиожелілік архитектурасы, бұл шағын ұяшықтар негізінде тығыз мобильді желілерді орналастыру құнын төмендетеді.

Қарастырылып отырған басқа технологиялық жақсартуларға 5G желілері үшін қажетті спектрлік тиімділікті және жоғары беру жылдамдығын қамтамасыз ететін сигналдарды кодтау әдістері кіреді. сонымен қатар, нақты уақыттағы қолданбалар мен жоғары кідіріс сезімталдығы бар қолданбалар үшін перифериялық есептеу маңыздырақ. Перифериялық есептеулер деректерді соңғы пайдаланушының құрылғыларына жақындатады, бұл ең талап етілетін қосымшалар үшін өте қысқа кідіріспен есептеу мүмкіндіктерін ұсынады. Бұл практикалық мәні бар деректерді жеткізуді тездетеді, көлік шығындарын азайтады және трафик бағыттарын оңтайландырады.

2.6 5G/IMT2020 желісінің радио интерфейстеріне арналған технологиялық шешімдердің жалпы сипаттамасы

Байланыс желілерінің әрбір жаңа буыны (2G, 3G, 4G) үшін жаңа радио интерфейс әзірленген алдыңғы буындардан айырмашылығы, 5G/IMT-2020 технологиясының жылжымалы байланыс желісінде жаңа радио интерфейсті (3gpp 38 сериясының сипаттамаларына сәйкес New Radio немесе NR) және LTE-Advanced стандартының эволюциясын қолдану жоспарлануда [5,6].

LTE-Advanced стандарты өзінің сипаттамалары бойынша NR стандартының мүмкіндіктеріне жақындау арқылы дамуын жалғастыруда. LTE-Advanced стандартында белсенді антенна жүйелерін қолдау, тиімді кодтау мен модуляцияны қолдану, бірнеше жиілік арналарын біріктіру, радио интерфейс деңгейіндегі кідірісті азайту жүзеге асырылды. Дегенмен, nr радио интерфейсінің құрылымы бастапқыда деректер жылдамдығының жоғарылауын және аз кідірістерді, жиілік ресурсын тиімдірек пайдалануды қамтамасыз ету үшін әзірленді:

- ені үлкен спектр бойынша сигналдарды қолдану (6 ГГц дейінгі диапазонда 100 МГц дейін және 6 ГГц жоғары диапазонда 400 МГц дейін);
- радиоресурстарды басқару хаттамасын өзгерту есебінен кадр құрылымының уақытша слоттарының жүру жиілігін ұлғайту мүмкіндігі есебінен радио интерфейсте ең аз кідірістерді қамтамасыз ету;
- жүктемеге бейімделетін уақытша дуплексті қолдану;
- тиімді шуға төзімді кодтарды қолдану;

- элементтердің көптігі, сәулелену бағытының тар диаграммасы және жоғары селективтілігі бар миллиметрлік диапазондағы белсенді антенна жүйелерін пайдалану;

- әр түрлі типтегі және өнімділіктегі абоненттік терминалдар (WB/nb ие кең жолақты/тар жолақты абоненттік терминалдар, CA UE тасымалдаушы агрегациясы бар абоненттік терминалдар) үшін NR арнасының жиілік жолағы ресурстарын пайдаланудың жеке сценарийлерін іске асыру [5,6].

Іске асырылған техникалық шешімдердің nr-мен салыстырғанда тиімділігі төмен болғанына қарамастан, эволюциялық даму жолының құны төмен және қолданыстағы инфрақұрылымға негізделген орналастырудың жоғары жылдамдығын, сондай-ақ қолданыстағы LTE терминалдарына қызмет көрсету мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

3GPP-де IoT тұжырымдамасын іске асыру шеңберінде қуаты аз құрылғылардың көп санын қосу мүмкіндігін қолдау үшін бір-бірінің мүмкіндіктерін толықтыратын eMTC және NB-IoT сияқты LTE жұмыс режимдері әзірленді. LTE-eMTC технологиясы ұтқырлықты қолдаумен және максималды қамту мен энергияның жоғалуы кезінде жоғары жылдамдықты беру мүмкіндігімен (жоғары беріліс жылдамдығына байланысты) сенімді байланысқа көбірек бағытталған. NB-IoT IoT сегменті үшін оңтайландырылған, мұнда максималды байланыс диапазоны, төмен жылдамдық және үлкен энергия тиімділігі қажет.

Nr радио интерфейсі жоғары өткізу қабілеттілігі мен төмен кідіріс сценарийлері үшін негізгі радио интерфейс рөлін атқарады. Жаңа радио төменгі және жоғарғы радиожіілік диапазондарында орналастырылуы керек. Радио интерфейсінің негізгі ерекшеліктері-1 мс кідірісті азайту мүмкіндігі бар қайта қаралған кадр құрылымы, кеңірек арналар, шуға төзімді кодтау және күрделі антенна жүйелерін тиімдірек пайдалану.

5G/IMT-2020 технологиясының спектрлік тиімділігі жетілдірілген радио интерфейсін пайдалану арқылы 4G-ге қарағанда айтарлықтай жоғары. Миллиметрлік радиожіілік диапазонында (26 ГГц) спектрлік тиімділіктің жоғарылауына негізгі үлес белсенді антенна торында көптеген сәуле шығаратын элементтері бар Massive MIMO қолдану арқылы қол жеткізіледі және пайда 50-80% жетугі мүмкін. 3GPP-де қарастырылған 5G/IMT-2020 желісінде спектрді пайдалану тиімділігін арттыру әдістеріне мыналар жатады [5,6]:

1. Жетілдірілген сигнал формалары, модуляция және кодтау, көп станциялы қол жеткізу схемалары:

- сүзілген OFDM (FOFDM);
- банк сүзгілерін қолдана отырып, көптеген тасымалдаушылармен модуляция (FBMC);
- үлгі бойынша бөлінген көп станциялы қол жетімділік (CDMA); - рұқсат етілген кодтар негізінде көп станциялы қол жетімділік (SCMA);
- қозғалысқа негізделген көп станциялы бөлу (IDMA) және тығыздығы төмен тасымалдаушыларға тарату (LDS).

5G технологиясын стандарттаудың осы кезеңінде/IMT-2020 стандарты (3GPP шығарылымы 15), мультиплекстеу әдісі ретінде "төмен" (дл) арнасында CP-ОЧУ (ортогональды жиілікті бөлу арналары бар Циклдік префикс) және "жоғары" арнасында OFDM бар немесе жоқ ср-с әдісі қабылданды (UL).

2. Антенна технологиясы:

- үш өлшемді FD-MIMO сәулесін қалыптастыру (3D beamforming);
- белсенді антенна жүйесі (AAS) Эмитенттер торымен;
- жетілдірілген көп арналы кіріс/ көп арналы шығыс жүйелері (massive және multi user MIMO).

3. Спектрді пайдалану икемділігі: - әртүрлі дуплексті тасымалдаушыларды біріктіру (TDD және FDD);

- екі арналы байланыс, оның ішінде көп стандартты желіде;
- динамикалық TDD.

4. Абоненттік терминалдар арасындағы тікелей байланысты қамтамасыз ету.

5. Микросоталарда жоғары ретті модуляция схемаларын қолдану және қызметтік ақпарат көлемі аз анықтамалық сигналдарды қолдану (Lean Carrier функционалын қолдануға негізделген) [5].

2.7 5G-IoT-LPWAN: қарым-қатынас

5G технологиялары 4G технологияларымен салыстырғанда жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етуі керек, бұл кең жолақты ұялы байланыстың үлкен қолжетімділігін, сондай-ақ device-to-device режимдерін ("құрылғыға құрылғы", абоненттер арасындағы тікелей байланыс), құрылғылар арасындағы өте сенімді ауқымды байланыс жүйелерін, сондай-ақ кідіріс уақытын, интернет жылдамдығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді 1-2 Гбит/с, батареялардың энергия шығыны 4G жабдықтарына қарағанда аз, бұл заттар интернетінің дамуына жағымды әсер етеді (ағылш. IoT)[14].

IoT-қолданбалар санаты. Бұл қосымшалар 4G, 5G және 802.11 стандарттарын қамтуы мүмкін. Жобаның қолданбасы, масштабы, ауқымы және нәтижесі сізге қосылудың оңтайлы шешімін таңдауға көмектеседі. IoT қосымшалары - бұл Интернет арқылы қосылған немесе басқарылатын кез келген нәрсе. Олар автомобильдерден бастап шамдарға, дәрі-дәрмектерге және тіпті биологиялық функцияларға дейін.

Біз қазір бастайтын келесі эволюция-бұл жоғары жылдамдықты немесе өткізу қабілеттілігі жоқ немесе қажет етпейтін, бірақ кең байланыс аймағын қажет ететін құрылғыларды қосу. Бұл бақылау орнынан бастап есептегіштерге / есептегіштерге, құрылғыларға, дабылдарға және адам денсаулығының көрсеткіштеріне дейін барлығын қамтиды.

Біз қолданатын технологиялар мен шешімдер (Ethernet, Wi-Fi және ұялы байланыс) осы жаңа байланыс жанры үшін артық.

LPWAN төмен өткізу қабілеттілігіне, төмен жиілікті арналарға, кең қамту аймақтарына ие және батареяның ұзақ қызмет ету мерзімін (5-10 жыл) қажет етеді.

LPWAN технологиялары лицензияланған және лицензияланбаған жиіліктерді қамтиды. Әрбір Ішкі жиында (лицензияланған және лицензияланбаған) бірнеше бәсекелес технологиялар мен шешімдер бар.

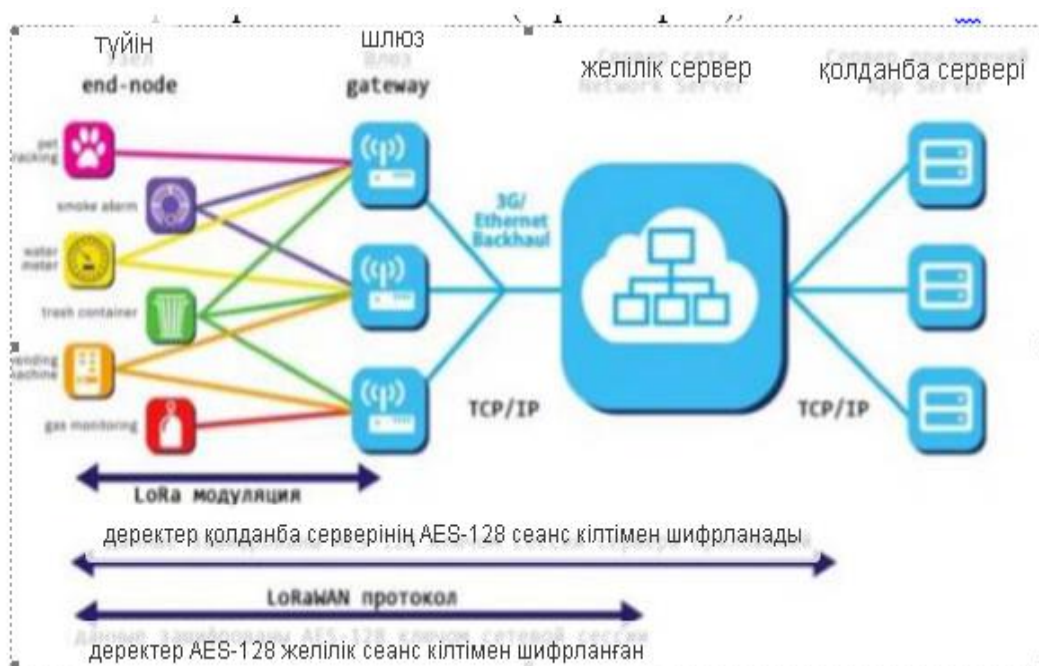
LPWAN-ны лицензияланбаған жағынан қарастырайық. Бұл өнеркәсіптік, ғылыми медициналық (ISM) спектрі, 900 МГц, 2,4 ГГц және 5 ГГц болады. Негізгі ойыншылар нарық сегменттері үшін қажет емес өткізу қабілеттілігі арқылы қашықтықты алу үшін төменгі жиіліктерге назар аударады.

Бұл салада және желілерді құру процесінде SigFox, LoRa және Ingenu негізгі шешімдердің бірі болып табылады.

LoRa Alliance әзірлеушілері LoRa технологиясының WiFi және ұялы желілерге қарағанда айтарлықтай артықшылықтары бар деп санайды, өйткені машинааралық қосылыстарды (machine-to-Machine, M2M) 50 кбит/с дейінгі жылдамдықта 20 км-ге дейін орналастыру мүмкіндігі бар, сонымен қатар бір типті аккумуляторда бірнеше жыл батареяның қызмет ету мерзімін қамтамасыз ететін ең аз электр қуатын тұтынуға ие AA аккумуляторы. Бұл технологияны қолдану ауқымы үлкен: үйді автоматтандыру мен заттар интернетінен бастап өнеркәсіп пен ақылды қалаларға дейін [7,9]. LoRa-semetch корпорациясы әзірлеген және патенттеген LPWAN шешімін дамытудың келесі кезеңі. Технологияның мәні сызықтық жиілік модуляциясының өзгеруіне байланысты (Chirp Spread Spectrum , CSS). Технология белгілі бір уақыт аралығында азаятын немесе көбейетін жиіліктері бар кең жолақты импульстармен деректерді кодтауды қолданады. Бұл шешім қабылдағышқа номиналды мәннен жиіліктің ауытқуына төзімді болуға мүмкіндік береді және сағат генераторына қойылатын талаптарды жеңілдетеді, осылайша арзан кварц резонаторларын пайдалануға мүмкіндік береді.

Жүйе тікелей қателерді түзетуді қолданады (Forward Error Correction , FEC) және АҚШ – та 169, 433 және 915 МГц жиілік диапазонында, ал Еуропада 868 мГц диапазонында жұмыс істейді. Көбінесе 868 және 915 МГц жұмыс жиіліктері қолданылады. Сондай-ақ, сыртқы әсердің жоғары деңгейіне байланысты 2.4 МГц жұмыс ауқымы шектеулі [10, 11]. [7.12] спецификациясына сәйкес, LoRa (және SIGFOX) хабарлама жасау жылдамдығын шектейтін циклдік жалғыз тасымалдау опциясын қолданады. Дегенмен, бірнеше арналарды қолдау арқылы LoRa соңғы түйіндерге әр арнадағы бажсыз цикл лимиті сақталған кезде тасымалдаушы жиілігін өзгерту арқылы деректер алмасу процедураларына қатысуға мүмкіндік береді. Деректер жылдамдығын тандау-бұл қамту аймағы мен деректер көлемі арасындағыромаға келу, әр түрлі деректер жылдамдығы бар хабарламалар бір-біріне кедергі келтірмейді. LoRa деректер жылдамдығы 0,3-тен 50 Кбит/с-қа дейін. Соңғы құрылғылардың батареяның қызмет ету мерзімін және желінің жалпы өткізу қабілеттілігін арттыру үшін LoRa желілік инфрақұрылымы адаптивті деректер жылдамдығы арқылы әр құрылғы үшін деректер жылдамдығын жеке басқара алады. LoRa іске асырылуы жабық болғанымен,

LoRaWAN деп аталатын хаттамалар стегінің қалған бөлігі ашық күйінде қалады және оны IBM басқаратын LoRa Alliance жүзеге асырады. LoRa желісінің айрықша ерекшелігі-ол желідегі әртүрлі тапсырмалар мен қосымшаларды шешуге арналған құрылғылардың үш класын ұсынады.

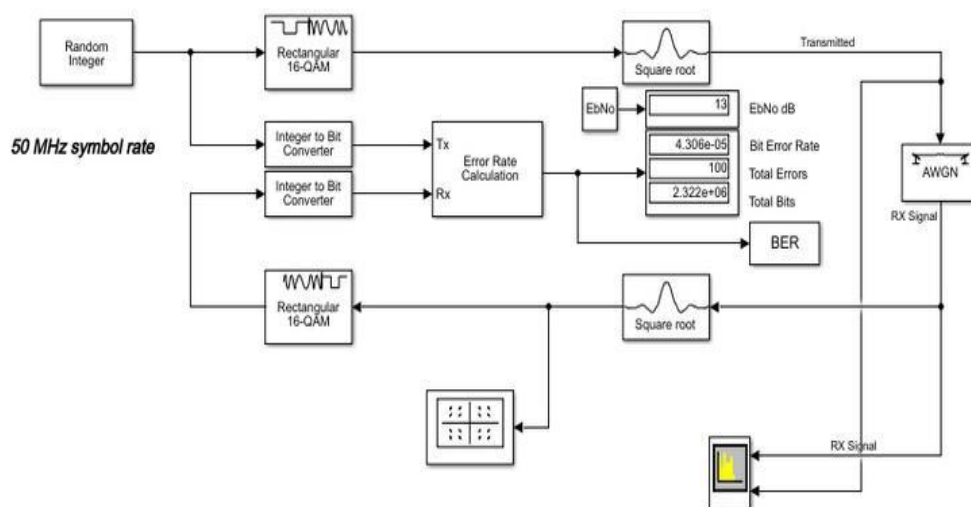


2.6-сурет – 5G желілерін өткізу қабілетін арттыру және қамту үшін шағын ұяшықтар

Радиоарна арқылы соңғы құрылғылардан деректерді қабылдайтын және оларды транзиттік желіге – LoRa шлюзіне (Gateway/Concentrator) жіберетін құрылғы. Транзиттік желілер Ethernet, WiFi, ұялы желілер және кез-келген басқа телекоммуникациялық арналар бола алады. Шлюз және соңғы құрылғылар "жұлдыз" типті желілік топологияны құрайды. Көбінесе бұл құрылғыда бір уақытта бірнеше арналарда немесе тіпті бір арнада бірнеше сигналдарды өңдеуге арналған көп арналы қабылдағыштар болады. Тиісінше, осы құрылғылардың бірнешеуі желіні қамту аймағын және соңғы түйіндер мен сервер арасындағы мөлдір екі бағытты деректерді беруді қамтамасыз етеді. Желі сервері (Network Server) желіні басқаруға арналған: кесте жұмысы, жылдамдықты бейімдеу, қабылданған деректерді сақтау және өңдеу. Қолданба сервері (Application Server) соңғы түйіндердің жұмысын қашықтан басқара алады және олардан қажетті деректерді жинай алады. LoRa желісінде әдетте "жұлдыз" топологиясы бар, онда құрылғылар LoRa шлюздері арқылы қосылады, олар өз кезегінде ортақ желіге қосылады желі сервері (NetServer) стандартты IP протоколдары арқылы [8,15].

LoRa Transceiver моделі MATLAB Simulink-те Simulink-тегі іргелі компоненттерді қолдана отырып, сенімді күрделі модуляция схемаларын қалай тиімді және тиімді құруға болатындығын көрсету үшін жасалған. FSK

модуляциясын қолданатын lora таратқыш-қабылдағыш моделі 2.7-суретте көрсетілген.



2.7-сурет – Lora таратқышы мен қабылдағышының схемасы

Таратқыш 2 FSK модуляция блогынан тұрады, біреуі қажетті сигнал үшін, екіншісі аралық сигнал үшін. Екі сигнал да төмен шу күшейткішінің көмегімен күшейтіледі, содан кейін жалпы фазалық және квадратуралық фазалық компоненттерге бөлінеді. Содан кейін сандық шығысқа түрлендіретін аналогты-сандық түрлендіргіш келеді. Сандық қабылдағыш алынған сигналға дәйекті сүзгіні, сондай-ақ AGC функциясын қолданады және таңбалар бойынша қателік жиілігін есептеу үшін сигнал пішінін демодуляциялайды.

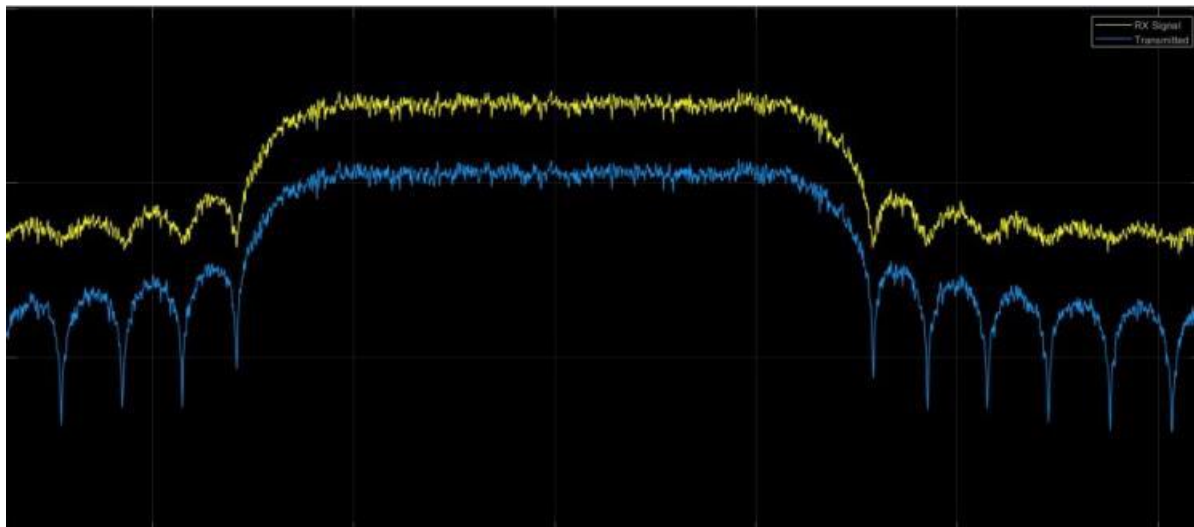
Таратқыш пен қабылдағышты модельдеуге қажетті параметрлер кестеде келтірілген 2.1-кесте. Осы параметрлерді қолдана отырып (LoRa спецификациясына сәйкес) Simulink моделін алуға болады және алынған нәтижелер төменде келтірілген;

Кесте 2.1 – Модельдеу кезінде колданылатын параметрлер

Анықтама	Мағынасы
Деректер кадры (Data Frame)	64 символ
Таңбаға арналған үлгілер (Samples per Symbol)	8
Факторлар тізімі (Roll of Factor)	0.2 дБ декада
Жиілікті арттыру (Up sampling)	8
LNA күшейту (LNA power gain)	18 дБ
LNA Шу коэффициенті (LNA noise figure)	3 дБ
LNA кедергісі (LNA Impedance)	50 Ом
Фазалық ауысу (phase shift)	90°
Жиілікті төмендету (down sampling)	8
Кідіріс (Receive delay)	7

Lora трансивер жүйесін модельдеу нәтижесінде келесі нәтижелер алынды. 2.8-суреттен көріп отырғанымыздай, қабылдағыш пен ADC-дегі сигнал күші мен

компоненттердің өнімділігінің өзгеруі қабылдағыштың жұмысына тікелей әсер етеді.



2.8-сурет – Берілген және қабылданған сигнал

2.8-суретте берілген және қабылданған сигналдар тек қабылданған сигналдың шамалы нашарлауымен бірдей болатындығы көрсетілген Шу блокқа қосылды. Берілген сигнал және қабылданған сигнал 0 Гц орталық жиілікте алынады [16].

Sigfox Технологиясы. SIGFOX-бұл құрылғылар үшін арнайы жасалған дүниежүзілік желіні құруға бағытталған жеке компания (Internet of Things, IoT). Технология деректерді алыс қашықтыққа таратқыш құрылғының төмен қуатымен және батареяның төмен сыйымдылығымен тасымалдауға мүмкіндік береді. Желі осы желіге аз мөлшерде деректерді жіберетін қарапайым және дербес құрылғылар үшін өте жақсы. Осылайша, sigfox желісі ұялы инфрақұрылымға ұқсас (GSM - және GPRS-3G-4G), бірақ энергияны үнемдейді және сонымен бірге арзан. SIGFOX құрылғыларды ғаламдық желіге қосу үшін радио технологиясына негізделген ультра тар жиілік диапазонын (Ultra Narrow Band, UNB) пайдаланады. UNB пайдалану-бұл таратқыштың қуатының өте төмен деңгейін қамтамасыз етудің негізгі факторы, ол сенімді деректерді қосу күйі кезінде қолданылады. Желі қолданыстағы лицензияланбаған диапазондарда (the industrial, scientific and medical, ISM) жаһандық ауқымда жұмыс істейді және осы жиіліктерде желінің қабаттасуы немесе өткізу қабілеттілігі мәселесі жоқ басқа радио технологияларымен қатар өмір сүреді. Еуропада 868,8 МГц диапазоны кеңінен қолданылады (ETSI және CEPT анықтағандай), ал АҚШ-та 915 МГц (FCC анықтағандай). SIGFOX желісінің қамту аймағы ауылдық жерлерде және қалалық жерлерде шамамен 30-50 км құрайды. Әдетте, қиындықтар мен Шу көп болған кезде диапазон 3-тен 10 км-ге дейін төмендейді.

Суретте. 2.9 SIGFOX технологиясының желілік топологиясы ұсынылған [8,15]. Желінің жалпы топологиясы қарапайым және жеңіл "жұлдыз"

топологиясын сақтай отырып, энергия шығыны өте төмен масштабталатын, өнімділігі жоғары желіні қамтамасыз етуге арналған жүзінші инфрақұрылымдар.



2.10-сурет – Sigfox желісінің топологиясы

SIGFOX та түйіндер екі конфигурацияда қолданыла алады:

- P2P режимі-түйіндер арасындағы тікелей байланыс (LAN интерфейсі);
- Гибридті режим-SIGFOX / P2P (SIGFOX желісіндегі P2P + GW). P2P режимінде түйіндер тікелей олардың арасына қосылып, бірден хабарлама жібере алады, ал жіберу тегін болады, өйткені деректерді беру транзиттік арнасыз жүзеге асырылады, ол үшін ақы төлеу керек. Бұл пайдалы, өйткені кез-келген уақытта қосымша желілерді құруға болады және микробағдарламаны өзгертудің қажеті жоқ, тек ағымдағы кітапхананың арнайы командаларын пайдалану жеткілікті. Гибридті режимде біз тек желі арқылы белгілі бір хабарламаларды жіберуге мүмкіндік беретін sigfox және P2P режимдерінің тіркесімін қолданамыз. Бұл жағдайда біз бір түйінді желі шлюзі ретінде қолданамыз (P2P + SIGFOX режимі), ал қалған түйіндер P2P режимінде қолданылады [17].

3 Деректерді цифрлық өңдеу және визуализация

3.1 Алынған деректерді өңдеу және визуализациялау алгоритмі

Медициналық визуализация қазіргі уақытта диагностикалық зерттеулердің сапасы мен дәлдігін арттыру үшін кеңінен қолданылатын негізгі технологиялардың бірі болып табылады (3.1-сурет). Медициналық визуализацияның алғашқы маңызды қолдануына Рентгеннің жұмысын және бұл жаңа технологияның медицинаға енгізілген алғашқы клиникалық мысалдарын жатқызуға болады. Таңғаларлық жайт - Рентгеннің алғашқы жарияланымынан бастап оны клиникалық қолдануға дейін екі аптаға да жетпейтін уақыт өткен. Бұл өте жылдам, әрі кейін белгілі болғандай, асығыс енгізу дәрігерлердің пациентті барынша толық «көру» мүмкіндігіне деген аса қатты мұқтажының нәтижесі болды. Рентген ашылғанға дейін адам денесінің тек шектеулі аймақтарын ғана зерттеуге мүмкіндік болған. Бұл сапалық серпіліс медициналық визуализация саласындағы техникалық құралдар мен әдістемелік қамтамасыз етудің одан әрі дамуына негіз қалады [18, 19].



3.1-сурет – Диагностикаға арналған медициналық визуализация

Алынған медициналық немесе биометриялық деректерді тиімді талдау және түсіндіру үшін нақты құрылымдалған алгоритм қажет. Мұнда деректерді өңдеу мен визуализациялаудың кезең-кезеңімен орындалатын алгоритмі ұсынылады:

1-қадам: Деректерді жинау (Data Acquisition)

Ақылды сенсорлар мен киілетін құрылғылар арқылы деректерді жинау (жүрек соғысы, температура, қан қысымы және т.б.). Деректер: Bluetooth, Wi-Fi немесе 5G арқылы бұлттық сақтау жүйесіне жіберіледі.

2-қадам: Алдын ала өңдеу (Preprocessing)

Шуларды сүзу: қателі немесе ақаулы өлшемдерді алып тастау. Деректерді тазарту: бос немесе қайталанған жазбаларды жою. Қалыптандыру: әртүрлі деректер шкаласын біріздендіру. Уақытша синхрондау: түрлі құрылғылардан келген деректерді ортақ уақыт шкаласына сәйкестендіру.

3-қадам: Талдауға дайындау (Data Structuring & Formatting)

Деректерді құрылымдық форматқа келтіру (мысалы, кесте, JSON). Деректер базасына немесе аналитикалық платформаларға жүктеу.

4-қадам: Талдау (Analysis)

Сипаттамалық статистика: орташа мән, дисперсия, медиана және т.б. Трендтік талдау: уақыт бойынша өзгерістерді анықтау. Аномалияларды анықтау: ерекше немесе қауіпті өзгерістерді белгілеу. Машиналық оқыту (қажет болса): болжамдық модельдер құру.

5-қадам: Визуализация (Visualization)

Графиктер: уақытқа тәуелді өзгерістер (сызықтық графиктер, гистограммалар). Диаграммалар: салыстырулар (дөңгелек, бағанды диаграммалар). Интерактивті панельдер: нақты уақытта деректерді бақылау (мысалы, Power BI, Tableau). Геокарталар (қажет болса): аймақтық денсаулық көрсеткіштері.

6-қадам: Қорытынды жасау және шешім қабылдау

Алынған нәтижелер негізінде дәрігер немесе жүйе шешім қабылдайды (мысалы, пациентке хабарлама жіберу, ескерту шығару, медициналық араласу).

3.2 Гаусс-Ньютон, Левенберг-Марквардт, мультисызықты емес қайталанатын регрессияға әдістерін қолданып қашықтықтан алынған рентген суреті, УДЗ түсірілімі, КТ кесіндісін медициналық болжау үшін LSTM негізіндегі терең оқыту

LSTM желісімен терең нейрондық желіні оқыту (NGN) көмегімен IoT трафигін болжау орындалды. Модельдеу 2,40 ГГц Intel (R) Core(TM) i5-3210M процессорында және 6 Гб жадта жүргізілді. Модельдеу MATLAB R 20A ортасында жүргізілді LSM Deep Learning көмегімен Ios трафигін болжау. DN алгоритмін оқыту үшін IoT моделі жасаған деректер жиынтығы пайдаланылды. Біз LSTM желісіндегі жасырын нейрондардың санына байланысты үш жағдайда өнімділікті зерттейміз. Болжам үшін жасырын нейрондар санына байланысты үш жағдайды таңдаңыз: сәйкесінше 500, 100 және 50. LSTM қабатындағы жасырын нейрондар санының өзгеруі болжау дәлдігін оңтайландыруға қалай әсер ететінін зерттеу үшін LSTM қабатындағы жасырын нейрондар санына негізделген терең оқытудың үш моделі ұсынылады. Болжамның дәлдігі RMSE және MAPE

көмегімен бағаланады. 3.1-кестеде RMSE және MAPE көмегімен IoT өткізу қабілеттілігін болжау дәлдігі көрсетілген.

Кесте 3.1 – RMSE және MAPE көмегімен болжау дәлдігін бағалау

LSTM жасырын нейрондары	RMSE	MAPE
500	0.0298	2.12
200	0.1029	7.35
50	0.1694	13.86

3.1-кестеде LSTM терең оқытуды пайдалану кезінде IoT желісінің өткізу қабілеттілігін болжау дәлдігі көрсетілген. LSTM қабатындағы жасырын нейрондардың санына байланысты үш жағдайда (500, 200 және 50) IoT трафигін болжау дәлдігі бағаланады. Қатені бағалау үшін rmse және MAPE қолданылды.

Кестеде келтірілген нәтижелерден 500-ге тең жасырын нейрондар санында модель $RMSE = 0,0298$ және $MAPE = 2,12\%$ мәндерінде (басқа модельдермен салыстырғанда) ең жақсы болжау дәлдігіне ие екендігі көрінеді. 500 жасырын Нейрон жағдайында болжам дәлдігінің максималды орташа жоғарылауы $11,74\%$ құрайды. 200 жасырын нейрондағы болжау дәлдігі $RMSE = 0,1029$ және $MAPE = 7,35\%$ дейін төмендеді. Бұл жағдайда болжау дәлдігінің максималды орташа жақсаруы $5,23\%$ құрайды. 50 жасырын нейрондық Модель $rmse = 0,1694$ және $MAPE = 13,86\%$ кезінде болжаудың ең төменгі дәлдігіне ие.

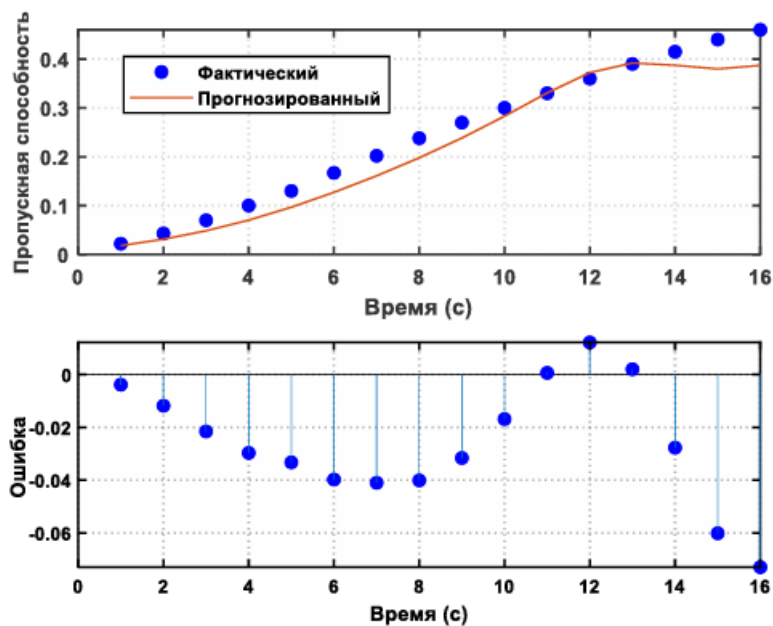
LSTM терең оқыту желісін қолдана отырып, IoT өткізу қабілеттілігін болжауға негізделген нәтижелер ұсынылған. Экспериментте LSTM қабатында жасырын нейрондардың әртүрлі саны бар модельдер таңдалады. Әр суретте екі қисық бар: біріншісі қатынасты көрсетеді уақыт бойынша өткізу қабілеттілігі (нақты және болжамды), ал екіншісі-уақыт бойынша болжау қатесінің өзгеруі (RMSE).

Болжау моделі сурет 3.2 жасырын нейрондар саны 500 $RMSE = 0,0298$ кезінде болжаудың ең жақсы дәлдігіне ие, ұқсас модельдермен салыстырғанда жақсарту $11,74\%$ құрайды. Болжау процесіндегі уақыт 16 с. суреттен жеткілікті дәлдікпен модельдеу нәтижелері нақты модельге сәйкес келетіндігін көруге болады.

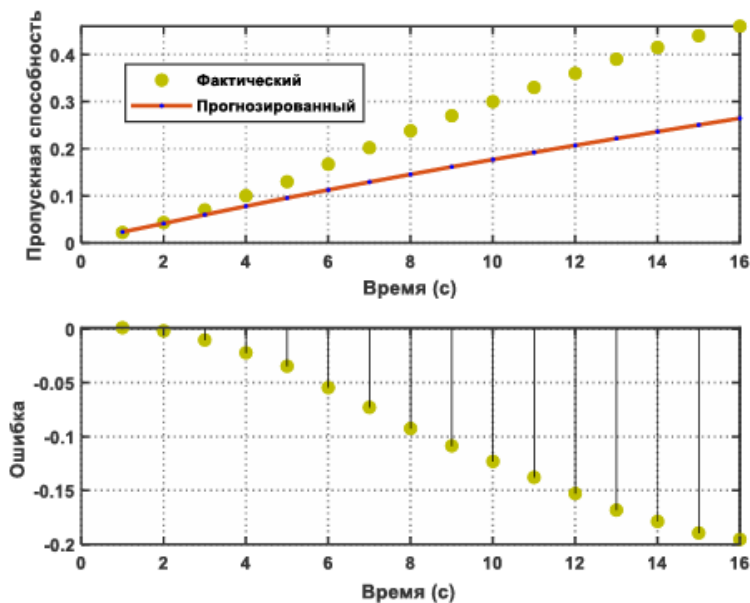
3.3-суретте. жасырын нейрондар саны 200 болатын IoT трафигін болжау бейнеленген. Болжау моделі 500 жасырын нейрондық модельмен салыстырғанда төмен дәлдікке ие; $RMSE$ мәні $0,1029$ дейін төмендеді және басқа модельдермен салыстырғанда $5,23\%$ жақсарды. Сонымен қатар, бұл жағдайда болжау процесіндегі уақыт 16 С құрайды, бірінші қисық бойынша болжау моделі 3с уақытына дейінгі нақты модельге ұқсас, содан кейін болжаудың ең жақсы дәлдігі қамтамасыз етілетін 16С уақытына дейін біртіндеп ауытқиды.

3.3-суретте жасырын нейрондар саны 50 болатын IoT трафигін болжау нәтижелері көрсетілген. Мұндай модель болжаудың ең төменгі дәлдігіне ие: $RMSE = 0,16939$ әріптестерімен салыстырғанда. Біріншісінде көрсетілгендей 3.4-суретте болжау моделі нақты модельден ауытқиды. Сонымен қатар, ол 2 с-қа

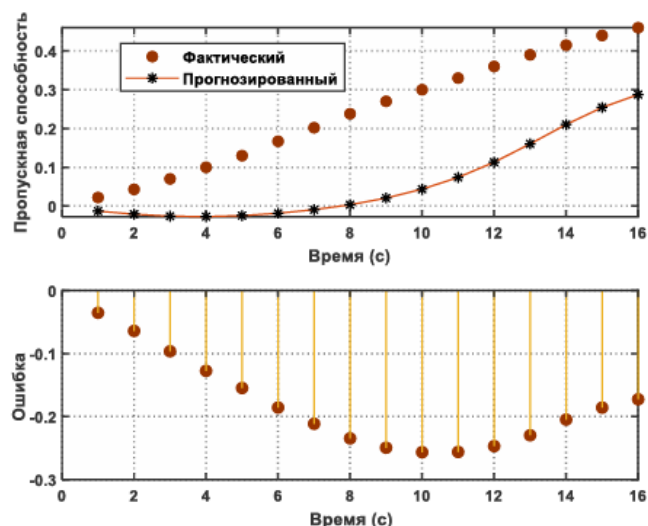
дейін аздап азаяды, содан кейін 5 с-қа дейін тұрақты болады, содан кейін біртіндеп 16 С-қа дейін артады, болжаудың ең жақсы дәлдігі қай жерде алынады.



3.2-сурет – LSTM қабатындағы 500 жасырын нейрондағы болжамды және нақты өткізу қабілеттілігі және RMSE.



3.3-сурет – LSTM қабатындағы 200 жасырын нейрондағы болжамды және нақты өткізу қабілеттілігі және RMSE.



3.4-сурет – LSTM қабатындағы 50 жасырын нейрондағы болжамды және нақты өткізу қабілеттілігі және RMSE.

3.3 5G трафигін болжау үшін LSTM негізіндегі терең оқыту

5G трафигі үшін терең нейрондық желілері бар LSTM көмегімен уақыт қатарларын болжау тәсілін енгізді. Кіріс және шығыс уақыт қатарлары басқа уақыт қатарын ескере отырып, бір уақыт қатарының келесі мәнін болжауға байланысты. Мақсатты қатарды болжау үшін екі қатардың алдыңғы мәндерін (дәлдік үшін) немесе қатарлардың біреуін ғана (қарапайым жүйе үшін) пайдалануға болады. DL алгоритмін оқыту үшін 5G желілік деректер жинағы пайдалады. Жіберілген 4 пакет/с, 6 пакет/с, 8 пакет/с, 10 пакет/с, 12 пакет/с және 14 пакет/с Саны үшін болжамдар жасалды. LSTM реттілікті болжауда өте тиімді, өйткені ол өткен ақпаратты сақтай алады. Бұл біздің жағдайда маңызды, өйткені өткен 5G трафигі болашақ трафик туралы деректерді болжау үшін өте маңызды. LSTM ұсынылған, себебі ол болжамды дәстүрлі уақыт қатарларына қарағанда жақсырақ жақсарта алады. Ол сондай-ақ дәстүрлі модельдерге қарағанда тиімдірек және деректерді тезірек алады. Ол сондай-ақ үлкен деректер жиынтығымен әдеттегі уақыт қатарының модельдеріне қарағанда жақсы жұмыс істейді. Болжау дәлдігі RMSE және MAPE көмегімен бағаланады. 3.2-кестеде өткізу қабілеттілігін болжау дәлдігі көрсетілген RMSE және MAPE көмегімен 5G қабілеттері.

Кесте 3.2 – MMSE және MAPE ұпайларын қолдана отырып болжау дәлдігі

Пакет/с	MAPE%	RMSE	Оқу жылдамдығы
4	9.86	0.5427	78
6	10.77	0.6321	70

8	15.13	0.8175	71.3
10	20.76	1.1675	62.6
12	22.13	1.2622	56.8
14	28.33	1.4911	117.5

3.2-кестеде жіберілген пакеттер санына қарай 5G трафигін болжау дәлдігі көрсетілген. Зерттеу барысында келесі пакеттік жылдамдықтар қарастырылды: 4 пакет/с, 6 пакет/с, 8 пакет/с, 10 пакет/с, 12 пакет/с және 14 пакет/с. Болжам дәлдігін бағалау үшін RMSE (орташа квадраттық қате) және MAPE (орташа абсолюттік пайыздық қате) метрикалары қолданылды.

Кестедегі нәтижелерге сүйенсек, 4 пакет/с жылдамдығымен жіберілген пакеттер санын болжайтын модель ең жоғары дәлдік көрсеткен. Бұл жағдайда RMSE мәні 0,5427, ал MAPE мәні 9,86% құрайды, бұл басқа модельдерге қарағанда жақсы нәтиже. Бұл параметр үшін максималды орташа жақсарту 18,47% болды.

6 пакет/с жылдамдығындағы модель де жоғары дәлдікке ие. Оның RMSE мәні - 0,6321, ал MAPE мәні - 10,77%. Мұндағы максималды орташа жақсарту 17,56% болды.

Келесі жылдамдықтарда алынған максималды орташа жақсартулар:

- 8 пакет/с - 13,2%,
- 10 пакет/с - 7,57%,
- 12 пакет/с - 6,2%.

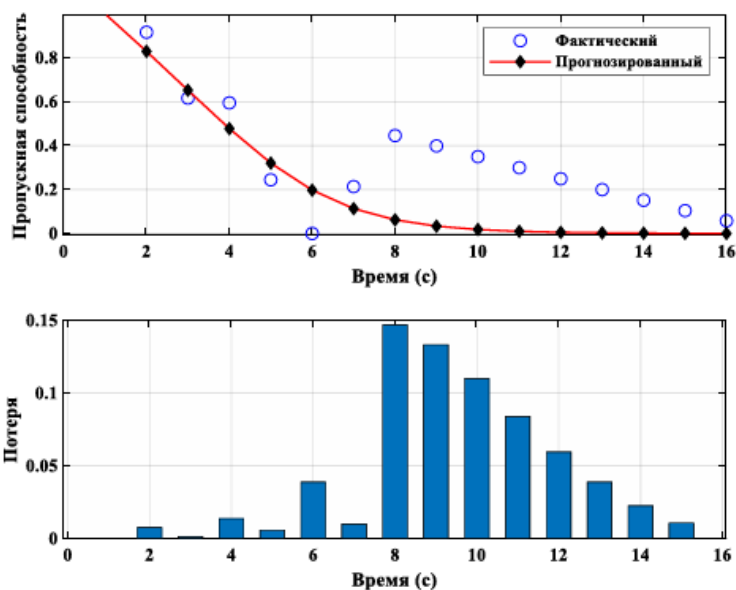
Ал 14 пакет/с жылдамдығындағы модель ең төмен дәлдік көрсетті. Сонымен қатар, 12 пакет/с жылдамдығындағы модель ең жоғары оқу жылдамдығына (training speed) ие болған.

3.5-суреттен 3.10-суретке дейін 5G трафигін болжауға арналған модельдердің нәтижелері көрсетілген. Бұл модельдер LSTM терең оқыту желісі арқылы жасалды. Әрбір модель 5G желісіне жіберілген пакеттер санына байланысты таңдалған.

Әр сурет екі графиктен тұрады:

Бірінші графикте өткізу қабілеттілігі мен уақыт арасындағы байланыс бейнеленген. Мұнда нақты және болжанған мәндер қисықтар түрінде көрсетіледі. Екінші графикте болжау қатесі мен уақыт арасындағы қатынас беріледі.

Бұл визуализациялар арқылы әрбір модельдің уақыт бойынша қаншалықты дәл болжау жасағанын айқын көруге болады.



3.5-сурет – Өткізу қабілеті және 4 пакет/с үшін шығындар.

3.5-сурет - 4 пакет/с үшін 5G трафигін болжау нәтижелері (LSTM үлгісі негізінде)

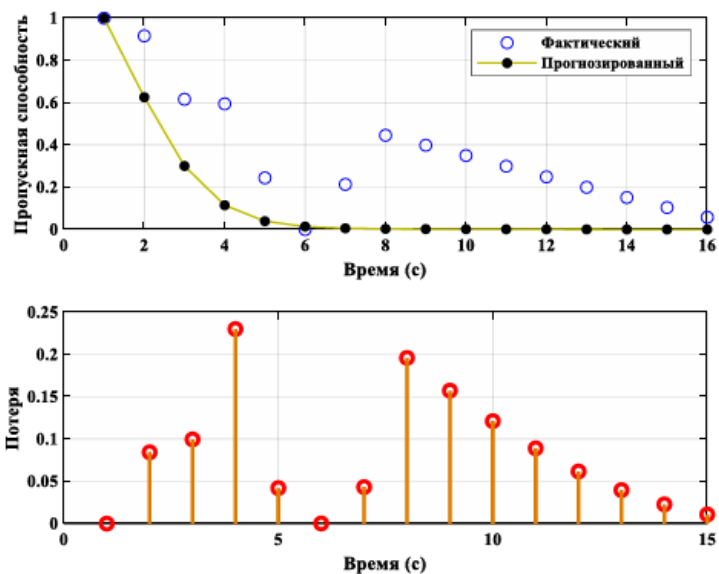
3.5-суретте екі қисық көрсетілген. Бірінші қисық - уақыт бойынша 5GTE өткізу қабілеттілігінің болжамын, ал екінші қисық - уақытқа байланысты болжау қатесін көрсетеді.

Бұл нәтиже LSTM (Long Short-Term Memory) негізіндегі терең оқыту желісінің 5G трафигін болжау қабілетін бағалау үшін алынған. Модель 4 пакет/с жылдамдығымен 16 секунд ішінде жіберілген пакеттер санына негізделіп сыналған.

Бірінші графиктегі нәтиже бойынша, болжамдалған өткізу қабілеттілігі 1-секундта ең жоғары мәнге жетіп, 11-секундқа дейін біртіндеп төмендейді. Одан кейін 16-секундқа дейін тұрақты деңгейде сақталады. Бұл модельдің нақты деректермен жақсы сәйкес келетінін және болжаудың жоғары дәлдігін қамтамасыз ететінін көрсетеді.

Екінші графикте - болжау қатесі көрсетілген. Мұнда ең үлкен шығын (қате) 8-секундта байқалады, одан кейін қате 15-секундқа дейін біртіндеп азаяды. Бұл LSTM моделінің уақыт өте келе нақты мәндерге жақындай түсетінін көрсетеді.

Жалпы алғанда, сурет 3.5-тегі нәтижелер 4 пакет/с жағдайында LSTM үлгісінің 5G трафигін жоғары дәлдікпен болжай алатынын дәлелдейді.



3.6-сурет – 6 пакет/с үшін 5G трафигін болжау нәтижелері (LSTM үлгісі негізінде)

3.6-суретте екі қисық бейнеленген:

Бірінші қисық - уақыт бойынша 5GTE желісінің өткізу қабілеттілігінің болжамын;

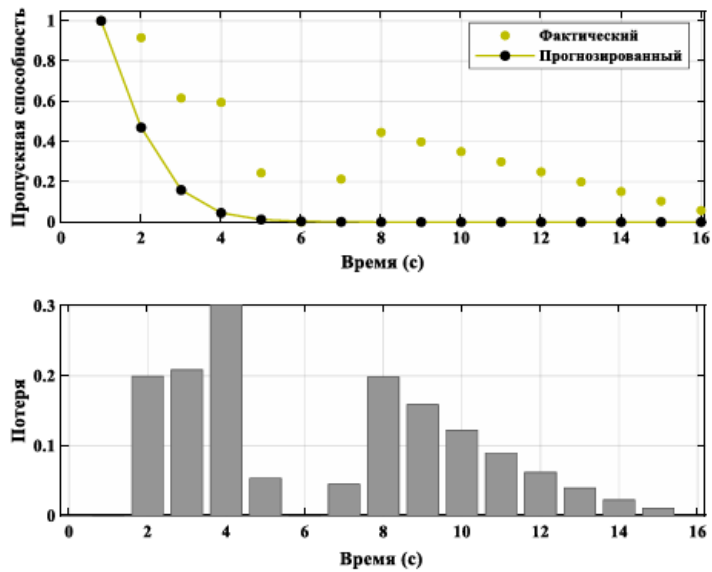
Екінші қисық - уақытқа байланысты болжау қатесін көрсетеді.

Бұл нәтиже STM терең оқыту желісінің 5G трафигінің жүктемесін болжау қабілетін бағалау үшін 6 пакет/с жылдамдығындағы деректерге негізделіп алынған. Болжау кезеңі ретінде 16 секундтық уақыт аралығы таңдалған.

Бірінші қисық бойынша, болжамдалған өткізу қабілеттілігі 1-секундта ең жоғары мәнге жетіп, 6-секундқа дейін біртіндеп төмендейді. Кейін 16-секундқа дейін тұрақты күйге көшеді, бұл модельдің нақты деректерге жақын нәтиже беретінін көрсетеді.

Екінші қисықта болжау қатесі бейнеленген. Мұнда ең жоғары шығындар 4 және 8 секундтарда байқалады, ал одан кейін қате біртіндеп төмендеп, 15-секундта минималды мәнге жетеді.

Жалпы, 3.6-сурет LSTM моделінің 6 пакет/с жылдамдық жағдайында да 5G трафигін дәл болжай алатын тиімділігін көрсетеді.



3.7-сурет – 8 пакет/с үшін 5G трафигін болжау нәтижелері (LSTM үлгісі негізінде)

3.7-суретте екі қисық көрсетілген:

Бірінші қисық - уақыт бойынша 5G желісінің өткізу қабілеттілігін болжау (нақты және болжамдалған мәндер),

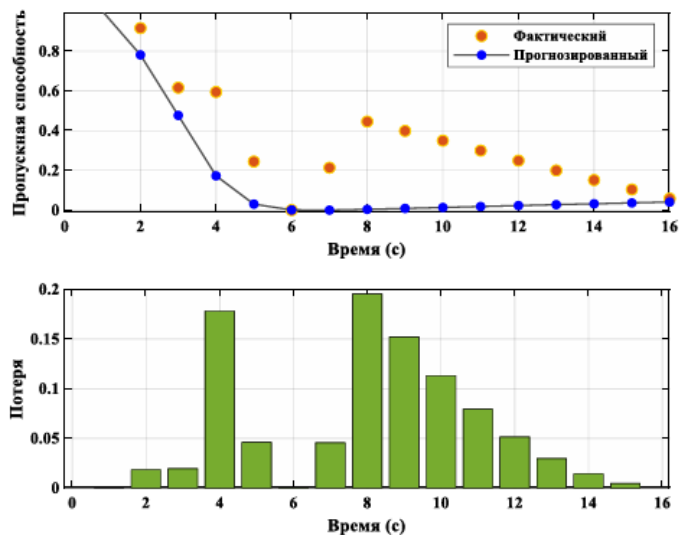
Екінші қисық - уақытқа байланысты болжау қатесін көрсетеді.

Бұл нәтижелер 8 пакет/с жылдамдықпен жіберілген пакеттер негізінде алынған және LSTM терең оқыту нейрожелісінің 5G трафигінің өткізу қабілетін дәл болжау мүмкіндігін бағалауға бағытталған. Болжау уақыты ретінде 16 секундтық кезең таңдалды.

Өткізу қабілеттілігі 1-секундтан бастап біртіндеп өсіп, 6-секундқа дейін төмендейді, ал кейін 15-секундқа дейін тұрақты күйге көшеді. Бұл модельдің уақыт бойынша сенімді және тұрақты болжам жасай алатынын көрсетеді.

Екінші қисықта көрсетілгендей, болжау қатесі уақыт өтуіне қарай өзгеріп отырады және соңында азаяды, бұл да модельдің тиімділігін дәлелдейді.

Осылайша, 3.7-сурет 8 пакет/с жағдайында LSTM үлгісінің 5G трафигін болжау қабілетінің жеткілікті жоғары екенін көрсетеді.



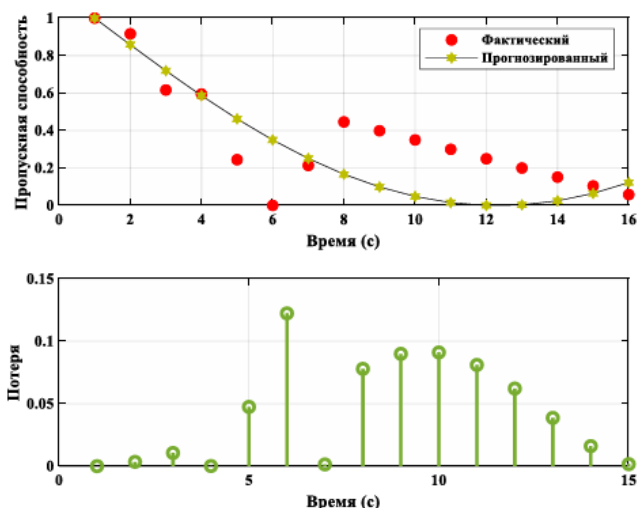
3.8-сурет – 10 пакет/с үшін 5G трафигін болжау нәтижелері (LSTM үлгісі негізінде)

3.8-суретте жіберілген пакеттер саны 10 пакет/с болған жағдайда 5GTE желісінің өткізу қабілеттілігін болжау нәтижелері көрсетілген. Графикте нақты (бақыланатын) және болжанған модельдердің уақыт бойынша өткізу қабілеттілігі бейнеленген. Сонымен қатар, уақытқа байланысты болжау қатесі де екінші қисықпен сипатталған.

Бірінші қисықта өткізу қабілеттілігі 1-секундта артып, 6-секундқа дейін біртіндеп төмендейді. Одан кейін 8-секундқа дейін тұрақты күйде сақталып, әрі қарай 16-секундқа дейін аздап өседі. Бұл модельдің уақыт өте келе желінің жүктеме сипатын тиімді болжай алатынын көрсетеді.

Екінші қисықта, яғни шығынды көрсететін графикте, ең үлкен қателер 4 және 8 секундтарда байқалады. Бұл шығындар 15-секундқа дейін біртіндеп азаяды, бұл модельдің ұзақ мерзімді болжауда сенімділігін арттыратынын көрсетеді.

Осылайша, 3.8-сурет LSTM моделінің 10 пакет/с жылдамдықпен 5G трафигін болжау мүмкіндігін көрсете отырып, оның уақыт бойынша тұрақты және бірізді болжам беруге қабілетті екенін дәлелдейді.



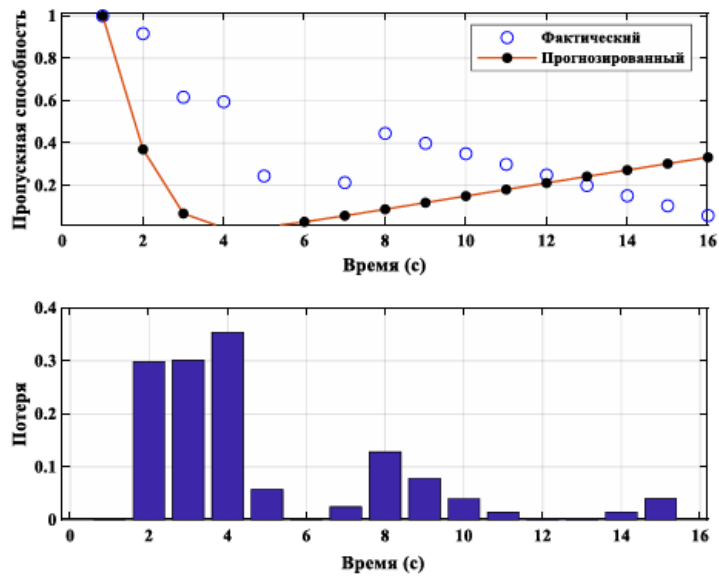
3.9-сурет – 12 пакет/с үшін 5G трафигін болжау нәтижелері (LSTM үлгісі негізінде)

3.9-суретте жіберілген пакеттер саны 12 пакет/с болған жағдайда 5G желісінің өткізу қабілеттілігі мен болжау қатесінің уақыт бойынша өзгерісі көрсетілген. Бұл нәтиже LSTM терең оқыту нейрожелісінің 5G трафигін болжау қабілетін бағалау мақсатында алынған.

Бірінші қисық - уақыт бойынша болжамдалған өткізу қабілеттілігін көрсетеді. Ол 1-секундта артып, 12-секундқа дейін біртіндеп төмендейді, одан кейін 16-секундқа дейін қайта өседі. Бұл модельдің желі жүктемесінің күрделі динамикасын болжай алатынын көрсетеді.

Екінші қисық - болжау қатесінің уақыт бойынша өзгерісін сипаттайды. Мұнда ең жоғары қате мәндері 6 және 10 секундтарда байқалады. Кейін қате 15-секундқа дейін біртіндеп азаяды, бұл модельдің уақыт өте келе болжам дәлдігін жақсартып алатынын көрсетеді.

Жалпы, 3.9-сурет LSTM үлгісінің 12 пакет/с жылдамдықта 5G трафигін болжауда тиімділігін дәлелдейді, дегенмен кейбір уақыт аралықтарында қателіктер жоғарылағаны байқалады.



3.10-сурет - 14 пакет/с үшін 5G трафигін болжау нәтижелері (LSTM үлгісі негізінде)

3.10-суретте жіберілген пакеттер саны 14 пакет/с болған жағдайда уақыт бойынша 5GTE өткізу қабілеттілігінің болжамы мен болжау қатесі көрсетілген. Бұл нәтижелер LSTM терең оқыту нейрожелісінің 5G трафигін болжау қабілетін тексеру мақсатында алынған. Болжау уақыты ретінде 16 секунд таңдалған.

Бірінші қисықта, яғни өткізу қабілеттілігінің графигінде, 1-секундта өткізу қабілеті артады, кейін 4-секундқа дейін біртіндеп төмендейді, одан әрі 16-секундқа дейін қайтадан өседі. Бұл модельдің жоғары трафик жағдайында да белгілі бір деңгейде дәл болжам жасай алатынын көрсетеді.

Екінші қисық - болжау қатесін көрсетеді. Мұнда нақты уақыт нүктелері айтылмағанымен, графиктің жалпы сипатына қарай қате мәндері уақыт өте келе өзгеріп, модельдің тиімділігіне әсер ететіні байқалады.

Жалпы, 3.10-сурет LSTM үлгісінің 14 пакет/с жағдайында да жұмыс істей алатынын, бірақ болжам дәлдігі алдыңғы сценарийлермен салыстырғанда төмендеу болуы мүмкін екенін көрсетеді.

Ұзақ мерзімді қысқа мерзімді жад (LSTM) алгоритміне негізделген IoT трафигі үшін 5G/6G желілерінің өткізу қабілеттілігін болжау әдісі әзірленді, ол болжам нәтижелерін 500 жасырын нейрондағы тәжірибеге қолайлы дәлдікпен қамтамасыз етеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмыста LSTM (Long Short-Term Memory) нейрожелісіне негізделген 5G желілерінің өткізу қабілеттілігін болжау әдісі ұсынылды. Зерттеу барысында IoT трафигіне бейімделген, 500 жасырын нейроннан тұратын терең оқыту моделі әзірленіп, оның болжам дәлдігі жоғары екені тәжірибелік жолмен дәлелденді. Нәтижелер әртүрлі пакеттік жіберу жылдамдықтарында (4–14 пакет/с) модельдің тиімділігін көрсетіп, ең жақсы болжам 4 және 6 пакет/с кезінде алынғанын көрсетті.

Қазіргі уақытта цифрлық технологиялардың денсаулық сақтау саласына кеңінен енгізілуі – маңызды үрдістердің бірі. Соның ішінде телемедицина бағытындағы шешімдер шалғай аймақтардағы тұрғындарға сапалы медициналық қызметті қолжетімді етуде шешуші рөл атқаруда. Бұл технология қашықтықтан диагностика жүргізу, кеңес беру, ем тағайындау және пациент жағдайын бақылауға мүмкіндік береді.

5G желілерінің енгізілуі телемедицинаның әлеуетін бірнеше есе арттырды. Жоғары жылдамдық пен төмен кідіріс – нақты уақыттағы бейнебайланыс, телехирургия, қашықтықтан бақылау, жасанды интеллектпен интеграция, мобильді медицина сияқты жаңа мүмкіндіктерге жол ашты. Бұл өз кезегінде медициналық көмектің сапасын арттырып, адам өмірін сақтауға үлкен үлес қосады.

Осылайша, бұл дипломдық жұмыста ұсынылған LSTM моделіне негізделген болжау әдісі тек техникалық жағынан тиімді ғана емес, сонымен қатар қоғамдық маңызды салаларда, әсіресе денсаулық сақтау жүйесінде кеңінен қолданылуға жарамды. Болашақта бұл әдістің 5G желілерімен интеграциясы телемедицинаның дамуына жаңа серпін беретіні сөзсіз.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Arshad Q. K. U. D., Kashif A. U., Quershi I. M. A review on the evolution of cellular technologies //2019 16th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology (IBCAST). – IEEE, 2019. – C. 989-993.
- 2 Kalra B., Chauhan D. K. A comparative study of mobile wireless communication network: 1G to 5G //International Journal of Computer Science and Information Technology Research. – 2014. – T. 2. – №. 3. – C. 430-433.
- 3 Villarrubia G. et al. Artificial neural networks used in optimization problems //Neurocomputing. – 2018. – T. 272. – C. 10-16.
- 4 Schmidhuber J. Deep learning in neural networks: An overview //Neural networks. – 2015. – T. 61. – C. 85-117.
- 5 Du X. et al. Stacked LSTM deep learning model for traffic prediction in vehicle-to-vehicle communication //2017 IEEE 86th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall). – IEEE, 2017. – C. 1-5.
- 6 Abdellah A. R. et al. IoT traffic prediction using multi-step ahead prediction with neural network //2019 11th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). – IEEE, 2019. – C. 1-4.
- 7 Chen M. et al. Artificial neural networks-based machine learning for wireless networks: A tutorial //IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2019. – T. 21. – №. 4. – C. 3039-3071.
8. Galinina O. et al. (ed.). Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems: 20th International Conference, NEW2AN 2020, and 13th Conference, ruSMART 2020, St. Petersburg, Russia, August 26–28, 2020, Proceedings, Part II. – Springer Nature, 2020. – T. 12526.
9. Abdellah A. R., Muthanna A., Koucheryavy A. Energy estimation for VANET performance based robust neural networks learning //Distributed Computer and Communication Networks: 22nd International Conference, DCCN 2019, Moscow, Russia, September 23–27, 2019, Revised Selected Papers 22. – Springer International Publishing, 2019. – C. 127-138.
10. Peter J. Huber, "Robust Statistics," / Peter J. Huber, Elvezio M. Ronchetti // John Wiley and Sons, New York, 2nd Edition, March 2009.
11. Abd Ellah A. R., Essai M. H., Yahya A. Comparison of different backpropagation training algorithms using robust M-estimators performance functions //2015 Tenth International Conference on Computer Engineering & Systems (ICCES). – IEEE, 2015. – C. 384-388.
12. Mohamed M. Zahra, Mohamed H. Essai, Ali R. Abd Ellah, "Performance Functions Alternatives of Mse for Neural Networks Learning", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 3, Issue 1, pp. 967-970, January 2014. of
13. Jagannath J. Machine learning for wireless communications in the Internet Things: A comprehensive survey / Jagannath J., Polosky N., Jagannath A., Restuccia

F., Melodia T. // Elsevier, Ad Hoc Networks, Vol. 93, pp. 1-46, Article 101913, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2019.101913>.

14. M. E., "Machine Learning for 5G/B5G Mobile and Wireless Communications: Potential, Limitations, and Future Directions," / M. E. Morocho 134 Cayamcela, H. Lee and W. Lim // in IEEE Access, Vol. 7, pp. 137184-137206, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2942390.

15. A. R. Mohammed, "Machine Learning and Deep Learning Based Traffic Classification and Prediction in Software Defined Networking,"/ A. R. Mohammed, S. A. Mohammed and S. Shirmohammadi // 2019 IEEE International Symposium on Measurements & Networking (M&N), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/IWMN.2019.8805044.

16. O'Connell, Eoin, "Challenges Associated with Implementing 5G in Manufacturing" / O'Connell, Eoin; Moore, Denis; Newe, Thomas // MDPI, Telecom, Vol. 1, No. 1, pp. 48-67, 2020, <https://doi.org/10.3390/telecom1010005>.

17. Y. Fu, "Artificial Intelligence to Manage Network Traffic of 5G Wireless Networks," / Y. Fu, S. Wang, C. Wang, X. Hong, and S. McLaughlin // in IEEE Network, vol. 32, no. 6, pp. 58-64, November/December 2018, doi: 10.1109/MNET.2018.1800115.

18. Andrea Biral, "The challenges of M2M massive access in wireless cellular networks" / Andrea Biral, Marco Centenaro, Andrea Zanella, Lorenzo Vangelista, Michele Zorzi // Elsevier, Digital Communications and Networks, Vol. 1, Issue 1, PP. 1-19, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2015.02.001>.

19. P. Popovski, "5G Wireless Network Slicing for eMBB, URLLC, and mMTC: A Communication-Theoretic View," / P. Popovski, K. F. Trillingsgaard, O. Simeone and G. Durisi // in IEEE Access, vol. 6, pp. 55765-55779, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2872781.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ
дипломдық жұмысқа

Умирзак Әдемі

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «Денсаулық сақтау саласында 5G желісін қолдану»

Дипломдық жұмыста қазіргі заманғы телекоммуникациялық жүйелердің өзекті мәселелерінің бірі — 5G желілерінің өткізу қабілеттілігін болжау мәселесі қарастырылған. Автор бұл мақсатта терең оқыту әдістерінің бірі — LSTM (Long Short-Term Memory) нейрожелісі негізінде модель құрастырып, оны телемедицина саласында қолдануға бейімдеген. Осылайша, зерттеудің ғылыми маңызымен қатар әлеуметтік өзектілігі де арта түседі.

Жұмыста 500 жасырын нейроннан тұратын LSTM моделі ұсынылған, әрі оның Интернет заттары (IoT) трафигіне бейімделгені көрсетілген. Өртүрлі пакеттік жіберу жылдамдықтарында (4–14 пакет/сек) жүргізілген эксперименттік зерттеулер бұл модельдің жоғары болжам дәлдігін көрсетті. Ең тиімді нәтижелер 4 және 6 пакет/сек режимдерінде алынған. Бұл модельді нақты практикалық жағдайларға бейімдеп қолдануға мүмкіндік береді.

Жұмыста сондай-ақ 5G технологиясының телемедицинадағы рөліне арнайы талдау жасалған. Автор бұл технологияның шалғай аймақтардағы халық үшін медициналық көмекті қолжетімді ету, нақты уақыт режиміндегі бейнебайланыс ұйымдастыру және жасанды интеллект жүйелерімен ықпалдасу мүмкіндіктерін нақты мысалдармен негіздеп көрсеткен.

Жалпы алғанда, дипломдық жұмыс ғылыми-зерттеу талаптарына толық сәйкес келеді. Оның құрылымы жүйелі, мазмұны терең, ал алынған нәтижелер нақты тәжірибелік мәнге ие. Зерттеудің әлеуметтік маңызы жоғары және болашақта оны кеңейтіп, қолданбалы жобаларға енгізуге толық негіз бар.

Жұмысты бағалау

Студент Умирзак Әдемі дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс "95/A+/ өте жақсы" деп бағаланды, ал Умирзак Әдемі 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының "Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар" саласының бакалавры дәрежесіне сай деп санаймын.

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ каф. қауымд. профессоры
PhD,

 К.Н.Тайсариева
«28» 05 2025 ж.

СЫН ПІКІР
дипломдық жұмысқа

Умирзак Әдемі

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «Денсаулық сақтау саласында 5G желісін қолдану»

Орындалды:

а) графикалық бөлім 3 парақ;
б) түсініктеме 57 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыста қазіргі заманғы телекоммуникациялық жүйелердің өзекті мәселелерінің бірі — 5G желілерінің өткізу қабілеттілігін болжау қарастырылған. Автор LSTM (Long Short-Term Memory) нейрожелісіне негізделген терең оқыту моделін әзірлеп, оның нақты қолдану саласы ретінде телемедицинаны тандаған. Бұл зерттеудің әлеуметтік және ғылыми маңызын арттырады.

Жұмыста 500 жасырын нейроннан тұратын модель ұсынылып, оның IoT трафигіне бейімделгендігі көрсетілген. Өртүрлі пакеттік жіберу жылдамдықтарындағы (4–14 пакет/с) эксперименттік нәтижелер болжам дәлдігінің жоғары екенін дәлелдейді. Ең жақсы нәтижелер 4 және 6 пакет/с кезінде алынған. Бұл модельдің болжау мүмкіндіктерін нақты жағдайларға бейімдеуге мүмкіндік береді.

Телемедицинаның дамуындағы 5G технологиясының рөліне арналған шолу жұмыстың өзектілігін көрсетеді. Автор бұл технологияның шалғай аймақтардағы адамдарға медициналық көмекті қолжетімді етудегі, нақты уақыттағы бейнебайланысты қамтамасыз етудегі және жасанды интеллект негізіндегі жүйелермен интеграция мүмкіндіктерін нақты мысалдармен дәлелдеген.

Жалпы, дипломдық жұмыс ғылыми талаптарға толық сәйкес келеді, жұмыстың құрылымы логикалық, техникалық мазмұны терең және нақты тәжірибелік нәтижелерге негізделген. Жұмыстың әлеуметтік маңызы жоғары, әрі болашақта кеңейтіліп, қолданбалы жүйелерге енгізуге толық негіз бар.

Жұмысты бағалау

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

Рецензент

ҚазҰАЗУ, доктор PhD.,

қауымд. профессоры

Әлібек Н.Б.

«20» 03 2025 ж.
«ИНЖЕНЕРЛІК ТЕХНИКАЛЫҚ
ФАКУЛЬТЕТІ»

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

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

Автор: Умирзак Әдемі

Тақырыбы: Денсаулық сақтау саласында 5G желісін қолдану

Жетекшісі: Кырмызы Тайсариева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 13.6

2-ұқсастық коэффициенті (5): 3

Дәйексөз (35): 0.4

Өріптерді ауыстыру: 0

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

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

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

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

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

Негіздеме:

2025-04-29

Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Умирзак Өдемі

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Денсаулық сақтау саласында 5G желісін қолдану

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 13.6

Коэффициент Подобия 2: 3

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

☐ Обоснование:

2025-04-29

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Умирзак Өдемі

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Денсаулық сақтау саласында 5G желісін қолдану

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 13.6

Коэффициент Подобия 2: 3

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

☐ Обоснование:

2025-04-29

Дата



Сүңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт