

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Хожахметова Акмарал Каллибекқызы

«Жасанды интеллект технологиялары негізінде байланыс желісінің қызметтерін
ұсыну әдістері»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2023 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

 Е. Таштай

« 25 » 05 2023 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Жасанды интеллект технологиялары негізінде байланыс желісінің қызметтерін ұсыну әдістері»

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:



А.К. Хожахметова

Пікір беруші
ҚазҰАЗУ, PhD докторы,
Энергия үнемдеу және
автоматика кафедрасы меңгерушісі

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

«ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ АГРАРЛЫҚ
ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ» ҚЕАК

Молдажанов А. К.

« 25 » 05 2023 ж.

 С. Марксұлы

« 25 » 05 2023 ж.

Алматы 2023 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай

«22» 12 2022 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Хожахметова Акмарал Каллибекқызы*

Тақырыбы *«Жасанды интеллект технологиялары негізінде байланыс желісінің қызметтерін ұсыну әдістері»*

Университет ректорының *«23» қараша 2022 ж. №408-П/Ө бұйрығымен* бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *«30» сәуір 2023 ж.*

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- 1) *Модельдік желі архитектурасы;*
- 2) *Зерттелетін қызметтердің трафигі;*
- 3) *5G/IMT-2020 желісінің негізгі талаптары;*
- 4) *Openflow хаттамасы.*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) *Байланыс желілеріндегі жасанды интеллектті стандарттау бойынша аналитикалық шолу;*

б) *5G/IMT-2020 байланыс желілерінің негізгі технологияларын талдау;*

в) *Жасанды интеллект технологиялары негізінде бағдарламалық-конфигурацияланатын желілер контроллерлеріне жүктемені болжау әдісін әзірлеу;*

г) *Пайдаланушы орталығын іздеу алгоритмінің жұмысын модельдеу.*

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 1) *Zewei He Communication Engineering Application System Based on Artificial Intelligence Technology, 2021 6th International Conference on Smart Grid and Electrical Automation (ICSGEA);* 2) *Fei Shu, ShuTing Chen, Feng Li, JianYe Zhang, Jia Chen, Research and implementation of network attack*


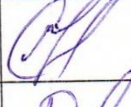

and defense countermeasure technology based on artificial intelligence technology, 2020 IEEE 5th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC)
 3) Jiyu Jiao, Xuehong Sun, Liang Fang, Jiafeng Lyu, An overview of wireless communication technology using deep learning, China Communications 2021.

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ


Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	04.01.2023 - 01.02.2023	Орындалды
Теориялық ақпарат	01.02.2023 - 01.03.2023	Орындалды
Жабдықтар жұмысының есебі және жұмысты рәсімдеу	01.03.2023 - 30.05.2023	Орындалды

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

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Марксұлы С. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	16.01.2023	
Теориялық ақпарат	Марксұлы С. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	04.04.2023	
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	25.05.2023	

Ғылыми жетекшісі

 Марксұлы С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

 Хожахметова А.К.

Күні «22» желтоқсан 2022 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыстың мақсаты – жасанды интеллект технологияларын қолдана отырып, инфрақұрылымды құру және коммуникациялық желі қызметтерін көрсету әдістерін зерттеу және әзірлеу.

Осы мақсатқа жету үшін дипломдық жұмыста келесі міндеттер ретімен шешіледі:

- қызметтердің микросервис архитектурасын сүйемелдеумен тұман және шеткі есептеулер арасындағы өзара әрекеттесу құрылымы мен әдісін әзірлеу;
- бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілердің контроллерлеріне жүктемені болжау әдісін әзірлеу.

АННОТАЦИЯ

Целью дипломной работы является исследование и разработка методов создания инфраструктуры и предоставления услуг коммуникационных сетей с использованием технологий искусственного интеллекта.

Для достижения этой цели в дипломной работе решаются следующие задачи в порядке:

- анализ методов машинного обучения и больших данных для задач мониторинга и управления трафиком в коммуникационных сетях;
- разработка метода прогнозирования нагрузки на контроллеры программно-определяемых сетей.

ANNOTATION

The purpose of the thesis is to research and develop methods for creating infrastructure and providing communication network services using artificial intelligence technologies.

To achieve this goal , the following tasks are solved in the thesis in the order:

- development of the structure and method of interaction of services with microservice architecture and peripheral computing;
- development of a method for predicting the load on controllers of software-defined networks.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Қазіргі және болашақ байланыс желілерінің концепцияларын талдау	8
1.1 5G/IMT-2020 байланыс желілерінің негізгі технологияларын талдау	8
1.2 Бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілер тұжырымдамасын талдау және OpenFlow протоколы	13
1.3 Бесінші буын байланыс желілері: желілер 2030 жолында	22
1.4 Коммуникациялық желілердегі жасанды интеллект	26
1.5 Байланыс желілеріндегі трафикті бақылау және басқару әдістерін талдау. Machine Learning және Big Data технологияларына негізделген 5G/IMT-2020	32
2 Байланыс желілерін құру	35
2.1 Байланыс желілерін құру үшін негіз ретінде өте төмен кідірістері бар байланыс желілері бесінші ұрпақ	35
2.2 Байланыс желілеріндегі сервистік трафикті анықтау міндеті	36
2.3 Модельдік желі архитектурасы	37
2.4 Зерттелетін қызметтердің трафигі	39
2.5 Бесінші және одан кейінгі буындардың қызметтік трафигін бақылау және анықтау	41
3 Қызметтердің микросервис архитектурасы	51
3.1 Орталықтандырылмаған бұлттық есептеулерге көшу қажеттілігі	51
3.2 Бағдарламалық қамтамасыз ету тәсілдерін талдау	51
3.3 Бөлінгеннің өзара әрекеттесу әдісі мен микросервис қолдайтын есептеулер	53
3.4 Микросервиспен функцияның орындалу уақытына қатысты Fog құрылғысын таңдау алгоритмін қолдану әсерін бағалау	68
4 Бағдарламалық желілерді басқарулар	71
4.1 Бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілік контроллерлерді бақылау мәселесі	71
4.2 Жасанды интеллект технологиялары негізінде бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілердің контроллерлеріне жүктемені болжау әдісін әзірлеу	71
Қорытынды	84
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	86

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта жасанды интеллект өнеркәсіпті ілгерілетуде (дамытуда) маңызды рөл атқарады. 1956 жылы Дартмут конференциясында Маккарти жасанды интеллект тұжырымдамасын ұсынған болатын. Жасанды интеллект желіде орын алуы мүмкін ақаулықтарды анықтау үшін де пайдаланылады [1]

Қазіргі уақытта жасанды интеллект технологиясының дамуы "тығырыққа тірелудің" жаңа кезеңіне өтті және статистикаға негізделген алгоритм таусылды. Соңғы жылдары жасанды интеллект технологиясы қоғамның күнделікті өміріне біртіндеп еніп, технологияның қарқынды дамуы әсерлі болды. Күнделікті өмірде біз барлық жерде жасанды интеллект фигурасын көре аламыз: ақпаратты тиімді тарату (мысалы, Google, TikTok), ғимараттардағы бетті тану және тіпті жиі қолданылатын аударма құралдары. Жасанды интеллект қиындықты қалай жеңіп, келесі даму кезеңіне өтуі мүмкін? Мұнда авторлар адам мен компьютерді біріктіру әдісін ұсынады. Адам мен компьютер интеграциясының интеллектісі-бұл адамға және компьютерге адамның ниетін жүзеге асыра отырып, әртүрлі интеллектуалды міндеттердегі қайшылықтар мен парадокстарды үйлестіруге көмектесетін интеллекттің жаңа түрі. Интеллект-бұл проблемаларды шешудің құралы ғана деген тұжырыммен жұмысты қорытындылады [14].

5G/ИМТ-2020 бесінші буын байланыс желілері мен қызметтердің жаңа түрлері соңғы 5-6 жыл ішінде зерттеудің ерекше тақырыбы болды, ал жаһандық зерттеулер мен әзірлемелердің нәтижесі 2030 байланыс желілері тұжырымдамасына бірқалыпты көшу болды. Бұл ауысу заттар интернетің концепциясына негізделген жаңа дамып келе жатқан қызмет түрлерінің үлкен санына байланысты болды. Өз кезегінде заттар интернеті концепциясы және жеке концепцияларды тудырды, олардың шеңберінде коммуникациялық желілерге өзіндік талаптары қалыптасты. Халықаралық электрбайланыс одағы 5G/ИМТ-2020 байланыс желілерінің үш негізгі «бағандарын» анықтайды: кең ауқымды машинадан машинаға өзара әрекеттесу, жоғары мобильді байланыс және өте төмен кідіріспен байланыс желілеріне келеді. 2021 жылға қарай бұл бағыттардың кейбірі қазірдің өзінде ауқымды форматта жүзеге асырылуда және тек табиғатта, атап айтқанда, машинадан машинаға өзара әрекеттесулер қолданылады деп айтуға болады. Байланыс желілерінде «адам-машина» типіне қарағанда «машина-машина» деп аталатын қосылым түрі қазірдің өзінде басым, желіге қосылған құрылғылардың саны пайдаланушылар санынан асып түседі. Сонымен қатар, байланыс желілерінің екінші, кем емес маңызды құрамдас бөлігі – өте төмен кідірістері бар желілерді енгізу мәселесі туындап тұр. Осы бағытта ұсынылып отырған сервистік концепциялар кешені қазірдің өзінде байланыс желілерінің келесі буынына – 2030 байланыс желілеріне бірқалыпты өтуде. Телемедицина сияқты қызметтер толықтай қамтылған. Тактильді интернет, өкінішке орай, байланыс желілерінің қазіргі мүмкіндіктері жағдайында ақпаратты беру жылдамдығының шектеулеріне және деректер жолында енгізілген кідірістерге

байланысты мүмкін емес. Сонымен қатар, желілер мен коммуникациялардың аса тығыздығы сияқты критерий желіні және есептеу инфрақұрылымын құру әдістеріне қосымша талаптарды енгізеді. Супер тығыздық тек 5G/IMT-2020 желілерінің ғана емес, одан кейінгілердің де белгілерінің бірі болып табылады. Шынында да, бір шаршы метрге 1 миллион терминалды орналастыру кезінде қызмет көрсету сапасы мен қабылдаудың қажетті деңгейін қамтамасыз ететін 3GPP талабы қазіргі уақытта бар тығыз желілердің сипаттамаларынан түбегейлі ерекшелейді. Белгілі болжамға сәйкес, заттар интернеті санының шегі 50 триллион құрылғыға бағаланады, оған шамамен 2030 жылы жетуге болады. Өкінішке орай, байланыс желілерінің қазіргі мүмкіндіктері жағдайында олар ақпаратты беру жылдамдығының шектеулеріне байланысты және деректер жолында енгізілген кідірістерге байланысты мүмкін емес.

1 Қазіргі және болашақ байланыс желілерінің концепцияларын талдау

1.1 5G/IMT-2020 байланыс желілерінің негізгі технологияларын талдау

5G/IMT-2020 байланыс желілері техникалық және іскерлік инновациялар үшін экожүйені құруы керек [1]. Бұрын айтылғандай, IMT-2020 желілері көптеген жаңа қызметтерді тиімді және үнемді іске қосуға мүмкіндік береді деп күтілуде. Сонымен бірге, бұрын ұялы байланыс желілерінің технологиялық кезеңін білдіретін «5G» белгіленуі осы ұрпақта іс жүзінде халықаралық деңгейде байланыс желілері мен қызметтерінің жаңа дәуірін бейнелейтінін атап өткен жөн. Оның ішінде желілердің негізгі технологияларында, қызмет көрсету принциптерінде және т.б. «G» аббревиатурасын 3GPP (3rd Generation Partnership Project) консорциумы береді, ал IMT-2020 (International Mobile Telecommunications) аббревиатурасын ITU-T пайдаланады. 2021 жылы ITU-T-да жұмысы толығымен 5G/IMT-2020 инфрақұрылымдық технологиялары мен қызметтері саласындағы стандарттау мәселелерін шешуге арналған бірнеше Зерттеу топтары (SGs) бар. Келесі ИК-тердің жұмысын атап өткен жөн:

- SG 11: Сигнал беру талаптарына, хаттамаларға, сынақ спецификацияларына және контрафактілікке қарсы бағытталған. Осы СІ аясында әсіресе хаттамалары, олардың үйлесімділігі, архитектураларын тестілеу және заттар интернеті құрылғыларын сәйкестендіру саласындағы ұсыныстарды әзірлеу бойынша белсенді жұмыс жүргізілуде. Сондай-ақ бағдарламалық құралмен анықталған желілердің (SDN) контроллерлерін тестілеу әдістерін сипаттайтын ұсыныстарға назар аударған жөн.

- SG 13: Болашақ желілерге, атап айтқанда IMT-2020, бұлтты есептеулер және сенімді желілік инфрақұрылымдарға бағытталған. Осы ИК шеңберінде инфрақұрылымдық ұсыныстар қарастырылады: архитектуралар, қаңқалар (құрылымдар), құрылыс ережелері мен принциптері. Осы ІС аясында да қарастырылатын ең өзекті салалардың бірі – коммуникациялық желілердегі жасанды интеллектті атап өткен жөн.

- SG 20: Интернет заттарының, ақылды қалалардың және қауымдастықтың тұжырымдамалық мәселелеріне назар аударады. Осы ІС шеңберінде концептуалды жоспардың ұсыныстарын әзірлеу мәселелері жиі қарастырылады, сонымен қатар заттар интернетінің жаһандық тұжырымдамасының қолданбалары, мысалы, виртуалды және толықтырылған шындық (ағылшынша Augmented & Virtual Reality тілінен).

Сондай-ақ, негізгі ИК-терден басқа серіктестік пен бірлескен дамудың тағы бір форматы - Фокус тобы бар екенін атап өткен жөн. Фокус-топ қандай тапсырмаларды және қандай форматта (ұсынымдық, шолу және т.б.) орындайтыны

осының ашылуына арналған бірқатар сессиялар барысында анықталатын фокус-топтар, мысалы, 13 ИК аясында өткен жылдың желтоқсан айында бастамашыдан.

5G/IMT-2020 байланыс желілерінің инфрақұрылымы мен қызметтері мәселесіне қайта оралсақ, алдыңғы өзгерістер (буындар) бірінші кезекте үшінші буындағы 3G ұялы желілерінің (1999) және жалпыға қолжетімді пакеттік желілердің (2000) пайда болуымен байланысты болғанын атап өткен жөн. . Сонымен қатар, бұрын байланыс желілері технологиялардың үш тобына бөлінгенін ескеру қажет: деректерді беру желілері (DTN), жылжымалы (мобильді) байланыс желілері және жалпы коммутациялы телефон желілері (PSTN). Қазіргі уақытта бесінші буын желілері мобильді және тіркелген байланыс желілерінің барлық жетістіктерін біріктіруге, 10 Гб/с және одан жоғары деректерді беру жылдамдығын қамтамасыз етуге, сондай-ақ жаңа бұлтты есептеу құрылымдарының мүмкіндіктерін (Fog-fog және MEC) енгізуге арналған тікелей пайдаланушыға.

5G/IMT-2020 гетерогенді болып табылады, яғни олар дәстүрлі тіркелген қоғамдық және мобильді желілерден ұшатын және сенсорлық желілерге дейінгі көптеген әр түрлі желілерді біріктіреді [2]. Ағылшын әдебиетінде желінің бұл түрі HetNet (Heterogeneous Networks) деп аталады [2].

Дегенмен, бастапқыда гетерогенділік қасиеті ұзақ мерзімді эволюциялық жүйелердің (LTE - long Term Evolution) және сенсорлық желілердің өзара әрекеттесуін зерттеу кезінде байқалды. IMT-2020 жүйелері тек байланыс құралы ғана емес пайдаланушылар, сонымен қатар медицина, көлік, білім беру және т.б. сияқты басқа салалардың дамуына ықпал ететін құрал [5]. ITU-T ITU-R M.2083-0 ұсынысында 5G/IMT-2020 [5] үшін келесі пайдалану жағдайларын анықтады:

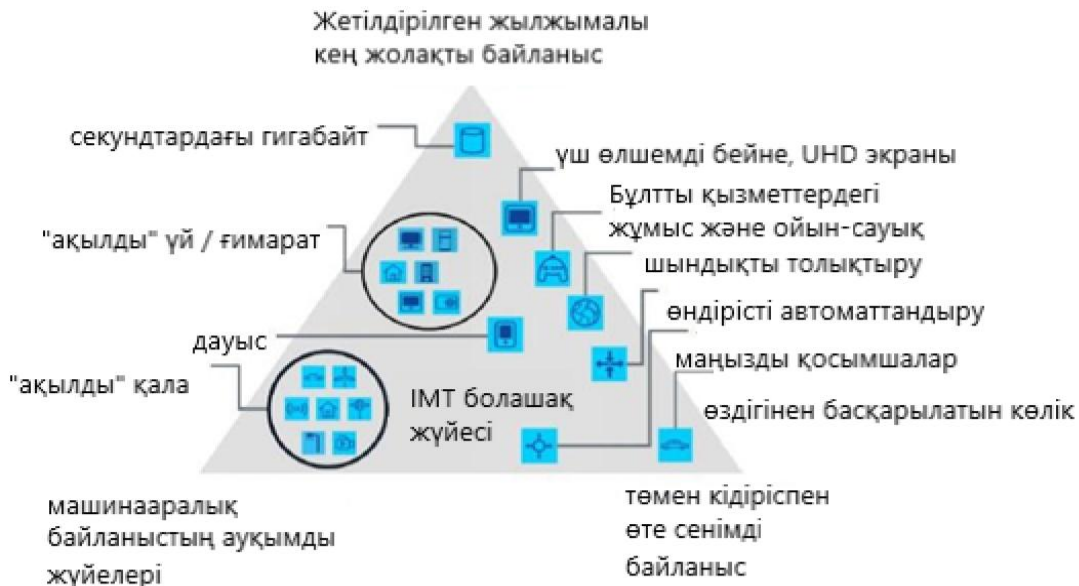
- *Жетілдірілген мобильді кең жолақты. (ағылшын тілінен EMB - Enhanced Mobile Broadband)* Мобильді кең жолақты қызметтерге сұраныс одан әрі өседі.

- *Өте сенімді, төмен кідіріспен деректерді беру. (Ағылшын тілінен URLLC - өте сенімді және төмен кідіріспен байланыстар).* Бұл пайдалану жағдайы өткізу қабілеті, кешігу және желі қолжетімділігі сияқты көрсеткіштерге қатаң талаптар қояды. Бұл жағдайда мысал келтіруге болады: қашықтықтан хирургиялық араласу, смарт желілерде энергияны бөлуді автоматтандыру, көлік қауіпсіздігі, оның ішінде автономды көлік.

- *Ірі масштабты «машинадан машинаға» байланыс жүйелері. (ағылшын тілінен MMC - Massive machine type communications).* Бұл сценарий шаршы метрге қосылған құрылғылардың көптігімен сипатталады.км.

ITU бұл сценарийлерді 5G / IMT-2020 байланыс желілерінің негізгі үш «кит» ретінде анықтады, олардың әрқайсысында жеке даму да, басқа векторлармен бірлескен даму да орын алады, бұл айтарлықтай үлкен оң синергетикалық әсерді әкелуі керек. Байланыс желілерін дамытудың осы бағыттарының синергиясының нәтижелері қазіргі уақытта көрініп тұр: ұшқышсыз көліктердің пайда болуы (сынақ режимінде), «Ақылды қала» сияқты жүйелердің пайда болуы және т.б.

Қолданыстағы шешімдерді әзірлеу бастапқы деңгейде деп айтуға болады, бірақ нәтиженің өзін қазір бағалауға болады.



1.1-сурет – ИМТ-2020 және одан кейінгі қолдану жағдайлары [5]

Негізгі желілер ретінде ХЭУ [5] ұсыныста бағдарламалық құралмен анықталған желі (SDN - бағдарламалық құралмен анықталған желі) және желілік функцияларды виртуализациялау (NFV - желілік функцияны виртуалдандыру) 2.3.2 тармағында желілік технологиялар - «ИМТ Болашақтың жүйелері түйін функциясын оңтайлы өңдеу және желінің жұмысының тиімділігін арттыру үшін бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желі және желі функциялары архитектурасы мен виртуализациясымен конфигурацияланған икемді желі түйіндерін қажет етеді. 2017 жылғы қыркүйектегі ITU-T Y.3100 «ИМТ-2020 желілеріне арналған терминдер мен анықтамалар» ұсынымына сәйкес, ИМТ-2020 ([5] негізінде) анағұрлым жетілдірілген желілерді қамтамасыз етуді қолдайтын жүйелер, жүйелік құрамдас бөліктер және қатысты аспектілер болып табылады. Ерекшеліктеріне қарағанда олар ұсынымда сипатталған (ITU-R M.1645 – ИМТ-2000 және одан кейінгі дамудың негізі және жалпы мақсаттары) ITU-R M.2083-0 ұсынымы «ИМТ Vision - Болашақ дамуға арналған негіздеме және жалпы мақсаттар 2015 жылдың қыркүйегіндегі 2020 және одан кейінгі жылдарға арналған ИМТ» ИМТ-2020 желілері ұсынатын кеңейтілген мүмкіндіктерді көрсетеді. Сол ұсынысқа сәйкес, ИМТ-2020 желілері адамдар мен машиналар үшін байланыс құралы ретінде қызмет етеді, басқа салаларды дамытуға көмектеседі. АКТ технологиясының даму тенденцияларын

ескере отырып, ИМТ-2020 желілері мыналарға үлес қосуы керек: ИМТ-2020 желілерін қамтамасыз ететін. Сол ұсынысқа сәйкес, ИМТ-2020 желілері адамдар мен машиналар үшін байланыс құралы ретінде қызмет етеді, басқа салаларды дамытуға көмектеседі. АКТ технологиясының даму тенденцияларын ескере отырып, ИМТ-2020 желілері мыналарға үлес қосуы керек: ИМТ-2020 желілерін қамтамасыз ететін. Сол ұсынысқа сәйкес, ИМТ-2020 желілері адамдар мен машиналар үшін байланыс құралы ретінде қызмет етеді, басқа салаларды дамытуға көмектеседі. АКТ технологиясының даму тенденцияларын ескере отырып, ИМТ-2020 желілері мыналарға үлес қосуы керек:

- *Сымсыз инфрақұрылым қол жеткізу желісі ретінде:* кең жолақты байланыс электр энергиясына қол жеткізу сияқты маңыздылыққа ие болуда. Болашақта жеке және корпоративтік тұтынушыларға ақпараттық ойын-сауық қызметтерінен бастап өнеркәсіптік және кәсіби қолданбаларға арналған жаңа қызметтерге дейін (өнеркәсіптік заттар интернеті) қызметтердің кең спектрі ұсынылатын болады.

- *Жаңа нарық АКТ:* даму келешек АКТ (ақпарат байланыс) жүйелері интеграцияланған саланың пайда болуына әкеледі, ол өз кезегінде қызмет көрсету экономикасының қозғаушы күшіне айналады. Ресей Федерациясындағы қолданыстағы интеграциялық АКТ жобаларына қатысты «Цифрлық экономика» ұлттық жобасын атап өтуге болады, оның шеңберінде сонымен қатар қажетті сапа мен ресурстық мүмкіндіктерді, оның ішінде тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін 5G/ИМТ-2020 байланыс желілерін енгізу қажет АКТ инфрақұрылымы.

- *Сандық алшақтықты жою:* ИМТ-2020 сонымен қатар байланыс бар әлемнің кез келген жерінде келесі буын байланыс қызметтерін жеткізе отырып, «цифрлық теңсіздікті жою» бағытында дамуын жалғастыруы керек.

- *Қарым-қатынастың жаңа тәсілдері:* ИМТ-2020 «кез келген уақытта», «кез келген жерде», «кез келген құрылғыдан» байланысты қамтамасыз етуі керек.

- *Оқытудың жаңа формалары:* ИМТ-2020 сандық оқулықтарға немесе онлайн білім бұлттарына (e-learning, e-health, e-commerce және т.б.) оңай қол жеткізуді қамтамасыз ету арқылы оқыту әдістерін өзгерту мүмкіндігіне ие.

- *Энергия тиімділігін арттыру:* ИМТ-2020 өндіріс пен бизнес-процестерді оңтайландыру үшін қызметтердің жаңа түрлерін ұсынуға мүмкіндік беретін М2М (машинадан машинаға байланыс) сияқты байланыстың жаңа түрлерін енгізеді.

- *Әлеуметтік өзгерістер:* ИМТ-2020 – постиндустриалды (ақпараттық) қоғамға өтудің негізгі қозғаушы күштерінің бірі.

- *Және басқалары ITU-R M.2083-0 анықталған [5].*

Бесінші буын байланыс желілерінің жоғарыда аталған үлестеріне сүйене отырып, 2021 жылдың өзінде-ақ 5G/ИМТ-2020 толық іске асырылған кезде техникалық аспектілерде де, әлеуметтік жағынан да айтарлықтай елеулі өзгерістер байқалды деп қорытынды жасауға болады байланыс желілері әлі де орын алған жоқ.

Іске асыру бүкіл әлемде, соның ішінде Ресей Федерациясында да пилоттық жобалар сатысында. 5G/ИМТ-2020 желісі мен қызметтерінің «әсерлерінің» көрінісін талдау негізінде.

МӘС ұсынымында анықталған жағдайда келесі себептерді анықтауға болады:

- Қызметтер желілер өзгергеннен әлдеқайда жылдам дамып келеді;
- Бұрын анықталмаған жаңа қызметтердің (операторлық деңгей емес) пайда болуы, оның ішінде аралас қызмет түрі;

- Қарапайым интернет пайдаланушылар үшін есептеу базасының және желілік ресурстардың болуы ІТ-секторындағы әртүрлі стартаптар мен микро-компаниялардың «бумына» негіз болды. Бұл шешімдер желіні желі және есептеу ресурстарының жиынтығы ретінде қабылдайды, мұнда тек қызмет провайдеріне өніміңіз орналастырылған есептеу ресурстарының белгілі бір пулы үшін төлеу керек.

- Жаңа буынның есептеуіш технологияларын ілгері енгізу коммуникациялық желілерді енгізуге қарағанда жылдамырақ. Мысалы, барлық деңгейдегі қызметтерді ұсынатын есептеу бұлттары: SaaS (Software as a Service - ағылшын тілінен, software as a service), PaaS (Platform as a Service - ағылшын тілінен, платформа as a service), IaaS (Infrastructure as a Service - ағылшын тілінен, Infrastructure as a Service). Сонымен қатар, осы нарықтағы негізгі ойыншылар әрі қарай жүріп, бұлттардың жаңа буынын және коммерциялық бағдарламалық жасақтаманы әзірлеуге, атап айтқанда Servlet әзірлеуіне тәсілдермен қамтамасыз етуде. Бұл тәсіл тапсырмаларды орындауды жылдамдатады, бағдарламашыны барлық қажетті құралдармен қамтамасыз етеді, оны «инфрақұрылымдық бағдарламалық қамтамасыз етумен», фреймворктардың немесе кітапханалардың үйлесімділігімен жұмыс істеу мәселелерінен босатады,

- Әсіресе өткір катализатор 2020 жылы жаңа Ковид-19 инфекциясы болды, нәтижесінде қаржылық модельдер, бизнес-модельдер, өндірістік модельдер сөзбе-сөз «ауыру арқылы» өзгерді. Дегенмен, «қашықтықтан қатысу» форматы жұмыс істейтін бір жыл ішінде білім беру нысандарында, кәсіпорындардың процестерінде (тиімділікті арттыру), сондай-ақ әлеуметтік салада өзгерістер болды. Мысалы, қазірдің өзінде адам кәсіби қызметті жүзеге асыру кезінде цифрлық түрде ақпарат пен қаржылық ресурстарды, ал жеткізу форматында физикалық ресурстарды (азық-түлік, энергия және т.б.) ала отырып, өз үйінде өз қажеттіліктерін «жабу» мүмкіндігіне ие. сонымен қатар байланыс желісі арқылы «қашықтан қатысу» форматында.

Осылайша, өткен жылғы оқиғалар қызмет көрсетудің жаңа түрін енгізуді жеделдету катализаторына айналды, ол үшін қызмет көрсету сапасының, желінің тұрақтылығы мен өткізу қабілетінің жаңа деңгейлерін қамтамасыз ету қажет деген қорытынды жасауға болады.

5G/ИМТ-2020 желісінің негізгі талаптары. 5G/ИМТ-2020 желісін жобалаудың негізгі принциптері икемділік, ауқымдылық және қызметтердің әртүрлілігі болып

табылады. Келесі критерийлер бесінші буын желілерінің негізгі белгілері болып саналады [5]:

- *Ең жоғары пайдаланушы жылдамдығы:* Құрылғының әрбір пайдаланушысы үшін мінсіз жағдайларда деректерді берудің максималды қол жеткізу жылдамдығы 10 Гбит/с дейін;

- *Кешіктіру:* мүмкін болатын ең аз кідіріс қамтамасыз етілуі керек (мысалы, тактильді интернет қызметтері үшін – 1 мс аспайды);

- *Ұтқырлық:* объект/пайдаланушы қозғалысының жоғары жылдамдығында QoS талаптарының орындалуын қамтамасыз ету қажет;

- *Қосылған құрылғылардың жоғары тығыздығы;*

- *Энергия тиімділігі:* пайдаланушы тарапынан да, оператор тарапынан да энергия тиімділігін қамтамасыз ету қажет;

- *Өткізу аймағы:* кеңістік бірлігіне ең жоғары желі өткізу қабілеті, яғни Мбит/с. IMT-2020, бұрын айтылғандай, құрылғылардың жүктемесінің бірнеше есе артуына әкелетін кеңістік бірлігіне қосылған құрылғылар санының артуына ықпал ететін заттар интернеті тұжырымдамасын жүзеге асыруды көздейді.

Бесінші буын желілеріне қойылатын талаптардың нәтижесінде, мысалы, тактильді интернет сияқты жаңа қызметтердің ең қатаң сапа критерийлеріне қол жеткізу үшін желілік технологияларды сол технологиялық желілерге көшіру мәселесін пысықтау қажет. Желілік инфрақұрылымның қажетті тұрақты жұмысын қамтамасыз ете алатын шешімдер , оның ауқымдылығы, модульділігі, басқару деңгейінің жоғары абстракциясы, бұл сайып келгенде стандартты бағдарламалық интерфейстер арқылы басқару мен басқарудың бірыңғай икемді жүйесін құруға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, бесінші буын желілік инфрақұрылымы әзірленетін қағидаттардың бірі «Желілік кесу», мұнда «Желі тілім», басқаша айтқанда, «Желі тілім» - бұл желі мен есептеудің белгілі бір жиынтығын қамтамасыз ететін логикалық желі.

1.2 Бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілер тұжырымдамасын талдау және OpenFlow протоколы

Заманауи пакеттік желілер өздерінің сәйкес функцияларын орындайтын көптеген жеке желі элементтерінен тұрады: маршрутизаторлар, коммутаторлар, жүктемені теңестірушілер, NAT (Network Address Translation), желіаралық қалқандар және т.б.

Software Defined Networks концепциясы желінің жеке желілік элементтерінен және жалпы платформалардан бағдарламаланатын «объектілерге» көшуді жүзеге асыра отырып, пакеттік желілерді дамытудың мұндай тенденциясынан құтылуды ұсынады. Стандартты бағдарламалық интерфейстерді пайдалана отырып, инфрақұрылымды басқаруды қамтамасыз ете отырып, көлік ағындарының тиімді

берілуіне, желіге жаңа хаттамаларды енгізуге және түпкілікті мақсат – «Интеллектуалды басқаруды» ұйымдастыруға қол жеткізуге болады жасанды интеллект». Сонымен қатар желілік және есептеуіш нысандардың ашық және толық бағдарламалануы коммуникациялық желіде AI енгізудің жеткілікті және қажетті шарты болып табылады. Әрбір маршрутизатор жеке, әсіресе өнімділігі жоғары тасымалдаушы деңгейі қымбат құрылғы болып табылады. Желінің, трафик көлемінің, қызмет түрлерінің өсуімен, желіні жаңарту, қосымша есептеулерді өңдеу үшін жаңа қымбат құрылғыларды қосу, жаңа функцияларды қамтамасыз ету қажет. Бұл сайып келгенде құрылғыларды, олардың бағдарламалық жасақтамасын үнемі жаңарту қажеттілігіне әкеледі және бұл желі иесі көтеретін қосымша шығындар. Бұл өндіруші компаниялар үшін жақсы бизнес-модель: желілік құрылғылардың жеткілікті санын сатып алғанда, желі иелері желіде көрсетілетін қызметтерге қажетті сапа критерийлерін қамтамасыз ету, жаңа қызметтерді әзірлеу және, сайып келгенде, тұтынушыларды жоғалтпаңыз. олардың бағдарламалық жасақтамасы және бұл желі иесі көтеретін қосымша шығындар. Бұл өндіруші компаниялар үшін жақсы бизнес-модель: желілік құрылғылардың жеткілікті санын сатып алғанда, желі иелері желіде көрсетілетін қызметтерге қажетті сапа критерийлерін қамтамасыз ету, жаңа қызметтерді әзірлеу және, сайып келгенде, тұтынушыларды жоғалтпаңыз.

SDN концепциясы жедел дамып келе жатқан OpenFlow ашық стандартына негізделген - желі контроллері (басқару құрылғысы) мен желілік коммутаторлардың өзара әрекеттесуіне арналған протокол стандарты. Айта кету керек, алғашқы нұсқалар, сондай-ақ тұжырымдаманың өзі Стэнфорд пен Беркли зерттеу орталықтарының қабырғасында дүниеге келді, кейінірек ONF (Open Networking Foundation) қауымдастығына айналды. Сондықтан стандарттау және архитектуралық шешімдер мен хаттамаларды әзірлеу мәселесін қарастырған кезде, сонымен қатар 2021 жылы Linux Foundation консорциумының бөлігі болған ONF қауымдастығының SDN тұжырымдамасын әзірлеуіне назар аудару қажет.

ONF анықтамасына сәйкес, Software Defined Networking – желіні басқару мен деректер деңгейлерін бөлетін динамикалық, басқарылатын және бейімделетін желілік инфрақұрылым, ол желіні бағдарламалық басқаруға және желілік инфрақұрылым деңгейін қолданбалы деңгейден және желілік қызметтерден (қызметтерден) абстракциялауға мүмкіндік береді.

Internet Engineering Task Force (IETF) оны RFC 7426 стандартында келесідей анықтайды: өңдеу құралдары, басқару және бағдарламаларды басқару, ашық желі және бағдарламалық қамтамасыз ету интерфейстері және желі деңгейінен абстракция.

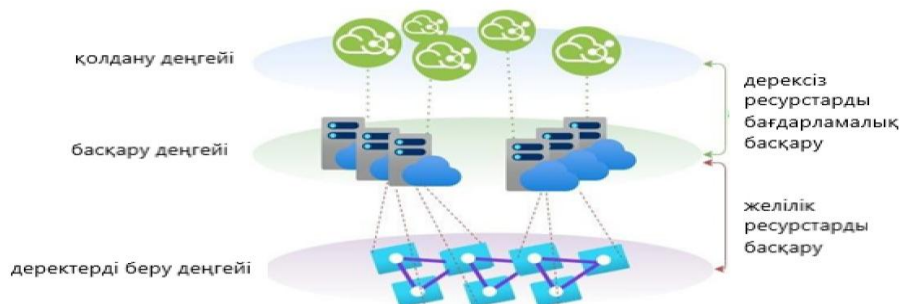
Сонымен бірге, Халықаралық электр байланысы одағы бағдарламалық қамтамасыз етуді анықтайтын желіні орталықтандырылған, бағдарламаланатын басқару деңгейін және деректер қабатын оқшаулауды жүзеге асыруға мүмкіндік беретін желілік технология ретінде анықтайды. ITU-T жүйесіндегі SDN

зерттеулерін қазіргі уақытта SG 13 (SDN архитектуралары және функционалдық талаптар, байланыс желілеріндегі AI) және SG 11 (SDN сигнализациясының анықтамалық архитектуралары, SDN сигнализациясының талаптары мен хаттамалары, соның ішінде өзара жұмыс хаттамалары, сәйкестік пен өзара әрекеттесуді тексеру) жүзеге асырады. Бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желі концепциясына қызығушылықты SG 15 (SDN-де тасымалдау) және SG 17 (SDN-дегі қауіпсіздік) көрсетеді. ITU-T SG 13 SDN-де WP 3/13 «SDN және болашақ желілері» 11 «Пайдаланушыға бағытталған желілік технологиялар мен қызметтерді әзірлеу, және кеңейтілген желілермен, соның ішінде SDN» және TOR 14 «SDN желілері және ұсынылатын қызметтерді ескере отырып кеңейтілген желілердің жұмыс істеуі», сондай-ақ WP 2/13 «Бұлтты есептеулер және қолданбалы мәселелер бойынша негізгі мүмкіндіктер» өзара әрекеттесу - QoS, қауіпсіздік, ұтқырлық. Қазіргі уақытта зерттеу топтарының негізгі ұсыныстары:

- Y.3300 «Бағдарламалық құралдармен анықталған желілердің құрылымы» - Бағдарламаланатын желілердің құрылымы;
- Y.3301 «Бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желінің функционалдық талаптары»;
- Y.3302 «Бағдарламалық құралдармен анықталған желінің функционалды архитектурасы»;
- Y.3320 "Бағдарламалық құралдармен анықталған желіге ресми әдістерді қолдануға қойылатын талаптар";
- Y.3321 «Бағдарламалық құралмен анықталған желілік технологияларды пайдалана отырып, NICE енгізуге қойылатын талаптар мен мүмкіндіктер шеңбері»;
- Y.3011 «Болашақ желілер үшін желіні виртуалдандыру шеңбері» - болашақ желілер үшін желілік функцияларды виртуалдандыру шеңбері;
- Y.3100 "IMT-2020 желісіне арналған терминдер мен анықтамалар" - 5G/IMT-2020 желілеріне арналған терминдер мен анықтамалар;
- Y.3111 "IMT-2020 Network Management Framework" - IMT-2020 Network Management Framework;
- Y.3110 "IMT-2020 Network Management Requirements" - IMT-2020 желісін басқаруға қойылатын талаптар;
- Y.3100-сериясы 44-қосымша, «IMT-2020 желілік бағдарламалық қамтамасыздандырумен байланысты стандарттау және ашық бастапқы коды әрекеттер»;
- Q.3745 SDN арқылы уақытты шектеу қолданбаларына арналған QoS басқару протоколы
- Q.4061 "SDN контроллерін тестілеу шеңбері" - SDN контроллерін тестілеу құрылымы;
- Q.3963 "OpenFlow протоколы арқылы SDN негізіндегі жабдықтың үйлесімділік сынағы" - OpenFlow протоколы арқылы SDN жабдығының үйлесімділігін тексеру;

2021 жылға қарай инфрақұрылымға қатысты негізгі мәселелер қазірдің өзінде стандартталған, жұмыс бірте-бірте стандарттау мәселелеріне және желілерде жаңа қызметтерді енгізуге қатысты интеграциялық мәселелерде ұсыныстар әзірлеуге көшуде. Атап айтқанда, белсенді түрде зерттелетін мәселелердің бірі – байланыс желілеріне жасанды интеллект енгізу.

Бағдарламалық қамтамасыз ету анықталған желілердің концептуалды архитектурасы 1.2-суретте көрсетілген.



1.2-сурет – Бағдарламалық қамтамасыз ету анықталған желілердің концептуалды архитектурасы

Бағдарламалық құралмен анықталған желілерде үш деңгей бар [1]:

- *Қолданбалы қабат.* Бұл желі ресурстарын бағдарламалық басқару арқылы оператордың қызметтерді көрсетуі бойынша бизнес-процестерді автоматтандыруды қамтамасыз ететін желідегі қызметтер, сервистік қызметтер логикасы жүзеге асырылатын деңгей;

- *Басқару деңгейі.* Бұл деңгей қолданбалы деңгейде іске асырылатын алгоритмдер логикасына сәйкес желі ресурстарының әрекетін динамикалық басқару құралдарын (динамикалық QoS саясаты және т.б.) қамтамасыз етеді. Сонымен бірге бұл деңгей ITU-T Y.3300 ұсынысы бойынша функционалдық жағынан ішкі деңгейлерге бөлінеді [6]:

- *Қолданбалы деңгейді қолдау.* Қолданбалы деңгейді қолдау функциясы қолданбаларға желі ресурстарының дерексіз үлгілеріне қол жеткізуге мүмкіндік беру үшін SDN қолданбалары үшін тұрақты API қамтамасыз ету болып табылады.

- *Оркестрация.* Негізінен, оркестрлік функциялар желілік ресурстарды басқаруға бағытталған, олар физикалық және виртуалды желі топологияларымен, желі элементтерімен, трафик ағындарымен ұсынылуы мүмкін. Сондай-ақ, бұл ішкі деңгейдің негізгі функцияларының бірі қол жеткізу саясатын (шектеулерді, кезекті басқару) ұйымдастыру арқылы қолданбалы деңгейден желі ресурстарының

абстракттілі субъектілеріне сұраныстарды үйлестіруді қамтамасыз ету, сол арқылы желілік инфрақұрылымның тұрақтылығын қамтамасыз ету болып табылады.

- *Абстракция.* Абстракциялық функциялар желілік ресурстардың өзара әрекеттесуін ұйымдастырудан және оларды желілік ресурстардың абстракттілі үлгілері түрінде көрсетуден тұрады. Іс жүзінде бұл ішкі деңгей бағдарламаланатын желі контроллері мен желі ресурстары арасындағы өзара әрекеттесу үшін стандартты интерфейсті жүзеге асырады, олардың кейіннен абстракттілі нысандар (модельдер) түрінде, яғни стандартты бағдарлама интерфейстері бар бағдарлама объектілері түрінде көрсетіледі.

- *Мәліметтерді тасымалдау қабаты.* Бұл деңгей негізінен SDN басқару деңгейінде қабылданған шешімдерге (коммутация ережелеріне) сәйкес пакеттерді өңдеуді және оларды желі арқылы тасымалдауды жүзеге асыратын желілік құрылғылардың жиынтығымен ұсынылған. Сонымен қатар, SDN коммутаторында пакеттерді өңдеу принципінің өзгеруін де атап өткен жөн, қазір коммутация TCAM принципі бойынша жүзеге асырылады. Бұл жағдайда коммутация ережесі болмаса («әрекет» деп аталатын), пакет OpenFlow OF_PKTIN (Packet IN) хаттама пакетінде инкапсуляцияланған бағдарламаланатын желі контроллеріне жіберіледі. Бұл деңгейдің функциялары да бірнеше ішкі модульдерге бөлінеді:

- *Басқаруды қолдау.* Бұл ресурс деңгейінің ішкі модулі бағдарламаланатын желі контроллері арқылы ұсынылған SDN басқару деңгейімен өзара әрекеттесуді ұйымдастыру арқылы құрылғыны басқару функцияларын жүзеге асырады. Іс жүзінде бұл ішкі модуль физикалық құрылғының (ресурстың) басқару ішкі жүйесі ретінде ұсынылған, іс жүзінде бұл басқару хаттамаларының логикасын және SDN контроллерімен өзара әрекеттесуді жүзеге асыратын «құрылғы микробағдарламасы».

- *Тасымалдау және деректерді өңдеу.* Бұл ішкі модуль басқарудың ішкі жүйесі белгілеген коммутация ережелеріне сәйкес деректерді (ағындарды) тасымалдауды жүзеге асырады. Бұл жағдайда ережелер SDN қосымшаларының талаптары мен сұраныстарын ескере отырып белгіленеді. Мысалы, SDN қолданбасы MPLS туннелін конфигурациялады және кестедегі сәйкес тексеру деректерін қанағаттандыратын пакеттер (Математикалық өріс) кейін белгіленген туннельге ауыстырылады, сәйкесінше, QoS параметрлерін басқару логикасын осы туннельге қолдануға болады және т.б.

Толық бақылау мен басқарудан басқа, SDN құру және архитектура қағидағтарына сәйкес желі ресурстарының толық мониторингі де жүзеге асырылатынын атап өткен жөн, атап айтқанда: желідегі ағындардың мониторингі, пакеттер бойынша статистика (сәтті ауыстырылды, жойылған, қатемен), желі жүктемесі, физикалық порттар статистикасы және т.б.

Бағдарламалық құралмен анықталған желі контроллерінің екі стандартты интерфейсі бар [1]:

- Оңтүстік интерфейс (желімен әрекеттесу үшін интерфейс ресурстар, SDN коммутаторлары);

- Солтүстік интерфейс (SDN қолданбалары үшін бағдарламалық өзара әрекеттесу интерфейсін қамтамасыз ету).

Осылайша, SDN контроллері желіні логикалық орталықтандырылған түрде басқарады және конфигурациялайды және олардың дерексіз көріністері (объектілері) арқылы SDN қолданбаларына желілік ресурстарды басқаруға қол жеткізуді қамтамасыз етеді. SDN архитектурасының арқасында қосымша делдал (контроллер) арқылы желі ресурстарымен автоматты түрде жұмыс істей алады, желі ресурстарының «субъектілерімен» автоматтандырылған режимде жұмыс істей алады. Бағдарламаланатын желі контроллері SDN қолданбалары үшін интерфейсдердің әртүрлі түрлерін (мысалы, REST API сияқты объектіге бағытталған немесе одан да көп дерексіз немесе Java API сияқты контроллердің ішкі API интерфейсін) қамтамасыз ете алатынын атап өткен жөн.

OpenFlow протоколы. Бастапқыда SDN коммутаторы архитектуралық түрде тек қабылдауға, пакетті талдауға (өрістерді талдауға), ағындар кестесін іздеуге және ережеге сәйкес пакетті өңдеуге (түсіру, SDN контроллеріне жіберу, пакетті басқа портқа), ал мұндай коммутатордың жадысы TCAM жадына негізделуі керек және сәйкесінше коммутатор SDN протоколдарын қолдауы керек. TCAM жады немесе Ассоциативті жад (CAM) - өте жылдам іздеулерді жүзеге асыру үшін пайдаланылатын компьютер жадысының ерекше түрі. Пайдаланушы ЖЖҚ мекенжайын көрсететін, сол мекенжайда сақталған «деректер сөзін» қайтаратын кәдімгі машина жадынан (кездейсоқ қол жеткізу жады немесе ЖЖҚ) айырмашылығы, ассоциативті жад (АЖ) пайдаланушы «деректер сөзін» көрсететіндей етіп жасалған. " және оны жадтың кез келген жерінде сақталғанын білу үшін іздеді. Егер "деректер сөзі" табылса, сақтау мекенжайын немесе "деректер сөзін" немесе онымен байланысты басқа деректер бөліктерін қайтарады.

Осылайша, АЖ - бұл бағдарламалау тұрғысынан ассоциативті массив деп аталатын аппараттық іске асыру. Бұл архитектура коммутатордың бағасын төмендетуге мүмкіндік береді, бұл ретте ең қымбат бөліктердің бірі TCAM жады болады. Дегенмен, көптеген өндірістік компаниялар телекоммуникациялық жабдықтар OpenFlow протоколының модулін жүзеге асыра отырып, олардың көп функционалды қосқыштарына қосымша функционалдылық ретінде жұмсақ интеграция жолын ұстанды, бұл жағдайда телекоммуникациялық жабдықтар нарығында оның бағасын арттырады. ONF консорциумы ашық SDN стандарттарын әзірлеуші бола отырып, архитектураның әртүрлі деңгейлері арасындағы өзара әрекеттесу үшін келесі хаттамаларды анықтайды [1]:

1. OpenFlow – контроллер мен коммутатор арасындағы байланысты орнатуға, ағындарды тікелей басқаруға және коммутатор арқылы оларды өңдеу ережелерін қалыптастыруға арналған ашық кеңейтілетін хаттама;

2. OF-CONFIG – виртуалды және физикалық құрылғыларды қоса алғанда, желі ортасын (операциялық контекст) конфигурациялауға және басқаруға арналған ашық кеңейтілетін хаттама;

3. NB-API (NorthBound API) - REST API сияқты желілік қолданбаларға контроллер беретін "солтүстік" интерфейс API.

OpenFlow протоколын іске асыру модулі SDN контроллерінде де, сәйкесінше коммутаторда да орналасқан. Сонымен бірге контроллер бір уақытта өзінің OpenFlow модулімен солтүстік интерфейсі арқылы үшінші тарап әзірлеген қолданбаларға жұмыс істеуге рұқсат береді. OpenFlow – әзірлеушілерге жергілікті желідегі хаттамалармен тәжірибе жасауға кең мүмкіндік беретін ашық стандарт. OpenFlow жаңа мүмкіндік ретінде бағдарламалық және аппараттық құралдағы коммерциялық Ethernet қосқыштарына, маршрутизаторларына және сымсыз кіру нүктелеріне енгізілді. OpenFlow стандартын қазіргі уақытта желілік жабдық өндірушілерінің көпшілігі қабылдайды. Қазіргі уақытта телекоммуникация нарығында Cisco, Juniper, Brocade, Huawei және т.б. өндірушілердің OpenFlow қолдауы бар коммутаторлар бар. OpenFlow - бұл SDN протоколының кеңінен танылған және белсенді түрде дамыған бірінші іске асыруы және сымды және сымсыз желілерде қолданылуы мүмкін. OpenFlow протоколы хабарлардың үш түрін жүзеге асырады [1]:

1. Хабарламалар контроллері-қосқыш - контроллермен инициализацияланған, коммутаторды басқару және онда болып жатқан оқиғаларды басқару үшін қолданылады.

2. Асинхронды хабарламалар – OpenFlow қосқыштары арқылы инициализацияланған, контроллерге желідегі оқиғалар туралы хабарлауға арналған, мысалы; бұзылулар, қателер, күйдің өзгеруі.

3. Симметриялық хабарламалар қосқыштармен де, контроллермен де жіберіледі.

OpenFlow протоколын әзірлеу кезінде оның бірнеше нұсқасы бар. 2009 жылы жасалған OpenFlow 1.0 бірінші нұсқасы MAC, IP деңгейінде жұмыс істеуге қолдау көрсетеді, коммутаторларда қарапайым Flow Table енгізілген, бірақ IP протоколының ToS өрісімен жұмыс істеуге қолдау бар. Дегенмен, OpenFlow протоколының 1.1 нұсқасы MPLS туннельдерін, Бірнеше ағындық кестені (Бірнеше ағындық кестелер), топтық кестені (топтық кестелер) орнатуға қолдау көрсетеді, OpenFlow 1.3 алдыңғы нұсқалармен салыстырғанда өзінің көп функционалды қолдауымен ерекшеленеді. OpenFlow 1.4 қазірдің өзінде коммутатордың оптикалық порттарын (жиілік, сәулелену қуаты) бақылау және конфигурациялау мүмкіндігін іске асырады. OpenFlow 1.5 нұсқасы қосымша мүмкіндіктерді қосты (мысалы, шығыс кестелері және т.б.). Іс жүзінде бірнеше өндіруші компаниялар хаттаманың 1.0 нұсқасынан асып түсті, бұл күрделі конфигурациядағы желілерді жобалау және құру мүмкіндіктерін айтарлықтай тарылтады және желіні басқарудың икемділігін «қиып жібереді». OpenFlow протоколының 1.3 нұсқасын олардың

коммутаторларында Cisco, HP, Huawei сияқты ірі компаниялар енгізеді. Сондай-ақ, OF 1.3 енгізуді ресейлік Brain4Net компаниясы ұсынады. OpenFlow протоколы өз түріндегі жалғыз SDN протоколы емес. OF-CONFIG протоколы OpenFlow протоколынан жоғары деңгейде мәселелерді шешуге арналған. Негізінде бұл тұтастай желі ортасын құру, коммутаторларды конфигурациялау, коммутаторға бір немесе бірнеше OpenFlow контроллерін тағайындау, порттар мен кезектерді конфигурациялау, порт сипаттарын қашықтан өзгерту және т.б. бұл анағұрлым күрделі конфигурациядағы желілерді жобалау және салу мүмкіндіктерін айтарлықтай тарылтады және желіні басқарудың икемділігін «қиғарады».

1.2.1 5G/IMT-2020 байланыс желілеріндегі желілік функцияларды виртуализациялау

Network Function Virtualization (ағылшын тілінен, - NFV, Network Function Virtualization)– стандартты серверлерде және олардағы виртуалды машиналарда (VM) жұмыс істейтін бағдарламалық модульдер арқылы желілік функцияларды орындау арқылы телекоммуникациялық желінің физикалық желі элементтерін (физикалық ресурстарын) виртуализациялау технологиясы. Сонымен қатар, бұл бағдарламалық модульдер бұрын аппараттық шешімдер арқылы жүзеге асырылатын байланыс қызметтерін көрсету үшін бір-бірімен әрекеттесе алады.

ETSI GS NFV 002 спецификациясы үш негізгі ішкі жүйені ажыратады:

- Виртуалды желі функциясы, NFVI жоғарғы жағында жұмыс істей алатын желілік функцияны бағдарламалық қамтамасыз ету ретінде.
- NFV инфрақұрылымы (NFVI), ол әртүрлі физикалық құрылғыларды, сондай-ақ оларды біріктіретін және NF жұмысы үшін виртуалдандыру функцияларын (гипервизор) жүзеге асыратын қажетті бағдарламалық қамтамасыз етуді қамтиды.
- NFV басқару және оркестрлеу. Бұл ішкі жүйе физикалық және/немесе бағдарламалық ресурстардың өмірлік циклін басқаруға және басқаруға жауап береді, олар өз кезегінде NFVI-ны, сондай-ақ VNF өмірлік циклін жүзеге асырады.

ETSI спецификациясына сәйкес NFV дерексіз құрылымы 1.3 - суретте көрсетілген.



1.3-сурет – Желілік функцияларды виртуалдандырудың абстрактілі құрылымы

Жоғарыда айтылғандай, NFV желілік функцияларды (VNF) және олардың арасындағы қатынастарды динамикалық басқаруға мүмкіндік береді, яғни шын мәнінде олардың конфигурациясын және қосылымдарын өзгертуге мүмкіндік береді. Автоматтандырудың бұл деңгейіне жүйенің өзара әрекеттесу интерфейстерін біріктіру арқылы қол жеткізіледі, бұл бір басқару және бақылау жүйесін пайдалануға мүмкіндік береді.

1.2.2 Бағдарламалау желіні басқару тәсілі ретінде

Қолданыстағы технологиялардың, механизмдердің, коммуникациялық желілерді құру және басқару әдістерінің мәселелері жоғарыда анықталған. Сондай-ақ 5G/IMT-2020 байланыс желілерінің технологиялық векторлары анықталды, оларды әзірлеу барысында байланыс желілерін құру және басқару бойынша қызметтер мен технологияларға қойылатын талаптар анықталды және желілердің икемділігі мен олардың мүмкіндіктерін қамтамасыз ету бойынша ұсыныстар әзірленді. жылдам масштабтау. Осылайша, SDN және NFV пакеттік желілерді құрудың негізгі технологиялары ретінде ұсынылды. Рахмет бағдарламалық қамтамасыз етуді абстракциялау және осы технологиялардағы барлық функциялар мен процестердің ашықтығы, барлық желілік ресурстарды бағдарламалаудың технологиялық мүмкіндігі бар.

Қазіргі уақытта ресурстардың бағдарламалануы үлкен деректер жағдайында шешім қабылдаудың талап етілетін тиімділігі мен жылдамдығына байланысты тиімді мониторинг пен басқарудың қажеттілігі болып табылады. Стандартты және ашық бағдарламалау интерфейстері арқылы желілік және есептеу ресурстарының бағдарламалану векторын дамыту нәтижесінде машиналық оқыту функцияларын

және Үлкен деректер алгоритмдерін әзірлеу және енгізу мүмкін болды. Осылайша, «Жасанды интеллект» деп аталатын байланыс желілерін әзірлеу және енгізу қазірдің өзінде халықаралық ғылым деңгейінде де, стандарттау деңгейінде де, дайын нарықтық өнімдерде де жеткілікті практикалық міндет болып табылады. Байланыс желісіне АИ енгізу желіні басқарудың қажетті деңгейіне, оның ресурстарын талап етілетін қатаң критерийлерді қамтамасыз ету үшін қол жеткізеді деп күтілуде. жаңа және болашақ қызмет түрлеріне қызмет көрсету сапасына қатысты. Коммуналдық қызметтерді дамыту туралы айтқанда, келесі үш критерийді анықтау қажет:

- Виртуализация. Бағдарламалық құрал операциялық бағдарламалық құралдың нұсқалары мен мүмкіндіктерінен қажетті абстракцияны қамтамасыз ету үшін құм жәшігінде жұмыс істеуі керек. Виртуализация сонымен қатар бар оркестрлік жүйелерді қызметтік бағдарламалық құралды басқару үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

- Модульдік. Коммуналдық қызметтердің бағдарламалық жасақтамасының архитектурасы шешімдердің тұрақтылығын және қажет болған жағдайда шешімдердің бір бөлігін жаңарту мүмкіндігін арттыру үшін модульдік принципті жүзеге асыруы керек.

- Масштабтау мүмкіндігі. Коммуналдық қызметтерді бағдарламалық қамтамасыз етудің осындай архитектурасын қарастыру қажет, бұл оның қажетті функцияларын, оның ішінде географиялық тұрғыдан жылдам масштабтауға мүмкіндік береді.

1.3 Бесінші буын байланыс желілері: желілер 2030 жолында

Бұрын айтылғандай, қызметтерде, байланыс желілерінде жаңа технологиялардың пайда болу жылдамдығы келесі тұжырымдамаға - 2030 байланыс желілеріне біркелкі көшуді тудырды, ал бесінші буын желілеріндегі жұмыс әлі де қателікпен аяқталды деп саналады. стандарттау, зерттеу және өндіріс деңгейі. Осылайша, 2030 тұжырымдамасын реттеу мақсатында 2030 жылы байланыс желілерін генерациялауды зерделеу және одан әрі стандарттау үшін МӘС-те арнайы жұмыс тобы құрылды, ол желілер мен қызметтерді стандарттау бойынша негізгі сипаттамалар мен бағыттарды анықтауы тиіс. Айта кету керек, 2030 жылға қарау үшін бүгінде 5G/IMT-2020 тұжырымдамасымен жұмыс істеу кезінде пайда болған байланыс желілерін дамытудың негізгі тенденцияларын талдау қажет. Мысалы, «Тактильді Интернет» (ТИ) қызмет түрі бірнеше рет айтылған, ТИ басқа қызметтермен тең дәрежеде болғанға дейін терең зерттеуді және нақтылауды қажет ететін бірқатар техникалық себептерге байланысты. Еске салайық, ТИ үшін кешіктіру талаптары алға қойылды, олар 1 мс аспауы керек және технологияны дамыту сәтінде, оның ішінде физикалық қабат технологиялары

күрделі міндет болып табылады, ал кейбір пайдалану жағдайларында шешілмейтін міндет. 2030 жылы қабылданған коммуникациялық желілер тұжырымдамасына жүгінсек ITU және келесі құжатта сипатталған - 2020 жылғы маусымдағы «Network 2030 Architecture Framework бойынша FG NET-2030 техникалық сипаттамасы».

Байланыс желілерінің дамуындағы келесі іргелі өзгерістерді анықтауға болады:

- *Өте төмен кідірістері бар байланыс желілері.* Тактильді Интернет байланыс желілерін құру саласында одан да маңызды өзгерістерге әкелді, өйткені бұл жағдайда деректерді 1 мс кідіріспен беру қажет болды, бұл қазіргі уақытта қолданыстағы байланыс желілерінен 100 есе аз. Сонымен қатар, TI тұжырымдамасы байланыс желісін орталықсыздандыру сияқты процеске әкелетінін атап өткен жөн, өйткені жарықтың өту жылдамдығына түбегейлі шектеулер еңсерілмейді [4].

- *Өте тығыз желілер.* Желілердің жоғары тығыздығы тек 5G/IMT-2020 желілерінің ғана емес, одан кейінгі барлық желілердің белгілерінің бірі болып табылады. Жоғарыда айтылғандай, 1 шаршы/ м-ге шамамен 1 миллион құрылғы болжануда және болжамдарға сәйкес заттар интернеті санының шегі 50 триллионды құрайды, бұл көрсеткішке 2030 жылға таяу ғана жетуге болады. Осылайша, жоғары тығыздық тұжырымдамасы 2030 жылға қарай желілер мен қызметтерді дамыту процесінде ғана расталады [4].

- *Интернет дағдылары.* Маңызды сервистік концепциялардың бірі 2017 жылы пайда болған және өте төмен кідірістері бар желілердің сипаттамаларын талап ететін интернет дағдыларының тұжырымдамасы болып табылады. Интернет дағдылары концепция ретінде өте төмен кідіріспен желілерде қызметтердің жаңа түрлерін енгізуге мүмкіндік береді. Бұл қызметтер желіні адамдарға және роботтық құрылғыларға арналған жаңа дағдыларды меңгеру үшін пайдалануға мүмкіндік береді [7, 8].

- *Ұшатын торлар.* Байланыс желілерінің дамуындағы тағы бір түбегейлі өзгеріс желілердің ұшатын және жер үсті сегменттерін бір байланыс желісіне біріктіру екенін атап өткен жөн. Айта кету керек, мұндай желілерде ұшқышсыз ұшу аппараттарының төмен ұшу биіктігімен ол өте төмен кідірістері бар байланыс желілерінде өлшенеді.

- *Ұшқышсыз көліктер.* Байланыс желісі қызметіндегі белсенді дамып келе жатқан концепциялардың бірі – ұшқышсыз көліктер концепциясы. Бұл саланы тек АКТ мамандары ғана емес, сонымен қатар автомобиль өнеркәсібінің мамандары да дамытуда. 2021 жылға қарай бұл бағытта желілік және сыртқы есептеуіш құрамдас бөлікті (автономды көліктен тыс) айтпағанда, өндіріс стандарттау деңгейінен «басып кетті» деп айта аламыз. Бұл жерде біз соңғы 10 жыл ішінде көпшіліктің күмәнді пікірлеріне қарамастан, табысқа қол жеткізген және қазіргі уақытта ең озық «автопилот» жүйесі бар, қарқынды дамып келе жатқан «Тесла» компаниясын атап өтуге болады. Дегенмен, ұшқышсыз үлгілерді пайдалану

тәжірибесі шешуі қиын және ішінара есептеу мүмкін емес сценарийлер бар екенін көрсетті. Осылайша, ғылыми қоғамдастық осындай қорытындыға келді ұшқышсыз көліктерді жолдың сандық моделін немесе ұшқышсыз көліктер жұмыс істеп тұрған жол бөлігін қолдайтын жол бойындағы есептеу қуаты бар бір желіге біріктіру қажет. Осылайша, «дрон» 10 км-ден кейін не болып жатқанын алдын ала біле алады, бұл шын мәнінде борттық жүйелердің көрінуінен тыс.

Байланыс желілерінің дамуындағы түбегейлі өзгерістерді талдау негізінде 2030 жылы байланыс желілері орталықтандырылмаған желі құрылымына ұмтылатын, тым төмен кідіріспен өте тығыз желілер болады және байланыс желілерінің бұл буыны желілер мен жүйелік коммуникациялар (мысалы, кванттық коммуникациялар), соның ішінде аралас салалардағы технологиялардың дамуына байланысты бірқатар жаңа сипаттамалар.

Сондай-ақ ITU құжатында айтылған 2030 байланыс желілеріндегі келесі тенденцияларды атап өткен жөн:

- *Қызметтер Telepresence.* Желіні жекелендіру. Немесе басқаша айтқанда - желіде цифрлық аватарлардың болуы (егіздер). Бұл 2030 желілік қызметтеріне арналған перспективалы қосымшалардың бірі. Бұл бір адамның бірнеше аватарларының мүмкіндігін қарастырады. Желінің бұл түрін жүзеге асыру үшін өте төмен кідірістері бар желілерді құру қажет. Сонымен қатар, телекөрсетілім қызметтері тек пайдаланушы әрекеттерін жаңғыртумен ғана шектелмейді. Голографиялық қосымшалар мен аватарларды пайдалану кезінде, мысалы, футбол матчын теледидардан емес, голографиялық модель ретінде кез келген бұрыштан көруге болады [4].

- *Ұшатын торлар.* Қазіргі уақытта ұшатын желілерді дамыту оларды азаматтық мақсаттарда қолдану үшін белсенді зерттеулерді қажет етеді. Сондықтан тенденцияларға сәйкес, ұшатын желілер 2030 жылға таяу кең таралған азаматтық операцияға енуі мүмкін [4].

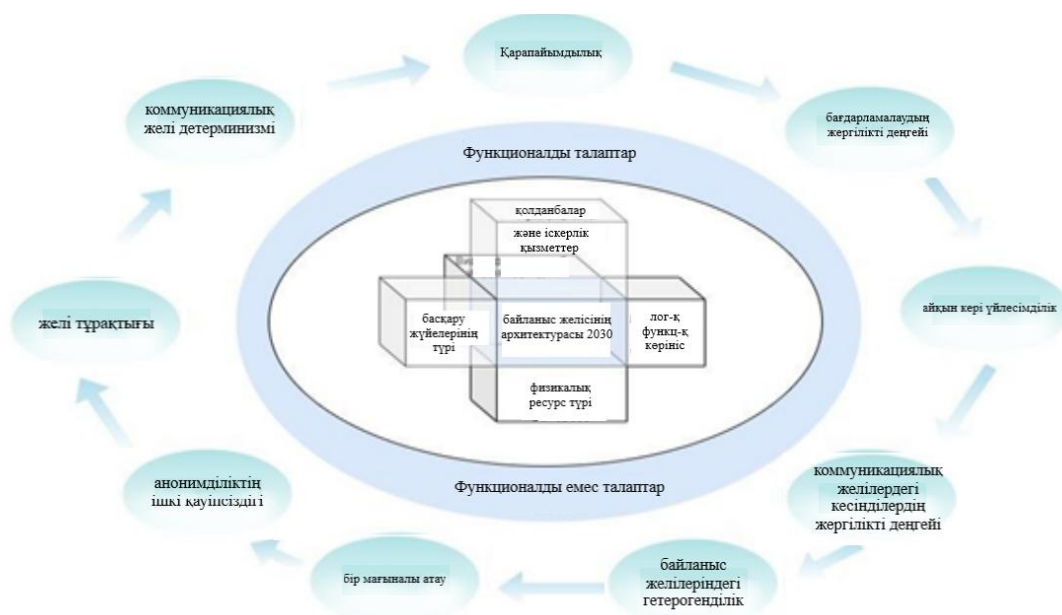
- *Нанонеттер.* 2030 жылы наножелілердің [9] және нанозаттардың әртүрлі қолданбалары кең тарауы мүмкін. Кем дегенде медицина саласында. Молекулярлық желілер де наножелілердегі бағыттардың бірі болып табылады.

ITU «FG NET-2030 Technical Specification on Network 2030 Architecture Framework» ұсынысына сәйкес 2030 байланыс желісі әртүрлі және өте қатаң функционалды және функционалды емес талаптарды, соның ішінде төмен кідіріс пен деректер алмасудың жоғары көлеміне қатысты қатаң талаптарды қолдайды. 2030 желісінің қосымша жаңа мүмкіндіктері мен мүмкіндіктері [10]:

- Кешігудегі детерминизм және шығынсыз беру;
- Қызметтердің бірнеше түрлеріне кіріктірілген қолдау, қызметтерді уақтылы қосу және қолжетімділік;
- Желілік қызметтер мен желі функцияларын конфигурациялау икемділігі;
- Тиімді бағдарламаланатын желі протоколы;

- Қауіпсіз және сенімді желілер;
- Ақауларға төзімділіктің жоғары деңгейі;
- Басқару және басқару мақсатында көптеген интеллектуалды әдістерді (AI, Machine Learning және Big Data негізіндегі әдістер) желілік инфрақұрылымға біріктіру;
- Бөлінген басқаруға қарай сәулеттің эволюциясы.

Байланыс желісі мен қызметтерінің архитектуралық принциптері жүйенің жұмыс істеуінің негізі ретінде пайдаланылатын жобалық шешімдер болып табылады. Әрбір принцип архитектуралық перспективалардың белгілі бір жиынтығына қолданылады. Пайдаланушы көзқарасы бойынша жүйенің принциптері жүйенің мақсатын және оның тиімді жұмыс істеуін көрсететін жүйенің маңызды сипаттамалары ретінде түсініледі [10]. МӘС құжаты 1.2.4.1-суретте көрсетілген келесі архитектуралық принциптерді ұсынады.



1.4-сурет– 2030 байланыс желісінің архитектурасының принциптері [10]

2030 жылы байланыс желілерінің сипаттамаларының көпшілігі осы желілерді енгізу үшін кеңінен қолданылатын жаңа технологиялармен анықталады. AI (немесе оның алғашқы нұсқалары/прототиптері) трафик ағындарын ақылды түрде басқарады, кванттық компьютерлер пайдаланушы терминалдарына көптеген жаңа еңбекті қажет ететін тапсырмаларды орындауға мүмкіндік береді, нанотехнология нано өлшемде коммуникация әлемін ашып, әртүрлі жаңа түрлерді қамтамасыз ете алады. байланыс қызметтері. Сонымен қатар, Индустрия 4.0 тұжырымдамасы жаңа

деңгейге көтеріледі және қазіргі уақытта бағалау қиын басқа да өзгерістер болады [4].

1.4 Коммуникациялық желілердегі жасанды интеллект

Байланыс желілерінде AI технологияларын қолдануға үлкен қызығушылықтың себебі - 5G және келесі буын байланыс желілері алдында көптеген шешілмейтін мәселелерді шешуге үміт. Жаһандық ауқымда байланыс желілері тым төмен кідіріспен ультра сенімді желілердің талаптарын орындауы керек (ағылшынша URLLC - Ultra Reliable Low Latency Communications тілінен) [11], машинаның тұрақты ұлғаюы туралы айтпағанда. желідегі машиналық байланыс трафигі, сондай-ақ қызмет көрсету және қабылдау сапасына жоғары талаптары бар көптеген заманауи және дамып келе жатқан қызметтерді басқара және басқара алады, мысалы, тактильді интернет қызметтері немесе Telepresence қызметтері [12].

Дегенмен, желілердің барлық деңгейлеріндегі жаңа шешімдерден, сондай-ақ қызметтер желіге қоятын талаптарға ішінара жақындауға мүмкіндік беретін бұлтты технологиялар саласындағы шешімдерден басқа, трафикті өңдеуді жаңғырту бойынша маңызды міндеттер туындайды логика. Байланыс желілеріндегі трафикті бақылау және басқару мәселелерін шешуде AI технологияларын қолдану күтілуде. Мұндай ресурсты қажет ететін деректерді өңдеу технологияларын енгізу қажеттілігі желілік инфрақұрылымның икемділігі мен оның өзгермелі жағдайларға бейімделу қабілетіне қойылатын талаптардың нәтижесінде туындады. Қазіргі уақытта тиімді өңдеуді қажет ететін көптеген сервистік деректер генерациялануда және мұны тек AI технологиялары жасай алады [2]. Осындай мәселелерді шешуде байланыс желілерінің оң іргелі артықшылықтарының бірі көрінеді, SDN/NFV технологияларына негізделген – бағдарламалану мүмкіндігі. Желінің бағдарламалануы желіні басқару моделінің сапалы өзгеруін білдіреді: желілік администратор – желі. Бірқатар SDN технологиялары мен хаттамалары қамтамасыз ететін «мөлдірліктің» арқасында желіні бірдей үлкен деректерді өңдеу және машиналық оқыту алгоритмдерін жүзеге асыра алатын бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы басқаруға болады. OpenFlow протоколының, OFConfig, бағдарламаланатын солтүстік контроллер интерфейстерінің (мысалы, REST, SOAP және т.б.) кірістірілген функционалдығының арқасында қызметтік қызметтер ретінде ұсынылған жоғары деңгейлі бағдарламалық жасақтама жіберілетіндер туралы барлық қажетті ақпаратты ала алады. деректер ағыны желілік деректерді беру деңгейінде (PD). Желінің бағдарламалануы желіні басқару моделінің сапалы өзгеруін білдіреді: желілік администратор – желі. Бірқатар SDN технологиялары мен хаттамалары қамтамасыз ететін «мөлдірліктің» арқасында желіні бірдей үлкен деректерді өңдеу және машиналық оқыту алгоритмдерін жүзеге асыра алатын бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы басқаруға болады. OpenFlow

протоколының, OFConfig, бағдарламаланатын солтүстік контроллер интерфейстерінің (мысалы, REST, SOAP және т.б.) кірістірілген функционалдығының арқасында қызметтік қызметтер ретінде ұсынылған жоғары деңгейлі бағдарламалық жасақтама жіберілетіндер туралы барлық қажетті ақпаратты ала алады. деректер ағыны желілік деректерді беру деңгейінде (PD). Желінің бағдарламалануы желіні басқару моделінің сапалы өзгеруін білдіреді: желілік администратор – желі. Бірқатар SDN технологиялары мен хаттамалары қамтамасыз ететін «мөлдірліктің» арқасында желіні бірдей үлкен деректерді өңдеу және машиналық оқыту алгоритмдерін жүзеге асыра алатын бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы басқаруға болады. OpenFlow протоколының, OFConfig, бағдарламаланатын солтүстік контроллер интерфейстерінің (мысалы, REST, SOAP және т.б.) кірістірілген функционалдығының арқасында қызметтік қызметтер ретінде ұсынылған жоғары деңгейлі бағдарламалық жасақтама жіберілетіндер туралы барлық қажетті ақпаратты ала алады. деректер ағыны желілік деректерді беру деңгейінде (PD). Желіні үлкен деректерді өңдеу және машиналық оқыту үшін бірдей алгоритмдерді жүзеге асыра алатын бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы басқаруға болады. OpenFlow протоколының, OFConfig, бағдарламаланатын солтүстік контроллер интерфейстерінің (мысалы, REST, SOAP және т.б.) кірістірілген функционалдығының арқасында қызметтік қызметтер ретінде ұсынылған жоғары деңгейлі бағдарламалық жасақтама жіберілетіндер туралы барлық қажетті ақпаратты ала алады. деректер ағыны желілік деректерді беру деңгейінде (PD).

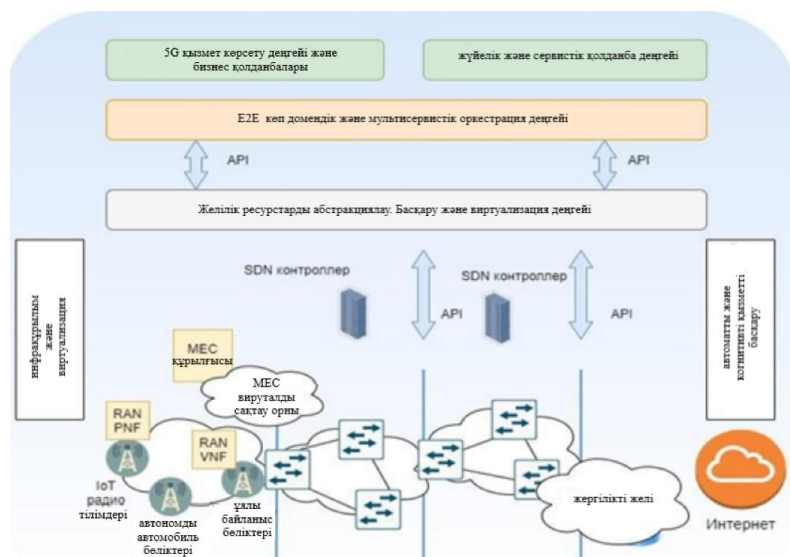
1.4.1 Коммуникациялық желілердегі жасанды интеллекттің міндеттері.

Желіде AI енгізуге қатысты тапсырмалардың көпшілігін екі түрге бөлуге болады: тану және болжау, мысалы, трафик түрін тану немесе желі контроллеріне шабуылды тану және т.б. Болжау тапсырмалары ретінде сол немесе басқа бақыланатын PD ағынының өзгеруін болжаумен қатар, көптеген критерийлерді ескере отырып, тұтастай алғанда оператордың инфрақұрылымына жүктемені болжауға болады.

Осылайша, SDN/NFV желілік инфрақұрылымды құру технологиялары жаңа буын желілері үшін қойылған көптеген міндеттерді шешуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, олардың шешімі AI технологияларын пайдалана отырып, сервистік қызметтерді дамыту арқылы желіні интеллектуалдандыру арқылы жүзеге асады.

1.5 суретте шеттік есептеу құрылымын енгізумен SDN/NFV технологияларында құрылған AI желісінің тұжырымдамалық диаграммасын көрсетеді (ағылшын тілінен).

MEC - Multi-access Edge Computing) және желілердегі кесу принципі [3].



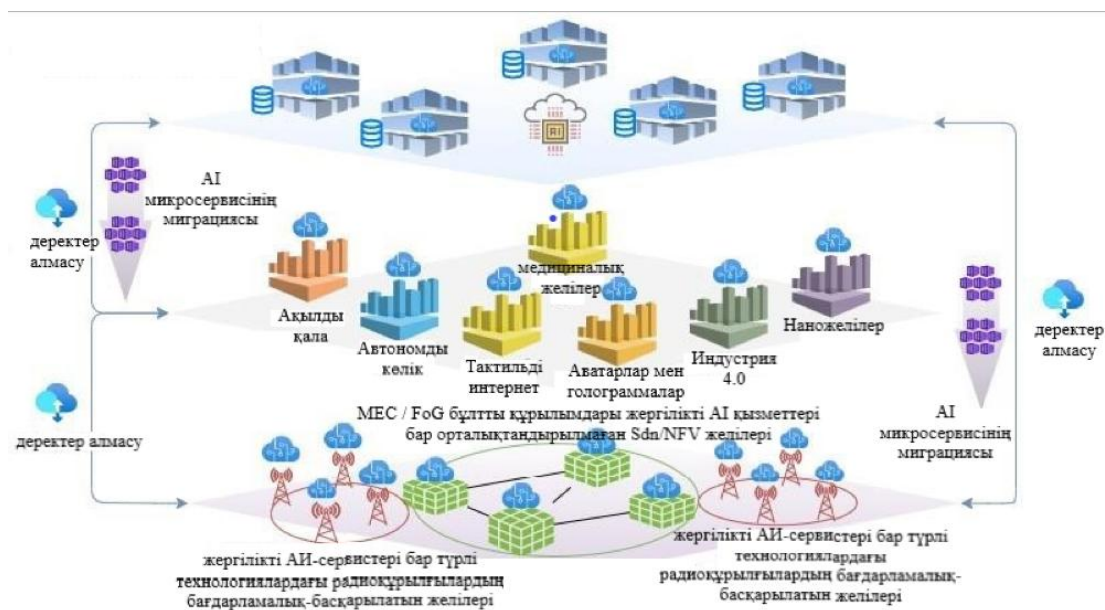
1.5-сурет– AI қосылған желінің концептуалды диаграммасы

Жақында машиналық оқыту виртуалды жеке көмекшілер, әлеуметтік желілердегі бейнебақылау, электрондық пошта спамдары мен зиянды бағдарламаларды сүзу, іздеу жүйелері және т.б. сияқты көптеген қолданбаларда қолданылды. Бүгінгі таңда коммуникациялық желілер үшін AI [3] пайдалану саласындағы зерттеулер ретінде бірқатар жаһандық міндеттерді анықтауға болады:

- Ағынға қосымша кідірістерді енгізбейтін және өте төмен кідірістері бар байланыс желілерінің талаптарына сәйкес келетін байланыс желісіндегі трафикті бір мәнді анықтау;
- Деректер ағынынан (соның ішінде виртуалды) желі сегментінің көп параметрлі үлгілеріне дейін көптеген кіру құрылғылары мен жүйелері бар байланыс желісін жүйелі онлайн бақылау;
- Желі элементтері үшін де, тұтас сегменттер үшін де қысқа мерзімді және ұзақ мерзімді жүктемені болжау;
- ПД деңгейінде ПД ағындарының және басқару деңгейінде қызмет ағындарының мінез-құлқын қысқа мерзімді және ұзақ мерзімді болжау;
- Желіні қысқарту немесе кеңейту бойынша ұсынысты, сондай-ақ оның шекті сипаттамаларын анықтау және автоматты түрде қалыптастыру мақсатында трафик профилдері мен қызмет түрлерінің тенденцияларын ескере отырып, желіге және есептеу инфрақұрылымына жүктемені ұзақ мерзімді болжау.
- Ұяшық жүктемесін болжау арқылы 5G қамту радио ресурстарын тиімді тарату.
- Болжалды физикалық деңгей кодектерімен сигнал сапасын жақсартыңыз.
- Белгілі бір қызметтерге пайдаланушы қажеттіліктерін қысқа мерзімді және ұзақ мерзімді болжау.

- Пайдаланушының қозғалысын географиялық тұрғыдан болжау, сонымен қатар мазмұндағы оның қалауларының моделін қалыптастыру.
- Ықтимал шабуылға белсенді әрекетті қалыптастыру арқылы жүйеге зиянкестердің шабуылдарын тану және болжау.
- Жиынтық есептеулер (MEC) және тұмандық есептеулер (Fog) құрылымдарында желі бойынша қызметтерді дәйекті бөлу үшін AI технологияларын қолдану және басқалар.

Коммуникациялық желілерде AI пайдаланудың бұл тұжырымдамасында микросервистік тәсіл принципі ерекше маңызды, ол сәйкес машиналық оқыту функцияларын бір-бірімен де, жоғары (басқару) модулімен де өзара әрекеттесетін тәуелсіз модульдерге бөлуге мүмкіндік береді. Жүйені басқару, оны жаңарту (қажет болған жағдайда), сондай-ақ оңай және тәуелсіз масштабтау икемділігі бар. Мысалы, өнімділікті арттыру немесе жаңа жүйелерді интеллектуалды басқару модулімен қамтамасыз ету қажет болса, сәйкес микросервистерді көбейтіп, оларды сәйкес желі сегментіне көшіру жеткілікті [3].

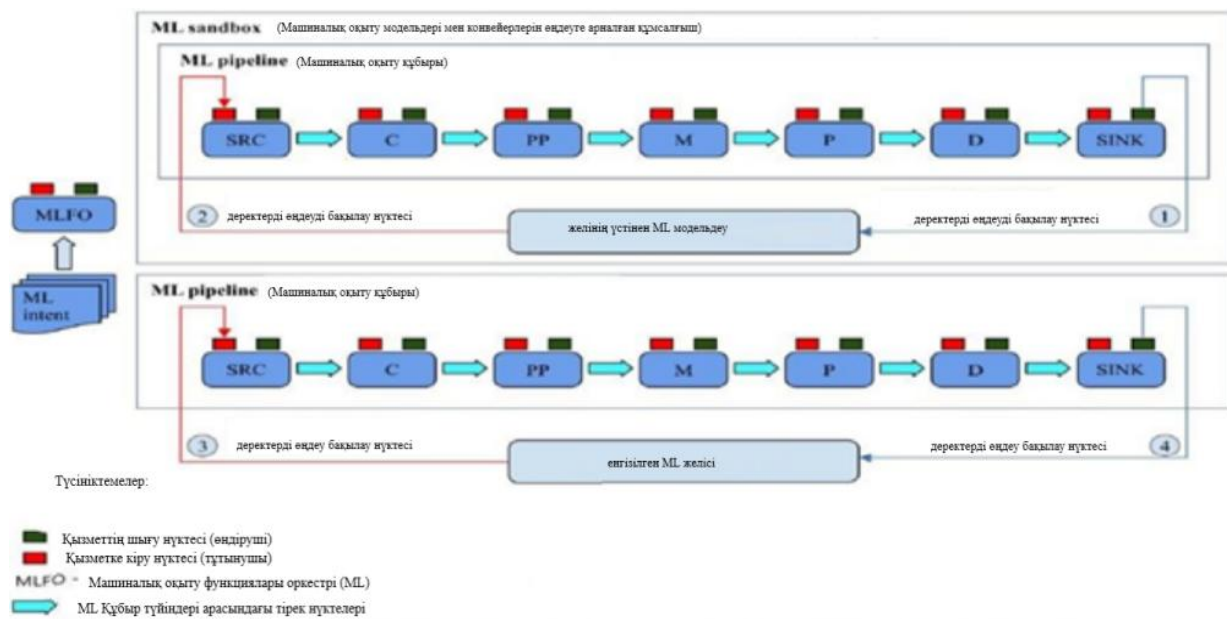


1.6-сурет– Байланыс желілеріндегі бөлінген AI концептуалды архитектурасы және зерттеудің перспективалық бағыттары

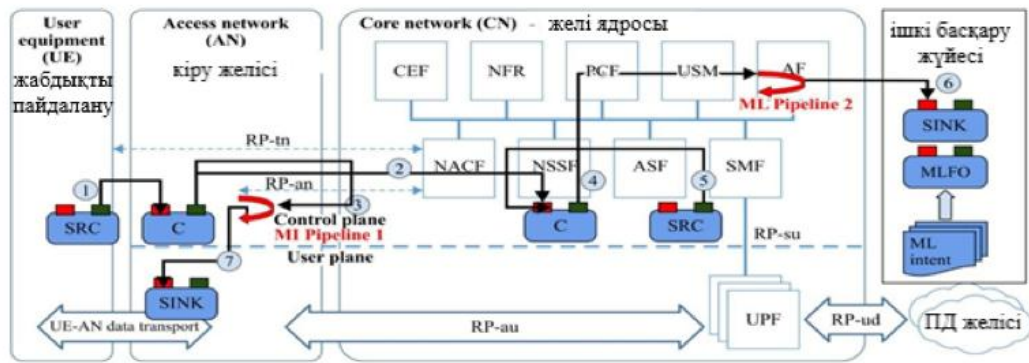
Қорытындылай келе, коммуникациялық желілерде AI технологияларын пайдалану бойынша зерттеулер бүгінгі күні ерекше өзекті болып табылады деп айта аламыз, бұл зерттеулердің өзектілігі 2030 жылы байланыс желілері пайда болғанға дейін кемінде 10 жыл сақталады [3].

1.4.2 Байланыс желілеріндегі жасанды интеллектті стандарттау бойынша аналитикалық шолу

ITU-T қазіргі уақытта байланыс желілеріндегі AI бойынша ұсыныстар жобаларын белсенді түрде қарастырып, әзірлеуде. Жоғарыда айтылғандай, осы саладағы негізгі зерттеу тобы 13-SG болып табылады, оның шеңберінде 2020 жылдың желтоқсанында кешенді талдау және ұсыныстар жобаларын бірлесіп әзірлеу үшін арнайы Фокус-топ ашылды. Бұл ІС құрамына халықаралық танымал компаниялар да, академия қатысушылары да кіреді, соның ішінде Санкт-Петербургте де бар. проф. М.А. Бонч-Бруевич. Бүгінгі күні ITU-T машиналық оқыту саласында бірқатар ұсыныстарды шығарды, бірақ Y.3172 ұсынымы іргелі болып саналады. Функционалды түрде Res негізгі элементтерінің бірі. Y.3172 - машиналық оқыту құбыры, яғни. әрқайсысының белгілі бір функциялары бар логикалық түйіндердің жиынтығы. Оларды телекоммуникациялық желіде машиналық оқыту қосымшасын құру үшін біріктіруге болады. Ұсыныста сонымен қатар барлық негізгі функционалды блоктардың анықтамасы және олардың бір-бірімен өзара әрекеттесуі бар құбырдың жоғары деңгейлі архитектурасы ұсынылған [3]. Архитектура 1.7 суретте көрсетілген.



1.7-сурет – Байланыс желілеріне арналған машиналық оқыту құбыры



1.8-сурет – Машиналық оқыту құбырының жоғары деңгейлі архитектурасы (ITU-T Rec. Y.3172) және оны 5G/IMT-2020 желісінде енгізу

1.8-суретте ұсынылған машиналық оқыту құбырының 5G/IMT-2020 желісінің барлық деңгейлерін қамтитыны [19], желіні басқарудың негізгі модульдеріне енгізілген (1.8-сурет) және осылайша, ашық мониторинг пен бақылауды қамтамасыз ететіні көрсетілген желі жұмысы. Сондай-ақ, бұл ұсыныс машиналық оқыту функциясының оркестрі (MLFO) сияқты маңызды желі элементінің функцияларын анықтайтынын атап өткен жөн. Бұл модуль машиналық оқыту құбырына қатысты басқа модульдердің басқару және ұйымдастыру функцияларын жүзеге асырады және шешім қабылдау кезінде желінің динамикасын және оның сипаттамаларын ескереді.

Бүгінгі күні ITU-T машинаны оқыту бойынша келесі ұсыныстарды мақұлдады:

- Y.3170 «IMT-2020 желісіне қызмет көрсету талаптарының машиналық оқыту сапасы» [14];
- Y.3174 «Болашақ коммуникациялық желілерде машиналық оқытуды қолдау үшін деректерді өңдеу құрылымы, соның ішінде IMT-2020» [15];
- Y.3175 «Функционалды сәулет қамтамасыз ету сапасы
- IMT-2020 желісі үшін машиналық оқыту қызметтері» [16];
- Y.3176 «Машиналық оқытудың болашақ желілерге, соның ішінде IMT-2020 желілеріне табиғи интеграциясы» [17].

Қабылданған ұсыныстардан басқа, ITU-T, оның ішінде 13 SG, қазіргі уақытта әзірленіп жатқан және талқыланатын құжаттардың едәуір санына ие. Оның ішінде Machine Learning негізіндегі метадеректер талдауына негізделген трафикті тану әдісі бойынша ұсыным жобасы - Y.IMT-2020_mAI: SPbSUT және Rostelecom PJSC бірлесіп ұсынған «Жасанды интеллектуалды тәсіл негізіндегі трафикті типтеу IMT-2020 басқару» және 2021 жылдың күзгі сессиясында ITU-T ұсынымы ретінде қабылдауға енгізу жоспарлануда.

Өз кезегінде, стандарттау жөніндегі халықаралық ұйымның және халықаралық электротехникалық комиссияның (ISO/IEC) бірлескен техникалық комитетінің (JTC 1/SC 42) кіші комитеті жасанды интеллект стандарттарын әзірлеумен айналысуда. Қазіргі уақытта қарау үшін келесі құжаттар қолжетімді (бұл құжаттар да әзірленуде):

- ISO/IEC JTC 1/SC 42/ANG 1 Тарату және ақпараттандыру;
- ISO/IEC JTC 1/SC 42/ANG 2 SC 38-мен байланыс;
- ISO/IEC JTC 1/SC 42/ANG 3 Интеллектуалды жүйелер инженериясы;
- ISO/IEC JTC 1/SC 42/JWG 1 Бірлескен жұмыс тобы ISO/IEC JTC1/SC 42
- ISO/IEC JTC1/SC 40: AI басқару салдары;
- ISO/IEC JTC 1/SC 42/SG 1 Есептеу тәсілдері мен сипаттамалары жасанды интеллект жүйелері;
- ISO/IEC JTC 1/SC 42/WG 1 Негізгі стандарттар;
- ISO/IEC JTC 1/SC 42/WG 2 Үлкен деректер;
- ISO/IEC JTC 1/SC 42/WG 3 Сенімділік;
- ISO/IEC JTC 1/SC 42/WG 4 Пайдалану жағдайлары мен қолданбалары;
- ISO/IEC JTC 1/SC 42/WG 5 AI жүйелерінің есептеу тәсілдері және есептеу сипаттамалары.

Осы саладағы стандарттарды зерттеу және әзірлеу бойынша мұндай белсенді жұмыс ең алдымен тұрақтылық пен қызмет көрсету сапасының жоғары деңгейін қамтамасыз ете алатын Зияткерлік желіні дамыту мақсатына қол жеткізуге бағытталғанын атап өткен жөн. Сондай-ақ, өз шешімдерінде жасанды интеллект алгоритмдері мен тәсілдерін пайдаланатын басқару жүйелері CAPEX және OPEX сияқты көрсеткіштерді айтарлықтай төмендетуі керек.

1.5 Байланыс желілеріндегі трафикті бақылау және басқару әдістерін талдау. Machine Learning және Big Data технологияларына негізделген 5G/IMT-2020

Жасанды интеллект – білім беру, жеңілдету, жоспарлау, шешім қабылдау, машиналық оқыту, оңтайландыру, метаэвристикалық алгоритмдерді қамтитын білімнің кең ауқымын қамтитын қарқынды дамып келе жатқан сала. Танымал Тьюринг тесті интеллектке жан-жақты анықтама береді, мұнда компьютер адам қалыптастырған кейбір сұрақтарға жауап беруі керек. Егер зерттеуші жауапты адам немесе машина (компьютер) жазғанын анықтай алмаса, компьютер сынақтан өтеді. Тьюринг сынағынан өту үшін компьютерде тілді өңдеу, білімді көрсету, автоматты түрде ой қорыту, машиналық оқыту және компьютерлік көру сияқты кеңейтілген мүмкіндіктер болуы керек [20].

2025 жылға қарай, GIV 2025 есебінде [21], әлемде жасанды интеллект негізіндегі 40 миллиард смарт құрылғылар мен 100 миллиард желілік қосылымдар болады, бұл басым салаларда – әлеуметтік, өндірістік және банктік салаларда цифрлық технологияларға көшуге ықпал етеді. Бұл екі фактор жылдам, қауіпсіз және интеллектуалды деректер алмасуға назар аудара отырып, ақпаратты сақтау қажеттілігін күрт төмендетеді. Нәтижесінде жаһандық деректердің жылдық көлемі 180 миллиард Т байтқа жетеді, яғни, қазіргіден 20 есе көп (9 млрд Т байт). Тәулігіне бір пайдаланушыға мобильді желілерде деректерді пайдаланудың орташа көлемі шамамен 30 есеге - 1 ГБ-қа дейін өседі.

Машиналық оқыту - бұл «үйренуге» болатын алгоритмдерді құру әдістерін зерттейтін жасанды интеллекттің кең бөлімі. «Машиналық оқыту» терминін 1959 жылы американдық информатика ғалымы Артур Сэмюэль «компьютердің нақты бағдарламаланбай оқу мүмкіндігі» ретінде енгізді [22].

Machine Learning әдістері мен алгоритмдері қолданылатын негізгі бағыттарды атап өткен жөн:

- *Ассоциативті жады.* Дәстүрлі жад үлгісінде деректерге жадтың мазмұнына тәуелсіз сақтау мекенжайы арқылы ғана қол жеткізуге болады. Ассоциативті жадыға немесе мағыналық адреслік жадқа берілген мазмұнды көрсету арқылы қол жеткізуге болады. Жадтың мазмұнын тіпті ішінара енгізу арқылы немесе мазмұны бүлінген жағдайда шақыруға болады. Ассоциативті жады мультимедиялық ақпараттық деректер қорларында қолданылуы мүмкін. Сонымен қатар, Software Defined Networks коммутаторының жұмыс істеу принципіне ассоциативті жады қолданылады.

- *Үлгіні тану.* Бұл аймақтағы мәселенің мәні - мүмкіндік векторымен ұсынылған кіріс кескінінің бір немесе бірнеше алдын ала анықталғанға жататынын анықтау. Белгілі міндеттерге әріптерді тану, қан жасушаларының сигналдарын жіктеу және тілді тану кіреді.

- *Бақылау.* Бұл саладағы міндеттердің мәні жүйеге енгізу әрекетін анықтау болып табылады, онда жүйе эталондық модельде көрсетілген қажетті траектория бойынша әрекет етеді.

- *Функцияларды жуықтау.* Бұл бағытта мәселенің мәні белгілі оқыту үлгілерін (енгізу/шығару деректер жұбы) генерациялайтын белгісіз функцияны табу болып табылады. Функцияларды жуықтау жүйені модельдеудегі көптеген инженерлік және ғылыми мәселелерді шешу үшін қажет.

- *Болжау.* Мұнда тапсырма дискретті үлгінің келесі мәнін уақыттың дәйекті нүктелерінде қол жетімді үлгіге қатысты болжау болып табылады. Болжаудың бизнесте, ғылымда және технологияда шешім қабылдау үшін маңызы зор.

- *Оңтайландыру.* Бұл білім саласында шектеулер жүйесін қанағаттандыратын және объективті (фитнес) функцияны минимизациялайтын немесе барынша арттыратын осындай шешімді табу басты мақсат болып табылады.

- *Кластерлеу және жіктеу.* Бұл салада алгоритмдер кескіндердің ұқсастығын анықтауға және ұқсас кескіндерді бір кластерге орналастыруға бағытталған.

Оқытылған нейрондық желі бастапқы деректерді өңдейді және зерттелетін жүйенің болашақ әрекетінің болжамын жасайды. Жасанды нейрондық желілерге (ANN) негізделген бағдарламалардың негізгі кемшілігі тек нейрондық желіні дұрыс оқыту мәселесі және жүйе моделінің сәйкестігіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін артық жаттығуларды алып тастау болып табылады. Сонымен бірге бұл тепе-теңдікті табу ANN параметрлерін анықтаудың эмпирикалық деңгейі арқылы жүзеге асады.

2 Байланыс желілерін құру

2.1 Байланыс желілерін құру үшін негіз ретінде өте төмен кідірістері бар байланыс желілері бесінші ұрпақ

Бұрын байланыс желілерінің қазіргі заманғы және перспективалы тұжырымдамаларын талдауда үш негізгі қағидаттар берілді, олардың негізінде бесінші буын желісі салынған және сәйкесінше келесі ұрпақта сақталатын болады:

- Кең машинадан машинаға өзара әрекеттесу (ағылшын тілінен MTC – Massive Machine type Communications);
- Жақсартылған мобильді кең жолақты (ағылшын тілінен eMBB – Жақсартылған мобильді кең жолақты);
- Өте сенімді және төмен кідіріспен байланыстар (URLLC - Өте сенімді және төмен кідіріспен байланыстар).

Қазіргі уақытта URLLCs ғылыми-техникалық қоғамдастықтың алдында тұрған ең үлкен проблемалардың бірі болып табылады. Желілердің бұл класы өте сенімді және сонымен бірге деректерді берудің өте төмен кідірісіне ие болу үшін жасалған. Осылайша, URLLC қызмет көрсету сапасына (QoS) белгілі және сонымен бірге қатал жаңа талаптар қояды, олардың ұсынылуы қызметтердің жаңа түрлерін «өмір беруге» мүмкіндік береді. Бұл қызметтер келесі бағыттар бойынша жүзеге асырылады: Электрондық медицина (электрондық денсаулық сақтау), Автономды көлік, 4.0 форматындағы қауіпті өнеркәсіптік өндіріс және т.б. URLLC желілік қызметтерінің ең айқын түрлерінің бірі - тактильді интернет. Бұл жағдайда желі архитектурасына ең үлкен әсер ететін өте төмен кідірістерді атап өткен жөн: қашықтық шектеулеріне байланысты желі орталықсыздандырылған, онда тактильді интернет қызметтерін ұсынуға болады. Бұл өз кезегінде экономиканы орталықсыздандыруға және ел аумақтары арасындағы цифрлық теңсіздікті жоюға әкелуі тиіс [2]. Тактильді түйсіктердің өзара әрекеттесуі, егер желі адамның сенсорлық жүйесінің инерциясын 1 мс-те білдіретін сәйкес физиологиялық константадан аз кідірісті қамтамасыз еткен жағдайда ғана нақты уақыт режимінде болуы мүмкін. 1 мс кешігу талаптарын орындау міндеті байланыс желілерін құру үшін жүйелік-желілік шешімдерге үлкен шектеулер қояды. Тактильді интернет қызмет түрі ретінде медициналық мақсатта жүзеге асырылуы мүмкін, мысалы: науқасты қашықтықтан тексеру, қашықтан операция жасау және т.б. тактильді түйсіктердің өзара әрекеттесуі, егер желі адамның сенсорлық жүйесінің инерциясын 1 мс-те білдіретін сәйкес физиологиялық константадан аз кідірісті қамтамасыз еткен жағдайда ғана нақты уақыт режимінде болуы мүмкін.

COVID-19 бойынша әлемдегі соңғы эпидемиологиялық жағдайды ескере отырып тактильді интернет қызметтері өз өмірлерін аямай, науқастарды емдеген көптеген дәрігерлердің өмірін сақтап қалуы мүмкін деген қорытынды жасауға болады. Мысалы, COVID-19 жұқтырған палатада дәрігер қашықтан басқаратын

және тексеру кезінде барлық қажетті тактильді сезімдерді тарататын медициналық робот болуы мүмкін және т.б. Бұл жағдайда дағдылар интернеті де тактильді интернетте қондырма ретінде өз қолдануын таба алады. Дегенмен, қолданыстағы желілердің технологиялық даму деңгейі сервистің бұл түрін жүзеге асыруға мүмкіндік бермеді [34].

Сондай-ақ бесінші буын желілерінде шешімдерді әзірлеу, стандарттарды әзірлеу, зерттеулерді жүргізу барысында біз URLLC талаптарын қызметтің осы түрін ауқымды енгізу тұрғысынан орындау қиын деген қорытындыға келгенімізді атап өткен жөн. Олар шектеулі географиялық аймақта, бөлінген желі арналары арқылы және басқа шектеулермен қамтамасыз етілуі мүмкін. Дегенмен, 2030 жылы бесінші буын концепциясының коммуникациялық желілер тұжырымдамасына эволюциясы аясында қызметтің бұл түрі жүзеге асырылады деп күтілуде. Іске асыру үшін шектеуді шешудің бірнеше бағыттары бір мезгілде қарастырылады:

1. Физикалық деңгейдегі технологиялардың өзгеруі және кванттық түйісу принципіне негізделген ақпаратты берудің басқа физикалық принципін жүзеге асыратын «кванттық байланыс» деп аталатынға көшу. Дегенмен, бұл әдіс ерте зерттеу сатысында.

2. Байланыс желілерін орталықсыздандыру және есептеу жүйелерін орталықсыздандыру, бақылау және басқару жүйесі ретінде Жасанды интеллект енгізу арқылы оларды икемді басқару.

Технологияның қазіргі деңгейіне және жақын маңдағы міндеттерге оралсақ, коммуникациялық желілерде AI енгізу міндеттерінің шеңберінде әсіресе өзекті міндеттер бар: кейіннен болжаумен трафикті бір мәнді сәйкестендіру, бөлінген есептеу инфрақұрылымында есептеулерді тиімді және динамикалық бөлу, болжау және басқару жүйелерінің мүмкін болатын шамадан тыс жүктемелерін анықтау. Сонымен қатар, трафикті анықтау міндеті трафикке қосымша кідірістерді енгізбестен қызметтердің көптеген түрлерін (URLLC ескере отырып) тану қажеттілігін, белгілі бір географиялық орынға алгоритмді кеңейту және реттеу мүмкіндігін қамтиды желі және қызметтер. [4].

2.2 Байланыс желілеріндегі сервистік трафикті анықтау міндеті

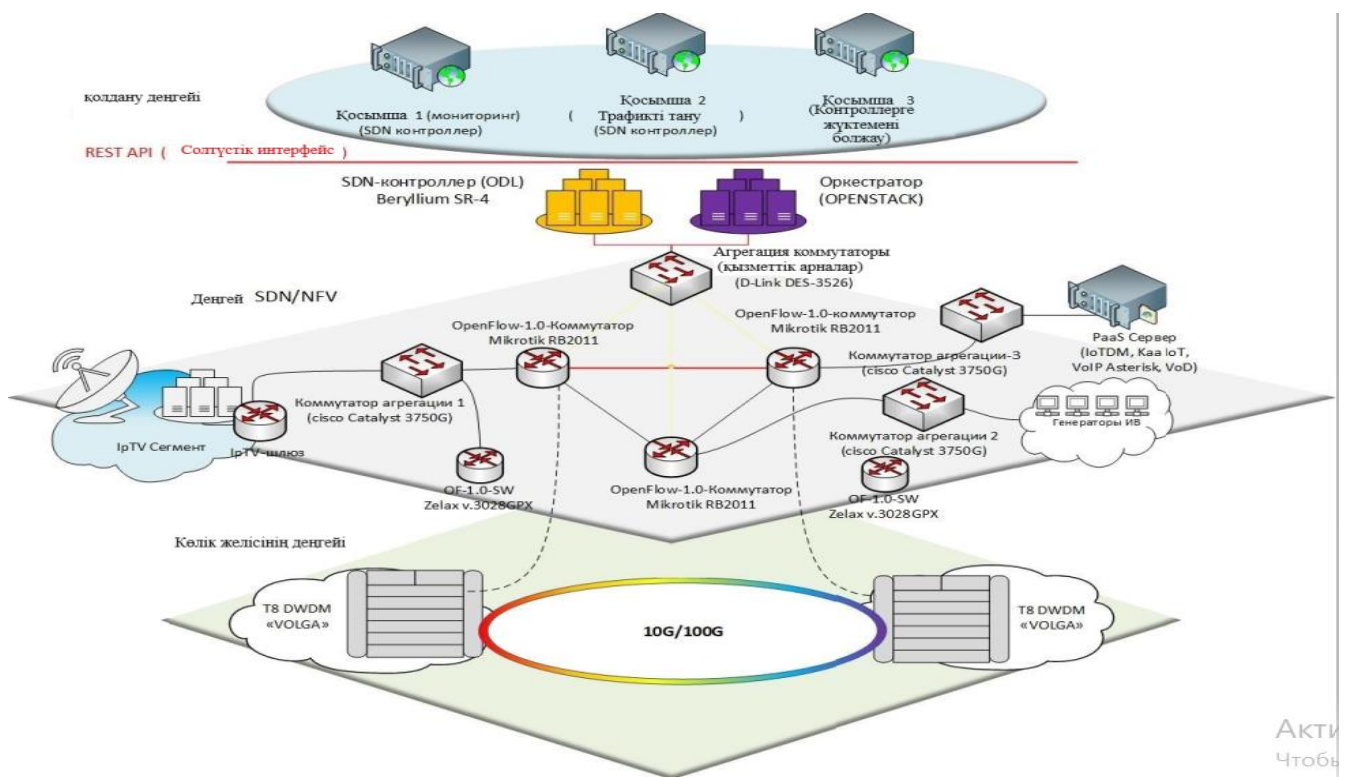
Желілердің барлық деңгейлеріндегі жаңа шешімдерден, сондай-ақ қызметтер инфрақұрылымға қоятын талаптарға ішінара жақындауға мүмкіндік беретін бұлтты технологиялар саласындағы жаңа шешімдерден басқа, трафикті өңдеуді жаңғырту бойынша маңызды міндеттер де жоқ емес логика. Мәселен, мысалы, осы уақытта байланыс желілеріндегі қызмет көрсету сапасы DiffServ технологияларын, сондай-ақ басқа TE (Traffic Engineering) шешімдерін қолдану арқылы қамтамасыз етіледі, мысалы, RSVP-TE ресурстарын резервтеуді пайдаланатын MPLS-TE протоколы негіз болып табылады. Дегенмен, бұл шешімдердің бесінші және одан кейінгі буын

желілеріндегі бірқатар қызметтерде пайдалану үшін бірқатар кемшіліктері бар. Негізгі кемшіліктер желідегі трафик профилінің өзгермелілігіне байланысты динамикалық басқарудың болмауы, басқарылатын желі доменінің қызмет көрсету саясатын жылдам қайта конфигурациялау мүмкіндігі, сондай-ақ трафик классификаторларының шектеулі жиынтығы, бұл интернет заттары мен басқа қызметтерге қойылатын талаптардың пайда болуы және сапасымен ерекшеленетін жағдайларда өте маңызды кемшілік болып табылады. 3GPP TS 23.501 жүйесінде әртүрлі қызмет түрлеріне қойылатын QoS талаптарының картасы берілген. Ол дауыс пен бейнеден eMBB және Augmented Reality (AR, ағылшын тілінен Augmented Reality) дейінгі негізгі 18-ді анықтайды. Ол сонымен қатар QoS қамтамасыз етумен тікелей байланысты Slicing тұжырымдамасын енгізеді. Дегенмен, осы 3GPP стандартында барлық мүмкін қызметтер анықталмаған. Бұл ретте әрбір бағыт бойынша қосалқы қызметтердің басымдылығын анықтауға болады. Мәселен, мысалы, тактильді интернетте медицина саласын негізгі басымдық ретінде көрсетуге болады,

Басқару жүйелеріне жылдам әрекет ету үшін SDN және NFV концепциялары жағдайында - SDN контроллері және оркестратор, деректерді беру деңгейінде ағынға тікелей араласпай, жоғары дәлдіктегі трафикті сәйкестендіруді орындау қажет және сәйкесінше, оның профиліне өзгертулер енгізу, сондай-ақ кешіктіру. Айта кету керек, алдын ала тіркелген трафик ағындары үшін оны тану міндеті жоқ, мысалы, VoIP немесе IPTV трафигі. Бұл жұмыста біз жалпы (бұрын тіркелмеген) ағындардан SDN желісіндегі заттар интернеті трафигін анықтау мәселесін қарастырамыз. Жоғарыда аталған мәселені шешу үшін кірістің сипаттамаларын, ағындар бойынша талданған мәліметтерді, сондай-ақ бастапқы талаптың ерекшеліктерін - жүйенің жұмыс істеуін ескере отырып, жоғарыда келтірілген классификацияның математикалық әдістеріне кешенді талдау жүргізілді «үшу» режимінде. Талдау нәтижесінде белгілі бір архитектураның нейрондық желілерін пайдалану тәсілі таңдалды. Енгізілетін деректер жиынының мақсаты мен ерекшеліктеріне сәйкес нейрондық желінің архитектурасы таңдалды.

2.3 Модельдік желі архитектурасы

Ұсынылған әдістеме бойынша зерттеулер жүргізу бағдарламалық қамтамасыз етуді (SDN контроллерінің қосымшалары) әзірлеуді, оны тестілеуді қамтиды. Бұл жұмыстар үшін солтүстік бағдарламалау интерфейсіне қолдау көрсететін бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілерге арналған зертханалық стендті, сондай-ақ Smart City қосымшаларының бірінің жұмысын имитациялайтын онда орналастырылған заттар интернеті қызметтерін әзірлеу қажет, сондай-ақ бейне ағынды қызметі. Желіде трафиктің екі түрінің болуы әдісті тексеру үшін қажет.



2.1-сурет – Жоспарлаған желісінің архитектурасы

Зертханалық стенд OpenFlow протоколының 1.0 нұсқасын жүзеге асыратын сақинаға қосылған бағдарламалық басқарылатын үш SDN қосқышынан тұрады.

Әдеттегі Интернет Интернет қызметінің трафик генераторын іске асыру үшін Linux Foundation консорциумының OpenDaylight қауымдастығы әзірлеген орнатылған және конфигурацияланған IoTDM (Internet of Things Data Management) қызметі бар Linux Ubuntu LTS операциялық жүйесімен сервер орналастырылды. Айта кету керек, бұл сервер машинадан машинаға байланыс үшін OneM2M спецификацияларын жүзеге асырады. OpenDaylight шешімдерін пайдалану бұл қауымдастыққа осы әзірлемелерді өздерінің жеке өнімдеріне енгізетін көптеген халықаралық танымал компанияларды қамтитындығына байланысты.

2.1-суретте осы дипломдық жұмыста әзірленген және ұсынылған әдістерді жүзеге асыратын желінің қызмет көрсету деңгейіндегі бірнеше қолданбаларды көруге болады. Бұл қолданбалар Python бағдарламалау тілінде сәйкес шеңберлер мен кітапханалармен әзірленген және SDN контроллерімен солтүстік REST интерфейсі арқылы логикалық түрде және басқару желісінің деңгейі арқылы физикалық түрде әрекеттеседі.

Зерттеуге арналған зертханалық стендті құру кезінде пайдаланылған негізгі жабдықтар 2.1-кестеде көрсетілген.

Кесте 2.1– Пайдаланылатын жабдықтың параметрлері

No р.р.	Аты (2.3.1-суреттегідей)	Техникалық сипаттама
1	Бериллий SR-4 SDN контроллері (ODL)	Орталық процессор: Intel Xeon® E3-1220V2 ЖЖҚ: 16 ГБ ОЖ: Linux Ubuntu 14.04 LTS Бағдарламалық құрал нұсқасы: Opendaylight Бериллий SR4
2	OpenFlow 1.0 қосқышы Mikrotik RB 201 1UI AS-RM	Mikrotik RB 201 1UI AS-RM Бағдарламалық құрал нұсқасы: OpenFlow 1.0
3	№1 біріктіру қосқышы	Cisco Catalyst 3750G сериясы PoE-24
4	№2 біріктіру қосқышы	D-Link DES 3526
5	№3 біріктіру қосқышы	Cisco Catalyst 3750G сериясы PoE-24
6	Агрегация қосқышы (қызмет арналары)	D-Link DES 3526
7	РaaS сервері (IoTDM - сервер)	Орталық процессор: Intel Xeon(R) E3-1220V2 ЖЖҚ: 12 ГБ ОЖ: Linux Ubuntu 14.04 LTS Нұсқа: Opendaylight Boron SR2
8	1-қосымша (мониторинг)* 2-қосымша (Трафик туралы хабардар болу) * 3-қосымша (контроллер жүктемесінің болжамы) *	Орталық процессор: Intel Core i5 ЖЖҚ: 8 ГБ ОЖ: Linux Ubuntu 16.04 LTS

- барлық қолданбалар бір физикалық серверде орналастырылған. Әзірлеу процесінде сервердің рөлін жеке ноутбук, тестілеу процесінде – стационарлық ДК атқарды.

2.4 Зерттелетін қызметтердің трафигі

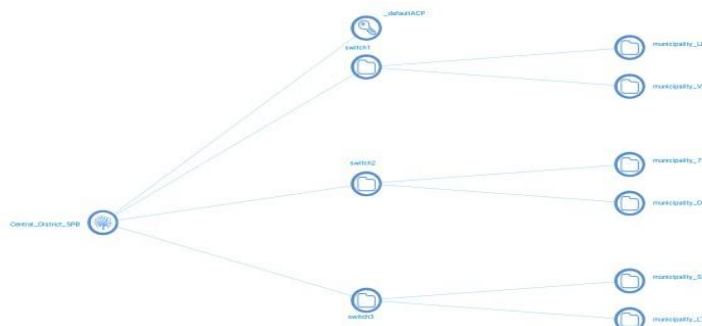
Бұл жұмыста қолданылатын модельдік желі нақты бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желі болғандықтан, әзірлеу және тестілеу үшін деректерді беру деңгейінде де, желіні басқару деңгейінде де қолданбалы трафикті қайта құру қажет. Стенд пішімінде іске асырылған үлгі желісіндегі нақты трафикті не интернет заттар құрылғыларының жұмыс істеуі арқылы, не интернет заттарының құрылғыларының жұмысын эмуляциялайтын трафик генераторы арқылы қайта жасауға болады. Осы жұмыс шеңберінде осы жұмыста әзірленген интернет заттар құрылғыларының жұмысын эмуляциялайтын трафик генераторын пайдалану жолы таңдалды [19]. Трафик генераторы интернет заттарының IoTDM платформасын

сынау және бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілерде IoT трафиінің өзара әрекеттесуін зерттеу үшін пайдаланылды, оның ішінде басқарылатын желідегі жүктемені динамикалық автотенестіру жұмысын зерттеу. Жоғарыда аталған зерттеу үшін эмуляторды нақты масштабқа келтіру үшін Smart City тривиальды қызметтерінің бірі - сенсорлардың үш түрімен қоршаған орта параметрлерін бақылау жүйесі негізінде модель әзірленді.

Трафик генераторында енгізілген модель келесідей жұмыс істеді:

1. Белгіленген архитектураға сәйкес - ресурстардың логикалық ағашын құру;
2. IoT құрылғыларын инициализациялау, мұнда әрбір құрылғы платформа ресурс тармағына инициализациялау кезінде сенсордың дайындығы туралы ақпаратпен REST API-ге сәйкес сұрау жібереді.
3. IoT трафиігін қалыптастыру. Жұмыс кезінде әрбір құрылғы секунд сайын ресурс ағашына сұраныс жіберіп, оны толтырады.

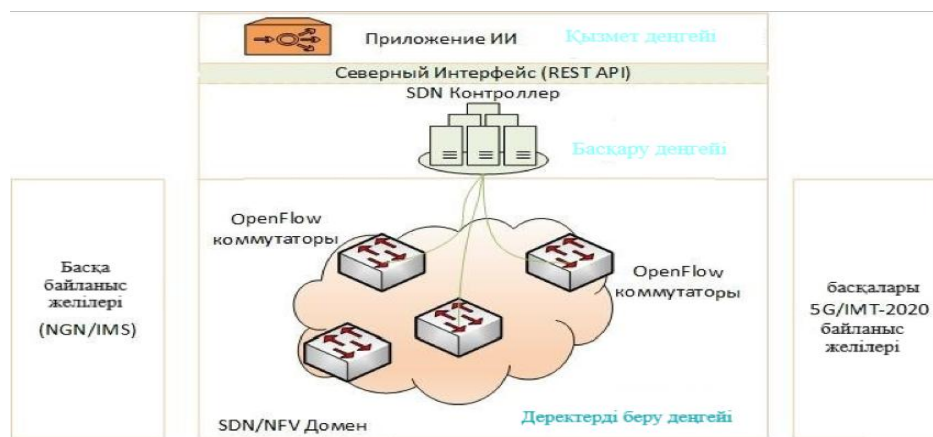
Нәтиже - 960 IoT құрылғыларының жұмысын имитациялайтын модель. Сонымен бірге платформамен бір уақытта 240 IoT құрылғысы жұмыс істеді. Дипломдық жұмыста зерттеу жүргізу үшін трафик генераторының орналасу принципі өзгертілді. Егер бұрын бұл трафик генераторы әрбір агрегаттық сегментте орналастырылған болса, онда осы дипломдық жұмыс аясындағы жұмыс үшін трафик генераторы тек бір агрегаттық сегментте орналастырылған, ал IoT платформасының өзі басқа агрегаттық сегментте орналасқан. Сондай-ақ, бұл жұмыста әртүрлі IoT протоколдарында тестілеу талап етілмеді, сондықтан JSON пішіміндегі деректерді қамтитын HTTP 2.0 протоколы арқылы платформамен жұмыс істейтін трафик генераторы таңдалғанын атап өткен жөн. Одан басқа, GUI-де (ағылшын графикалық пайдаланушы интерфейсінен) пайдаланылатын платформа оны бағдарламалық түрде құрастыру және одан кейін оны IoT құрылғыларынан (бұл жағдайда эмуляцияланған құрылғылар) тасымалданатын деректермен толтыру арқылы алынған ресурс ағашын (2.2-сурет) көрсетеді.



2.2-сурет – Ресурс ағашының құрылымы (платформа интерфейсінің скриншоты)

2.5 Бесінші және одан кейінгі буындардың қызметтік трафигін бақылау және анықтау

Қазіргі уақытта байланыс желілеріндегі трафик түрін тануға бағытталған көптеген жұмыстар бар. Ұсынылатын тәсілдер негізінен трафикті кезеңді түрде түсіруге және оның тақырыптарын талдауға негізделген. Бұл әдістің бірқатар кемшіліктері бар, атап айтқанда: ағынның кешігуін енгізу, деректер жазықтығының қосымша аппараттық-бағдарламалық шешімі түрінде аналитикалық модульді жүзеге асыру, мұндай құрылғының күрделілігі [25]. Сондай-ақ, мұндай құрылғыны масштабтаудағы кемшіліктерді атап өткен жөн. Deep Packet Inspection жүйелері трафик мазмұнын терең зерттеу үшін қолданылады (ағылшын тілінен DPI - Deep Packet Inspection). Бұл құжат бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілер инфрақұрылымының қызмет көрсету деңгейінде аналитикалық жүйені енгізуді ұсынады. Сайып келгенде, жүйе аппараттық-бағдарламалық кешен немесе бағдарламалық шешім (желілік қолданба түрінде) ретінде ұсынылуы мүмкін. Ұсынылған шешімнің негізгі архитектурасы суретте көрсетілген.



2.3-сурет – Негізгі архитектура

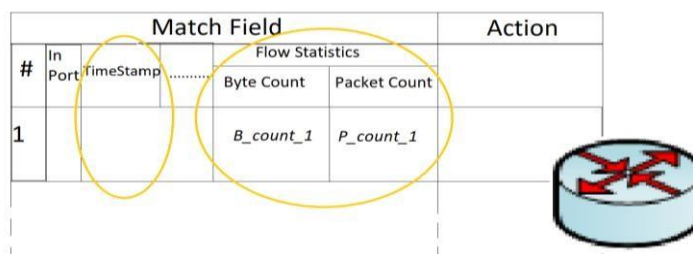
Осылайша, жүйенің портативтілігі, мәліметтерді тасымалдау ортасынан тәуелсіздігі және сонымен қатар деректерді беру деңгейімен интеграция мүмкін болады. Аналитикалық жүйе үшін барлық құрылғылар мен ағындар әдістер жиынтығымен ұсынылған бірқатар параметрлері мен функциялары (параметрлер бойынша әрекеттер) бар «цифрлық объект» болып табылады [25]. Абстракцияның бұл деңгейі «жылда» режимінде ағындар (метадеректер) туралы деректермен жұмыс істейтін аналитикалық жүйені енгізуге мүмкіндік береді. Осылайша, бұл жүйе қозғалысқа қосымша кідірістерді енгізбеуге, сондай-ақ оның белсенділігін кез келген жолмен өзгертуге мүмкіндік береді (тарату заңдарының өзгеруі,

қарқындылық және т.б.). Жүйе ағындардың белсенділігін «бақылайды» және басқарылатын байланыс желісінде болып жатқан оқиғалардың «үлкен суретін» құрайды деп айта аламыз.

2.5.1 Зерттеу деректерін енгізу

Ұсынылған шешімнің іргелі архитектурасын, атап айтқанда REST интерфейсі арқылы SDN контроллерімен қызмет көрсету деңгейінде жұмыс істейтін қолданбаны іске асыруды ескере отырып, енгізу деректері жүйе солтүстік интерфейс арқылы қабылдай алатын деректер негізінде қалыптасады. контроллердің және желілік оркестрдің. Бұл жұмыста ағындар белсенділігінің аналитикасы және деректерді беру деңгейінде IoT ағындарын анықтау қарастырылатындықтан, аналитикалық жүйеде контроллерден барлық басқарылатын SDN қосқыштарынан ағын кестелерінен (Flow Tables) деректерді сұрау мүмкіндігі бар. Кестенің екі ғаламдық бөлігінде көрсетілетін деректерді талдасақ: Сәйкестік өрісі және Әрекеттер, онда олардың негізінде ағындардың метамоделін құруға болады деген қорытынды жасауға болады.

Коммутатор ағыны кестесінің қысқартылған құрылымы суретте көрсетілген



2.4-сурет – SDN коммутаторының ағындар кестесінің құрылымы

2.4-суретте қызғылт сары шеңберлер зерттелетін желі ағыны туралы метамодельді қалыптастыру үшін пайдаланылатын деректерді бөлектейді. Бұл деректердің маңызды ерекшеліктерінің бірі «байт саны» және «пакет саны» есептегіштері негізінде ағындағы пакеттің нақты ұзындығын дәл анықтау мүмкін емес. Уақыттың бір мезетінде есептегіштер тең болуы мүмкін болғандықтан: «байт саны» -1500, «пакет саны» - 2. Сәйкесінше, осы деректерге сүйене отырып, ағында тіркелген пакеттердің әрқайсысының ұзындығын дәл анықтау мүмкін емес. белгілі бір уақыт аралығында: $\Delta T = 1$ [With].

Сондай-ақ есептегіштер [Байт саны], [Пакет саны] параметрлерінің жалпы мәнін көрсететінін атап өткен жөн. Дегенмен, ағындар кестесіндегі осы есептегіштерден басқа, уақыттың әр сәтінде [Байт_саны_үштік] және [Пакет_саны] лездік мәнін бағалауға мүмкіндік беретін тағы бір "Уақыт белгісі" параметрі бар. Осылайша, [Байт саны], [Пакет саны], [Уақыт белгісі] мәндерінің үлгілеріне ие кез

келген ΔT уақыт кезеңі үшін белгіленген деректер құрылымы бар деректер жинағын құрастыруға болады, мұнда әрбір үлгі көрсетеді [Байт_саны_делта] және [Пакет_саны] лездік мәні. [Байт саны], [Пакет саны], [Уақыт белгісі] мәндерінің саны REST API арқылы SDN желі контроллеріне әрбір секундтық сұраулар арқылы қалыптасады. DataSetRQ құрылымы «шикі» деректермен (2.1) және формуламен (2.3)

$$\begin{aligned} & PacketCount_delta - PC_{delta} \\ & ByteCount_delta - BC_{delta}, a \\ & TimeStamp_deltas - TS = 1 [sec.] = const, \end{aligned}$$

$$DataSet_{RQ} = \begin{matrix} [TimeStamp][ByteCount][PacketCount] \\ TimeStamp_{11} & ByteCount_{12} & PacketCount_{13} \\ TimeStamp_{21} & ByteCount_{22} & PacketCount_{23} \\ \dots & \dots & \dots \\ TimeStamp_{N1} & ByteCount_{N2} & PacketCount_{N3} \end{matrix} \quad (2.1)$$

$$\begin{cases} BC_delt_{N2} = ByteCount_{N2} - ByteCount_{(N-1)^2} & \text{if } N \geq 1 \\ PC_delt_{N2} = PacketCount_{N2} - PacketCount_{(N-1)^2} & \text{if } N \geq 1 \end{cases} \quad (2.2)$$

$$DataSet_{ML} = \begin{matrix} [TimeStamp][ByteCount][PacketCount] \\ TS & BC_{delta_{12}} & PC_{delta_{13}} \\ TS & BC_{delta_{22}} & PC_{delta_{23}} \\ \dots & \dots & \dots \\ TS & BC_{delta_{N2}} & PC_{delta_{N3}} \end{matrix} \quad (2.3)$$

Бұл жағдайда белгілі бір уақыт кезеңі үшін параметрлердің жалпы мәндерін есептеу келесі формулалар бойынша жүзеге асырылады (2.5.4, 2.5.5):

$$ByteCount\Delta T = \sum_{N=1}^{N=\Delta} T/TSBCdeltaN2 \quad (2.4)$$

$$PacketCount\Delta T = \sum_{N=1}^{N=\Delta} T/TSPCdeltaN2 \quad (2.5)$$

Жоғарыда айтылғандай, жоғарыда аталған мәселені шешу үшін кірістің сипаттамаларын, ағындар бойынша талданған мәліметтерді, сондай-ақ бастапқы талаптың ерекшеліктерін ескере отырып, математикалық жіктеу әдістеріне кешенді талдау жүргізілді - жүйенің жұмысы ұшу режимінде. Талдау нәтижесінде нейрондық желілерді қолдану тәсілі таңдалды [25]. DataSetML кіріс деректерінің

мақсаты мен ерекшеліктеріне сәйкес нейрондық желінің сәйкес архитектурасы таңдалды.

2.5.2. Нейрондық желі және терең оқыту

Қазіргі уақытта нейрондық желілердің алуан түрлілігі бар. Типтік тапсырмалардың бірі классификация болып табылады. Ең кең тараған классификация әдістерінің бірі - әрбір объект сандық немесе сандық емес белгілер жиынтығымен сипатталатын мүмкіндіктерді пайдалана отырып, объектілерді сипаттауға негізделген әдіс. Дегенмен, кейбір деректер түрлері үшін ашық мүмкіндіктер жіктеу дәлдігін қамтамасыз етпейді, мысалы, кескіндердегі нүктелердің түсі немесе сандық дыбыс сигналы. Себебі, бұл деректерде жасырын мүмкіндіктер бар. Deep Learning - бұл деректердегі жоғары деңгейлі абстракцияларды модельдеуге, басқаша айтқанда, деректерден жасырын мүмкіндіктерді шығаруға мүмкіндік беретін машиналық оқыту алгоритмдерінің жиынтығы, ал нейрондық желілерде 2-ден астам жасырын қабаттар болады. Сондықтан, нейрондық желіні дамыту және оқыту әртүрлі кітапханалары мен фреймворктары бар Python жоғары деңгейлі бағдарламалау тілі негізінде жүзеге асырылды. Жасанды нейрондық желі ретінде қосымша LSTM (Long Short-Term Memory) қабаттары бар қайталанатын нейрондық желі таңдалды. LSTM желісі жан-жақты болып табылады, өйткені жеткілікті нейрондармен қалыпты компьютер орындай алатын кез келген есептеулерді орындау мүмкіндігі бар. Бұл жұмыста терең LSTM модулі жасанды нейрондық желінің (ANN) бөлігі ретінде, олардың арасындағы мәндердің үлкен таралуын ескере отырып, алдыңғы оқулардан алынған деректердің ағымдағыларға әсер ету заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік береді. Яғни, мысалы, IoT трафигінде өзін көрсете алатын мерзімділік, нейрондық желінің таңдалған архитектурасы «мұғалімнің қатысуымен оқыту» принципін жүзеге асыратындықтан, таңбаланған деректермен оқу деректерінің жиынын құрастыру, содан кейін оқытылған желінің күйін сақтау қажет. Нейрондық желіні үйрету үшін DataSetML кірісі жаңа деректер бағанын қосу арқылы DataSetML түрлендірілді, әрбір жолда статистикалық үлгі идентификаторы бар. Тиісінше, трафиктің үлкен түрін тануды үйрету үшін осы оқу деректерінің жиынын трафик белгісімен сәйкес статистикалық үлгіні белгілеу арқылы кеңейту қажет, мысалы - IoT. Осылайша, DataSetML тренингінің құрылымы келесідей көрінеді (2.6 формуласы):

	[TypeOfTraffic]	[TimeStamp]	[ByteCount]	[PacketCount]
DataSet _{ML} =	IoT	TS	$BC_{delta_{12}}$	$PC_{delta_{13}}$
	IoT	TS	$BC_{delta_{22}}$	$PC_{delta_{23}}$

	Video	TS	$BC_{delta_{N2}}$	$PC_{delta_{N3}}$
	other	TS	$BC_{delta_{(N+1)^2}}$	$PC_{delta_{(N+1)^3}}$

LSTM желісі бекітілген ұзындықтағы деректерді қабылдайды, сондықтан деректер 200 жолдан немесе 10 секундтан тұратын сегменттерге бөлінеді.

Трафик түрінің тегтері Python кітапханасына енгізілген сәйкес функцияларды пайдаланып біртұтас кодқа түрлендіріледі. Деректер 8:2 қатынасында оқу және сынақ жинақтарына бөлінеді.

Желінің архитектурасында LSTM толық қосылған 2 терең қабат және RNN (қайталанатын нейрондық желі) 2 толық қосылған терең қабаттар бар.

Қайталанатын нейрондық желі), олардың әрқайсысында 7 жасырын нейрон бар.

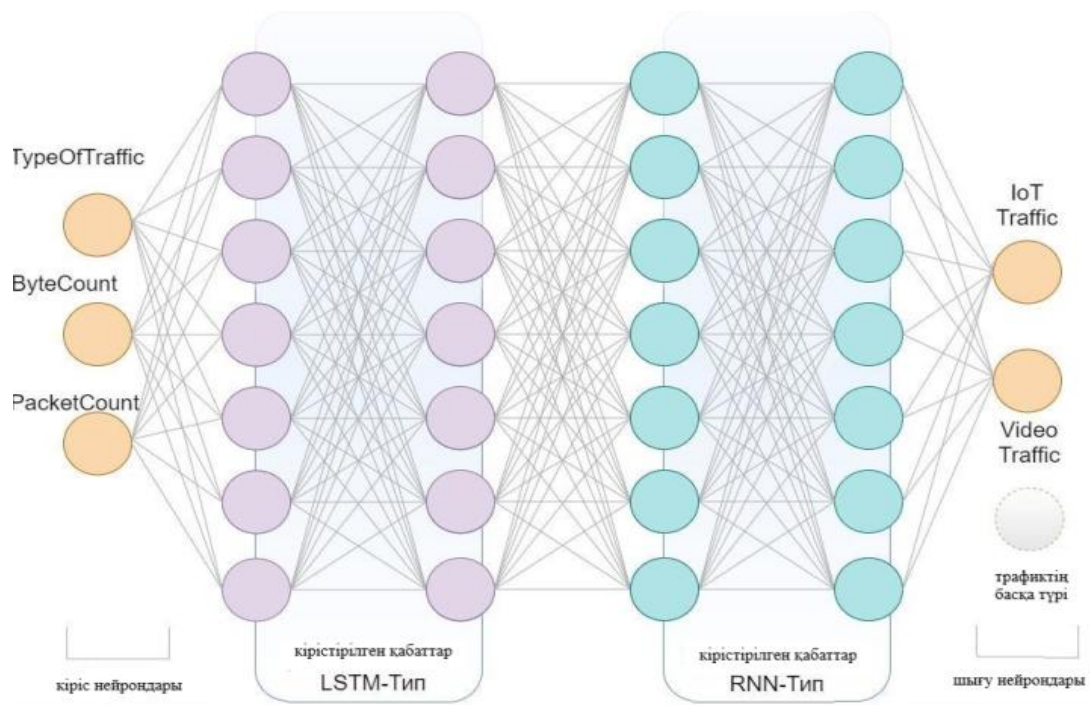
INS оқыту параметрлері:

- Оңтайландырушы: Адам;
- Оқыту дәуірлерінің саны: 40;
- Итерациядағы үлгілер саны: 1024;
- Оқу жылдамдығы: 0,0025.

2.5-суретте үш нейроннан тұратын кіріс қабаты көрсетілген, оның кірісі DataSetML сәйкес деректерімен қамтамасыз етілген. LSTM типті нейрондардан тұратын бірінші кірістірілген деңгейі бар үш кіріс нейрондары. Екінші кірістірілген деңгей де LSTM типті нейрондардан тұрады және бірінші және үшінші толық қосылған принципке де қосылған. Жасанды нейрондық желінің үшінші және төртінші кірістірілген деңгейлері толығымен қосылған RNN нейрондарына салынған.

Қазіргі уақытта шығыс нейрондары нейрондық желінің нәтижесін көрсететін екі нейрон болып табылады. Тиісінше, егер сіз таңбаланған трафик статистикасының көптеген түрлерімен DataSetML құрастырсаңыз, онда шығыс нейрондарының саны артады.

Айта кету керек, белгілі бір шек бар, одан асатын нейрондық желіні жаттықтыру үшін әрбір кірістірілген қабаттағы нейрондар санын көбейту қажет.



2.5-сурет – INS архитектурасы

2.5.3 Зерттелетін модель. Жалпы сегмент архитектурасы

Зерттелетін ағынды анықтау әдісі MVC үлгісі негізінде іске асырылған аналитикалық жүйеге арналған Python бағдарламалау тілінің 2.7 нұсқасында бағдарлама модулі ретінде жүзеге асырылады. Бұл бағдарламалық құрал бағдарламалық құрал анықталған желі контроллерінің және зертханалық желі оркестрінің сервер API интерфейсінің үстінде жұмыс істейді.

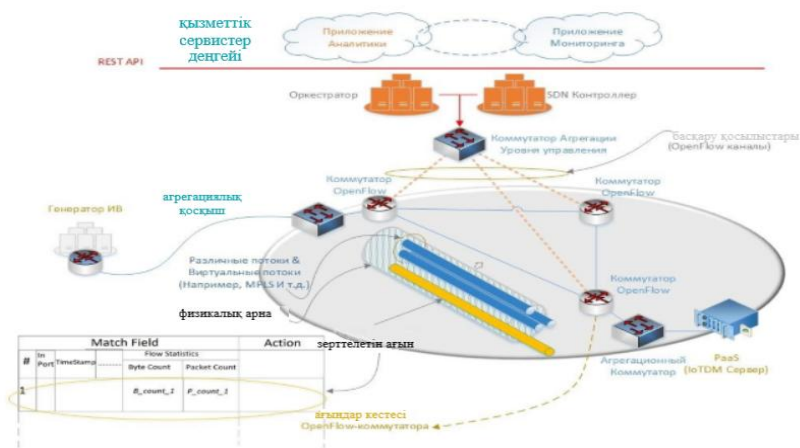
Жасанды нейрондық желіге арналған оқу деректерінің жинақтарын қалыптастыру үшін арнайы шарттар анықталды:

- Тұтас кез келген басқа трафик, Жоқ қатысты Кімге жүргізілді
- зерттеуді өшіріп, SDN сегментіне өтпеу керек;
- Желі коммутаторлардың ағындар кестесінде генерацияланған трафикпен ағынды бірегей түрде анықтауға мүмкіндік беретіндей өзгертілуі керек.

Белгіленген шарттарды орындағаннан кейін эксперимент процесі келесідей болды: графикалық интерфейсті пайдаланып, трафикті генерациялау басталғаннан кейін коммутаторлар ағындарының кестесінде қажетті ағын (ID - идентификатор) анықталды. Әрі қарай, қосымшаға ағындар кестесіндегі ағынның нақты саны берілді және қолданба бағдарламалық жасақтамамен анықталған желі контроллерінің солтүстік интерфейсі арқылы статистикалық деректерді сұрау және оларды ANN оқыту үшін одан әрі сақтау бойынша сәйкес процесті іске қосты. Дәл осылай «Сұраныс бойынша бейне» трафигі үшін оқу деректері жинағы

калыптастырылды, бұл ретте IoT трафик генераторлары өшірілді және жоғарыда аталған шарттар сақталды.

Бағдарламалық қамтамасыз ету анықталған желі сегментінен қажетті деректерді жинағаннан кейін, аналитикалық бағдарламалық модуль оларды ANN оқыту жиынтығы ретінде дайындау үшін деректерді бастапқы өңдеудің сәйкес алгоритмін іске қосты. Табысты оқытудан кейін әзірленген ANN өзінің күйін (нәтижесінде архитектура, салмақтар және басқа параметрлер) сақтап қалды. Келесі кезеңде трафикті «жауынгерлік» тану кезінде бұл сақталған ANN күйін ағындар кестесінде зерттелетін ағынның нөмірін көрсеткеннен кейін сынақ деректер жинағын генерациялайтын басқа бағдарламалық жасақтама пайдалана алады. Сегменттің жалпы архитектурасы және зерттелетін сценарий 2.5.3.1-суретте көрсетілген.



2.6-сурет – Зерттелетін сценарийі бар сегменттің жалпы архитектурасы

2.6-суретте серверлермен (трафикті генерациялау, IoT платформалары) бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілік модель стендінің барлық негізгі элементтері, оның ішінде зерттеу объектісімен және параметрлерімен зерттелетін сценарий көрсетілген.

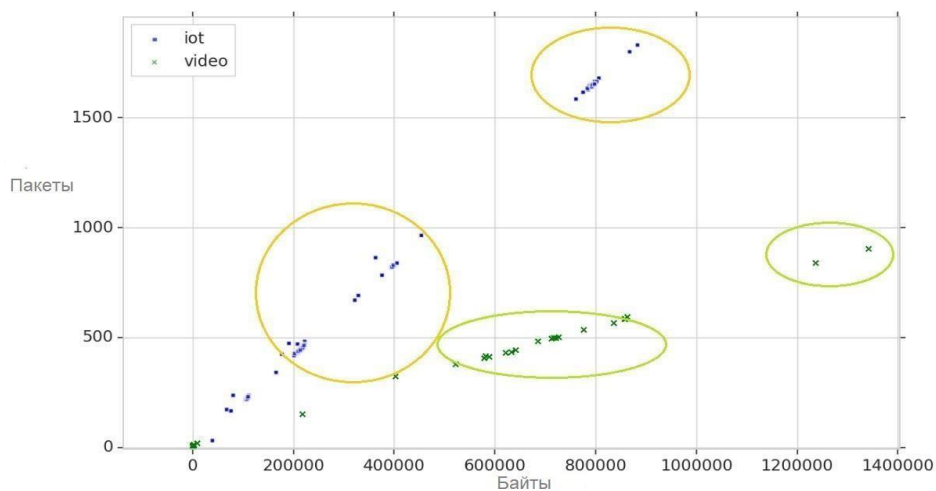
2.5.4. Әдістемелік сынақ нәтижелері

Жоғарыда айтылғандай, ANN оқыту үшін белгілі бір шарттар орындалды: барлық үшінші тарап трафигі өшірілді (өшірілді), желі IoT трафигі бар ағынды анық анықтауға болатындай етіп өзгертілді немесе «SDN қосқыштарының ағындық кестесіндегі сұраныс бойынша бейне. IoT трафигі генераторы 240 Интернет заттар

құрылғыларының жұмысын модельдеді. Әрбір құрылғы HTTP 2.0 пакетін жасады және пакеттің негізгі бөлігіндегі сенсор мәндерін жіберді. Әрі қарай бағдарламалық модульге SDN коммутаторларының ағындар кестесіндегі нақты ағын нөмірі берілді және қолданба деректерді сақтау процесін бастады. Сондай-ақ сұраныс бойынша трафикті (VLC) генерациялауға арналған бағдарламалық құралды пайдалана отырып, «Сұраныс бойынша бейне» трафигі үшін оқу деректер жинағы қалыптастырылды.

Нәтижесінде екі таңбаланған деректер жиынынан (IoT, Video) құрылған DataSetML алынды. Әрі қарай, DataSetML конфигурациясы жоғарыда көрсетілген нейрондық желінің кірісіне берілді.

Алынған DataSetML негізінде мәндердің шашыраңқы сызбасы салынды. Диаграмма 2.5.4.1 суретте көрсетілген. Бұл диаграммада ағындағы пакет ұзындығының орташа мәнінің сәйкес мәні басым болатын нүктелерді бөлудің бірнеше кластерлерін визуалды түрде ажыратуға болады. Мысалы, IoT ағынында көп жағдайда (нүктелердің тығыз ауданы) орташа пакет ұзындығы шамамен 400 байтты құрайды, ал параметр әртүрлі болуы мүмкін. Сондай-ақ, 470 байт орташа пакет ұзындығының мәні үшін шектен тыс мәнді атап өткен жөн.



2.7-сурет – DataSetML мәндерінің шашырау сызбасы

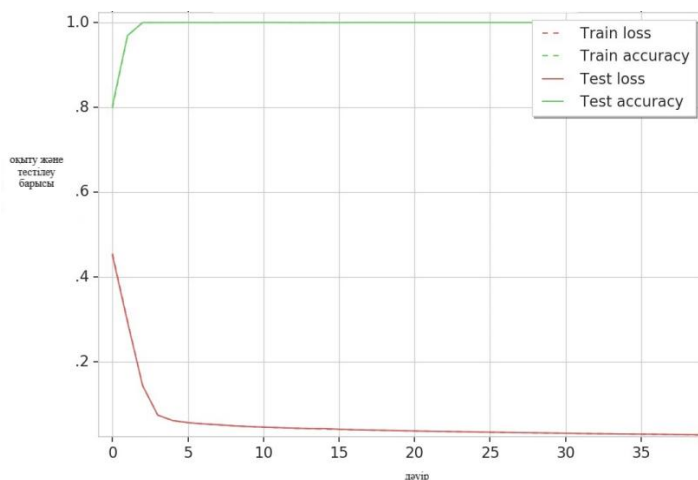
Сонымен қатар, бейне ағынының метадеректерінің статистикалық қатарында айтарлықтай ауытқу бар, көп жағдайда дестенің орташа ұзындығы (нүктелердің тығыз аймағында) шамамен 1450 байтты құрайды, ал бұл критерий де өзгереді, бірақ айтарлықтай емес.

Оқу деректерінің жинағы қалыптасқаннан кейін жоғарыда аталған дипломдық жұмыста сипатталған алгоритм бойынша жасанды нейрондық желіні жүзеге асыратын әзірленген қосымшаның бағдарламалық модулі жұмыс істей

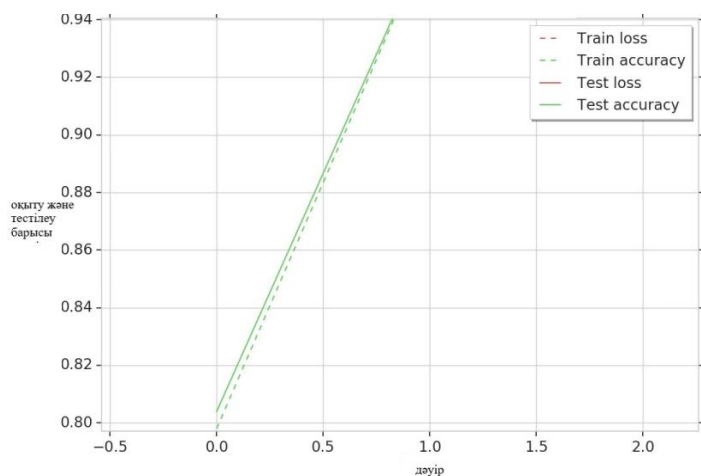
бастады. Қолданба арқылы нейрондық желіні оқыту процесінде келесі параметрлер байқалды:

- Train Accuracy (жаттығу дәлдігі);
- Test Accuracy (ANN тестін тапсыру дәлдігі);
- Пойыздың жоғалуы (Жаттығу кезіндегі қателер);
- Сынақ жоғалуы (ANN тесті кезіндегі қателер).

Жаттығу дәуірлерінің өтуі кезінде осы параметрлерді көрсететін график 2.8-суретте көрсетілген. Сонымен қатар, 2.9-суретте графиктер арасындағы айырмашылықты толығырақ көрсету үшін жуықтау берілген (2.8-суреттегі график бөлігінің масштабы үлкейтілген).



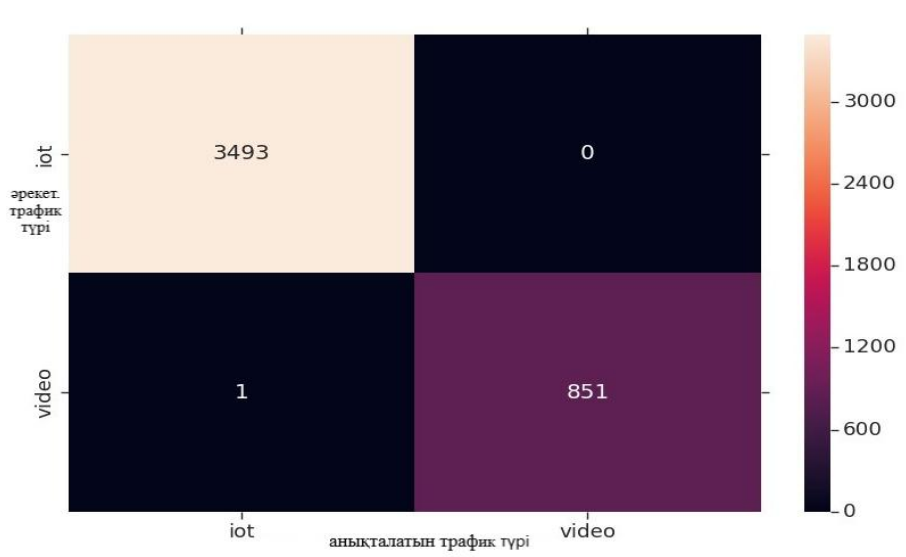
2.8-сурет – ANN оқыту және тестілеу кестесі



2.9-сурет – ANN оқыту және тестілеу кестесі (шкала)

2.8 және 2.9-суреттерде көрсетілген жоғарыдағы графиктерге қосымша жасанды нейрондық желіні оқыту үшін ANN қарама-қайшылық матрицасы

(ағылшын тілінен ANN терминологиясында – Confusion Matrix) есептелді. Алынған матрица 2.10-суретте көрсетілген.



2.10-сурет – Шатасу матрицасы

Желілік оқыту үдерісін көрсететін 2.8 және 2.9 суреттері әзірленген жасанды нейрондық желі тапсырма бойынша оқу үдерісінен сәтті өткенін анық көрсетеді. Нейрондық желіні оқыту үдерісі және оның оқытылған күйдегі сынақ деректер жинақтары бойынша жұмысын тексеру нәтижесінде әзірленген нейрондық желі 99,7% ықтималдықпен заттар интернетінің генерацияланған ағынын анықтай алады. Сондай-ақ, сәйкесінше, жасалған бейне ағыны. Қарама-қайшылық матрицасын (2.10-сурет) пайдалана отырып, бейне ағынын интернет заттарының ағыны ретінде анықтай отырып, желі бір рет қате жібергенін көруге болады. Нейрондардың үлкен мәнімен желі тиімді емес, өйткені ол есептеу ресурстарының үлкен мәнін қажет етеді. Сондай-ақ, жинақталған қабаттағы нейрондардың белгілі бір мәні ұлғайтылған кезде нейрондық желі «шамадан тыс жаттығу» режиміне өтетінін атап өткен жөн.

Сонымен қатар, деректер ағындарын (IV және Бейне) тану ықтималдығы айтарлықтай жоғары болғанын және танылатын трафик түрлерінің санының ұлғаюымен (өсумен, жаңа, кеңейтілген деректер жиынтығымен) атап өткен жөн. ANN оқыту үшін қалыптасады), бұл ықтималдық төмендеуі мүмкін, бірақ қолайлы шектерде (80-90%).

3 Қызметтердің микросервис архитектурасы

3.1 Орталықтандырылмаған бұлттық есептеулерге көшу қажеттілігі

5G/IMT-2020 5G желілері мен жүйелерін дамыту ультра төмен кідіріс пен ультра жоғары құрылғы тығыздығын қоса алғанда, көптеген жаңа қиындықтарға/қиындарға тап болады. Осы мәселелерді шешуде ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстардың әртүрлі бағыттары ұсынылады. Зерттеу бағыттарының бірі үлестірілген есептеулерді ұйымдастыру болып табылады. Осылайша, ықтимал шығындарды болдырмау ұсынылады, ал негізінен - айналмалы кешігудің желілік құрамдас бөлігін алып тастау. Жоғарыда көрсетілген қоңырауларды қайта-қайта кідірістің желілік бөлігін азайту арқылы шеше алатын ең танымал жаңа АКТ технологияларының бірі бірнеше қатынауы бар шеткі жүйелер (ағылш. MEC - Multi-access Edge Computing), Fog Computing (. ағылшын тілінен.

Тұманды есептеу) және құрылғыдан құрылғыға байланыс (ағылшын тілінен D2D - Құрылғыдан құрылғыға коммуникация).

SDN/NFV желілік технологиялары мен инфрақұрылымдық бөлінген есептеулер (MEC/Fog) технологияларын біріктіру арқылы оң синергетикалық әсерді алуға болады, ол келесі мүмкіндіктерде көрінеді: жылдам желі мен бұлтты масштабтау, деректерді беру ағындарын толық бақылау, ресурстарды кесу, тұрақтылық, өзін-өзі сауықтыру, қызметтердің желідегі кез келген нүктесіне жылдам көшу, SaaS үлгісін қолдана отырып, жасанды интеллект қызметтерін дамыту мүмкіндігі және т.б. Бұл мүмкіндіктердің жиынтығы бүкіл әлемдік ғылыми қауымдастық үшін күрделі мәселеге айналған көрсетілетін қызметтердің сапасына қойылатын талаптарды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді [20].

Қызмет көрсету сапасының қажетті параметрлерін қамтамасыз ету мәселесін қамти отырып, бағдарламалық қамтамасыз ету (БҚ) түрінде ұсынылған қызметтердің өзін әзірлеу және енгізудің маңызды мәселесін атап өткен жөн.

3.2 Бағдарламалық қамтамасыз ету тәсілдерін талдау

Қазіргі уақытта бағдарламалық қамтамасыз ету қызметтері айтарлықтай сыйымды (көлемі бойынша) ақпараттық жүйелер болып табылады, олардың көпшілігі әлі де жеткілікті ескі бағдарламалық жасақтама архитектурасы мен әдістерін - қарапайым сөзбен айтқанда, «монолитті» «сақтайды». Дегенмен, бұл мәселені айта отырып, ақпараттық және телекоммуникациялық жүйелерге қатысты «Сәулет» сөзінің ұғымының өзіне назар аударған жөн. Ақпараттық жүйе концепциясына сүйене отырып, оның конструктивті көзқарасы бойынша архитектурасы бизнес көзқарасы (тұжырымдамасы) шеңберінде бизнес

технологиясы өзгерген кезде өзгермейтін негізгі шешімдердің жиынтығы болып табылады. Бұл келесі қорытындыға әкеледі: егер бизнес-технология (бизнес-модель/үдерістер/өнімдер) бизнес көзқарасы (концепциясы) тұрғысынан өзгерген кезде АТ өніміндегі негізгі шешімдерді өзгерту қажеттілігі туындаса, жүйені иелену құны артады. күрт. Демек, сәулет шешімдерінің маңыздылығына және бизнес-технологиялардағы өзгерістерге қатысты олардың тұрақтылығына байланысты жүйе архитектурасын компания стандарты ретінде қабылдаудың маңыздылығы мен қажеттілігін түсіну бар. Жүйе архитектурасы мәселесі концептуалды жобалау деңгейінде, ал кейбір жағдайларда жүйенің техникалық-экономикалық негіздемесін жасау сатысында шешілуі тиіс екенін атап өту маңызды [31]. Архитектура әдетте келесі сұрақтарға «жауаптар жиынтығы» ретінде анықталады:

- Жүйенің мақсаты қандай?
- Жүйенің мақсатты функциялары қандай?
- Ол қандай бөліктерге бөлінеді?
- Бұл бөліктер қалай өзара әрекеттеседі?
- Бұл бөліктер қайда орналасқан (іс жүзінде/физикалық)?
- Жүйе жұмыс істеудің қандай негізгі принциптерін жүзеге асырады?

Осылайша, жүйенің архитектурасы логикалық құрылым, модель болып табылады және меншіктің жалпы құнына немесе егер ол АТ өнімі болса, онда таңдау бойынша байланысты шешімдер жиынтығы арқылы нақтылау / өзгерту / жақсарту құнына толығымен әсер етеді. іске асыру құралдарының, операциялық платформаның, ДҚБЖ, деректер қорының, телекоммуникацияның, бағдарламалық қамтамасыз етудің өзі архитектурасы (бағдарламалық қамтамасыз етуді енгізу тәсілдері/дизайн).

Желіде ұсынылатын кез келген қызмет шын мәнінде бағдарламалық қамтамасыз ету (әдетте жоғары деңгейлі) - бенефициар компанияның өнімі. Сәйкесінше, дәл осындай сұрақтарды жалпы АТ жүйесіне ғана емес, сонымен қатар не бүкіл АТ өнімін, не оның құрамдас бөлігін жүзеге асыратын Бағдарламалық құралға (БҚ) қойылуы мүмкін.

Бұл архитектуралық стильге сервлет деп аталатын бағдарламалауды да жатқызуға болады.

Бағдарламалық қамтамасыз ету – бағдарламалық блогтардың жиынтығы – микросервис және олардың өзара әрекеттесу логикасы. Бұл ретте микросервис қызметтік функциялар жиынтығын жүзеге асыратын тұтас ішкі жүйе ретінде немесе жеткілікті атомдық бағдарламалық құрылым – функция ретінде ұсынылуы мүмкін. Микросервистердің «атомдық» және тәуелсіздік деңгейін әзірлеушілер тобы әрбір нақты жобада, соның ішінде бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу құралдарын ескере отырып анықтайды. Дегенмен, ең дұрысы, микросервистер тәуелсіз болуы керек және жүйенің функцияларын масштабтау қажет болса, жоғарылатылған талаптарды қанағаттандыру үшін белгілі бір микросервистерді

көбейту керек. Сонымен бірге микросервистерді клондау кезінде олар ақпараттық жүйенің жалпы «микросервис ағзасына» автоматты түрде қосылуы керек, осылайша әрі қарайғы процестер кезінде бұл микросервистер өз функцияларын қатесіз орындайды, басқа микросервистермен, клиенттік бағдарламалық қамтамасыз етумен және т.б. Микросервистерді клондау/көбейту деп аталатын нәрсе басқа нәрселермен қатар әртүрлі құралдарды, соның ішінде контейнерлеу сияқты бағдарламалық жасақтаманы виртуализациялау принциптерімен қамтамасыз етілгенін атап өткен жөн. Тікелей көшіру компьютерлік жүйелерді басқару құралдарының көмегімен қамтамасыз етіледі.

Осылайша, инфрақұрылымдық технологиялардың жоғарыда аталған синергиясы микросервис бағдарламалық қамтамасыз ету қызметтерінің даму архитектурасы мен орналастыру принциптерімен үйлесімді түрде толықтырылуы мүмкін. Әсіресе осы тақырыпта тұманды есептеу шешімдері мен микросервистерді біріктіруге қызығушылық бар. Бұл комбинация сервистік микросервистерді дұрыс атомизациялау арқылы жеткілікті «тығыз тұманға» қол жеткізуге мүмкіндік береді [30].

3.3 Бөлінгеннің өзара әрекеттесу әдісі мен микросервис қолдайтын есептеулер

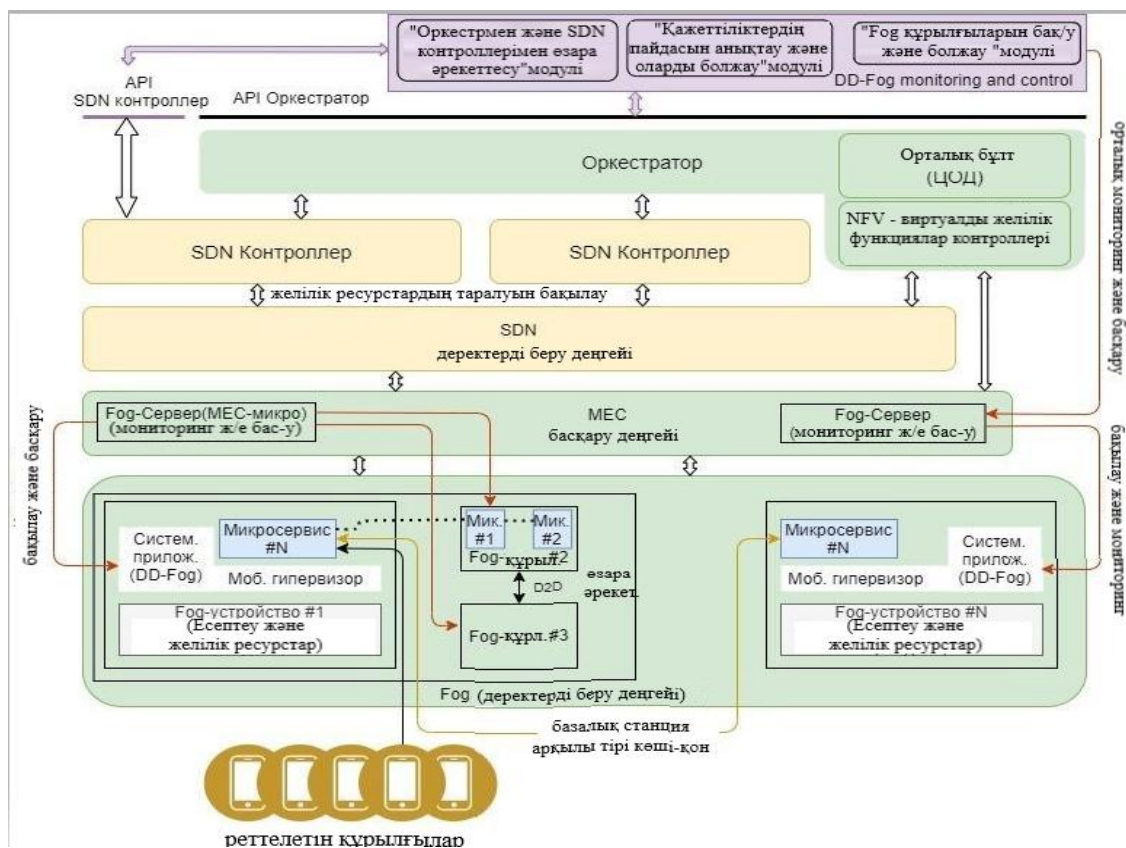
3.3.1 Ұсынылатын құрылым/қаңқа

Бұрын айтылғандай, SDN, NFV, Fog, MEC технологияларынан үлкен синергетикалық әсерге қол жеткізу үшін олар қазіргі уақытта қарастырылуда.

бөлісу. Бірыңғай желі және есептеу инфрақұрылымы шеңберінде қажетті абстракциялау және қажетті функцияларды жоғарғы деңгейдегі шешімдерге (қызметтерге) ұсыну үшін платформалық шешімдерді ұсыну қажет. Егер біз бұл мәселені таныс IaaS / PaaS / SaaS иерархиясы тұрғысынан қарастыратын болсақ, онда бұл шешімдер PaaS деңгейін жүзеге асырады және барлық желілік және есептеу ресурстарының (оркестрация деп аталатын) өзара әрекеттесуі үшін қажетті логиканы қамтамасыз етеді, және қосымша шешімдердің жүктелген іскерлік/жүйелік логикасын қамтамасыз етеді (құрылымдар немесе басқаша - фреймворктар, ағылшын тілінен). Бұл шеңберлер қызметтердің жүйелік логикасын ішінара жүзеге асырады [20]. Мысалы, ITU-T Q халықаралық ұсынысы.

3.1-суретте микросервис қолдауымен бөлінген есептеулердің өзара әрекеттесуі үшін ұсынылған құрылым/құрылым көрсетілген. Бұл құрылым көп деңгейлі шеттік есептеулер мен тұманды есептеулердің бұлтты құрылымдарын, сондай-ақ SDN / NFV технологиялары негізінде құрылған желілік инфрақұрылымды, оның ішінде оркестрлеу деңгейін біріктіруге арналған. Осылайша, біртұтас инфрақұрылым есептеулерді таратудың жаңа тәсілдерін,

соның ішінде желінің шетінде, сондай-ақ соңғы құрылғылардың өзінде, соның ішінде Интернет құрылғыларында енгізуге мүмкіндік береді.



3.1-сурет – Ұсынылған құрылым/өзара әрекеттестік құрылымы

Бұл жағдайда біз солтүстік инфрақұрылым интерфейсі арқылы басқару тәсілін қарастырамыз (есептеу ресурстары оркестрінің қолданбалы деңгейі, SDN/NFV желісі контроллерінің(-терінің) қолданбалы деңгейі. Бұл мүмкіндік бизнес логикасын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. желінің де, қызмет көрсетуші оператордың да қызметтері. Бірақ, сонымен қатар, физикалық ресурстарды абстракциялаудың тән деңгейіне байланысты, басқару үшін оператордың жүйесі мен бизнес логикасын жүзеге асыратын қызметтік қосымшалар-қызметтерді жасауға болады. Басқарылатын инфрақұрылымның құрылғылары. Бұл ретте, қазірдің өзінде бірқатар ғылыми мақалаларда айтылғандай [2-4], сондай-ақ халықаралық стандарттау ұйымдарының құжаттарында автоматтандыру жолы, сонымен қатар желіні интеллектуалдандыру, қызметтерді дамыту арқылы жатыр, мәліметтерді өңдеу алгоритмдері жасанды интеллект класына жатады.

Осылайша, алгоритм ретінде машиналық интеллект алгоритмдерін жүзеге асыратын инфрақұрылымдық қосымша (бағдарламалық камтамасыз ету пакеті) болып табылатын мониторинг және басқару жүйесі белгілі бір дәрежеде

автоматтандыруға және сонымен қатар тұрақты бақылауды қажет етпейтін инфрақұрылымды интеллектуалды етуге мүмкіндік береді. және адамдардың, жоғары білікті мамандардың бақылауы. Бұл мәселені шешу білікті желі әкімшілерінің штатын қысқарту арқылы OPEX сияқты көрсеткішті азайтады. Бұл сонымен қатар желілерді сыртқы әрекеттерге жауап беру тұрғысынан сапалы өзгертуге мүмкіндік береді (трафиктің өсуі, трафик профилінің өзгеруі) - желі ағымдағы қажеттіліктерге бейімделеді, QoS ережелерін ескере отырып, жүктемені қайта бөледі. Сонымен қатар, мұндай желі оның қуат сипаттамаларын ескереді,

Еске сала кетейік, бұл құрылымның ішінде тұман құрылғыларының динамикалық таралуы бар, нәтижесінде тұман аймақтарының әрқайсысының ресурс қарқындылығы өзгереді. Сонымен қатар, осы динамикалық есептеу инфрақұрылымының үстіне белгілі бір қызметтің қолданбалы микросервистері тасымалданады. Осы шеңбердің аясында жаңа тұман құрылғысы қосылған кезде функционалдық элементтердің өзара әрекеттесуінің келесі логикасы жүзеге асырылады. Өзара әрекеттесу логикасы 3.2-суретте хабарлама диаграммалары ретінде көрсетілген.



3.2-сурет – Рамканың негізгі элементтерінің өзара әрекеттесуінің жалпы диаграммасы

Жоғарыда айтылғандай, құрылым тұман құрылғыларының динамикалық қайта бөлінуін болжайды. Мұны істеу үшін бір тұман аймағынан екіншісіне ауысқанда немесе бастапқы қосылым кезінде әрбір тұман құрылғысы жақын жердегі Micro Cloud MEC құрылымын табу үшін хабар тарату сұрауын жібереді. Анықтаудан кейін тұман құрылғысы анықталған тұман аймағында тіркеу үшін деректерді жібереді. Тіркеу үшін тұман құрылғысы тұман аймағының бөлігі ретінде лизингке бөлінген өзінің есептеу виртуалды ресурстары туралы келесі деректерді жібереді:

- CPU (ядролар саны және ядроның тактілік жылдамдығы). Сервер жағындағы бұл параметр құрылғының өнімділігін есептеуге мүмкіндік береді (бөлінген виртуалды кеңістік үшін бөлінген қуат бөлігі);
- Арналған саны логикалық жедел жадтау құрылғысы Үшін виртуалды ғарыш;
- Арналған саны логикалық тұрақты жадтау құрылғысы Үшін виртуалды ғарыш;
- Белсенді және техникалық қолжетімді сымсыз технологиялардың кодтары (мысалы, 802.11ac, LTE, 5G, т.б.);
- Үшінші тарап қызметтері үшін деректерді берудің рұқсат етілген жылдамдығы (пайдаланушы үшін негізгі қосылымның сапасын сақтау үшін бұл параметрді шектеуге болады);
- Қолдау көрсетілетін виртуалдандыру және оркестрлеу жүйесі;
- Қолдау көрсетілетін микросервис пішімі.

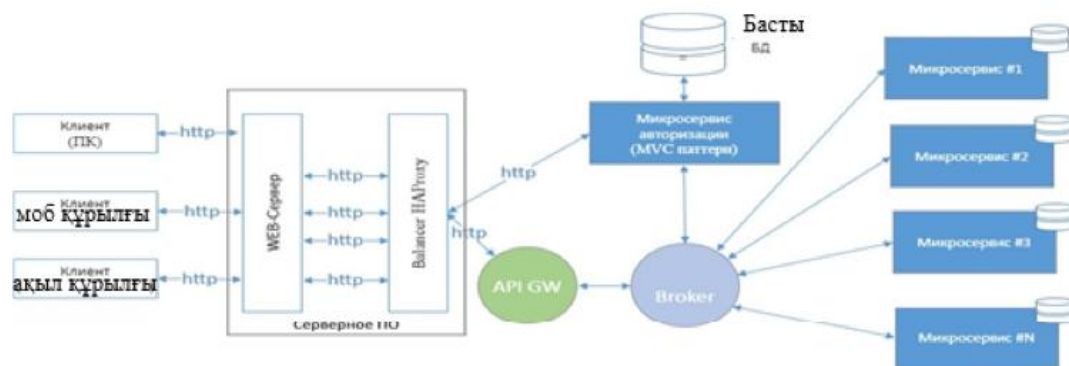
Осыдан кейін тұман аймағының негізгі сервері осы тұман құрылғысын көрсетілген параметрлермен қосу мүмкіндігін анықтайды. Оң шешім қабылданған жағдайда, тұман сервері қосылуды күтіп тұрған тұман құрылғысына растау хабарын жібереді. Бұл хабарда тұман сервері бірегей жасалған ISC (МБ, ағылшын тілінен: ішкі жүйе коды) жібереді. Бұл код тұман құрылғысы мен MEC статикалық бұлттық инфрақұрылымы арасындағы келесі өзара әрекеттесу процестері үшін қажет. Тұман аймақтарындағы тұман құрылғыларының әрқайсысын физикалық қозғалысы тұрғысынан бірегей анықтау үшін көші-қонды басқару жүйесі микросервистерін қолдану үшін.

3.3.2 Бағдарламалық қамтамасыз ету қызметіне арналған микросервис архитектурасының мысалы

Қазіргі уақытта әр түрлі қосымшалардың, платформалардың (Интернеттегі бағдарламалық өнімдер) жан-жақты өсуін және олардың пайдаланушылардың сұранысын ескере отырып, бағдарламалық жасақтаманы әзірлеудің жаңа архитектуралары өзгертіліп, ұсынылуда. Өзгерістің негізгі себептері және түбегейлі жаңа және тиімді бағдарламалық жасақтама архитектурасына қажеттілік - өнімнің қысқа мерзімде өзгеру және пайдаланушыларға жаңа функцияларды қамтамасыз ету қажеттілігі. Қазіргі заманда түпкілікті өнімдерді (пайдаланушы үшін) жасау парадигмасы өзгерді, ол ең алдымен пайдаланушының қажеттіліктерін талдауға негізделген. Ал егер өнім тұтынушыға ыңғайлы болмаса, нарықта оған орын болмайды. Осы бағытта, кез келген бизнес логикасын өзгерткен кезде бағдарламалық жасақтаманы өзгерту минималды болуы керек және жүйеде бар (ендірілген) процестерге әсер етпеуі керек. Сонымен қатар, бағдарламалық шешімдердің күрделілігімен (сөздің инженерлік мағынасында) қазіргі заманғы

және перспективалы қызметтердің бағдарламалық қамтамасыз етуіне келесі талаптар қойылады:

- Теңшеу икемділігі;
- Жылдам масштабтау (жеке функциялар да, бүкіл жүйе де);
- Тұрақтылық;
- Портативтілік (яғни, орналастыру және техникалық қызмет көрсету ортасынан тәуелсіздік);
- Қауіпсіздік;
- Бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу жылдамдығы;
- Бірнеше тәуелсіз командалармен жұмыс істеу мүмкіндігі бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу/тестілеу;
- Модульдік.



3.3-сурет – Типтік бағдарламалық жасақтаманың микросервис архитектурасының мысалы, декомпозицияның жоғары деңгейі

3.3-суретте серверлік бағдарламалық қамтамасыз ету үшін типтік микросервис архитектурасының негізгі элементтері көрсетілген. Мұнда кейбір ішкі жүйелердің және олардың негізгі функцияларының қысқаша сипаттамасы берілген:

- Баланстауыш HAProxy. Бұл бағдарламалық жасақтама моделі (прокси-сервер функцияларын орындайды), ол пайдаланушының сұрауларын қабылдайды және TCP/HTTP жүктемені теңестіру функцияларын орындайды, сондай-ақ сұраулар арасында сұраныстарды таратады.

- қосалқы жүйелер (мысалы, бағдарламалық жасақтама модульдері) серверлік бағдарламалық құралға. Бұл ретте сұрауларды әртүрлі пайдаланушы құрылғылары (мобильді қосымша, смарт құрылғы, браузер және т.б.) жасай алады.

- API GW (ағылшын тілінен – Application Programming interface Gateway). Бұл бағдарламалық жасақтама модулі жеке микросервис болуы мүмкін (немесе ол WEB серверінің бағдарламалық модулі, мысалы, Nginx Gateway болуы мүмкін), ол API микросервистерінің сыртқы пайдаланушыларынан сұрауларды қабылдау үшін бір нүкте ретінде әрекет етеді. GW API сұрауды қабылдайды және URL мекенжайы негізінде қандай микросервис оны қабылдауы және өңдеуі керектігін анықтайды. Осыдан кейін ол «Брокер» модулі арқылы микросервиске – алушыға хабарлама жібереді, жауапты күтеді және оны кері қайтарады. GW API екінші маңызды функциясы пайдаланушы сеансын жасау және қолдау болып табылады. Пайдаланушы сеансын жасау үшін әдетте әрбір жаңа пайдаланушы үшін генерацияланатын және ішкі пакеттердің тақырыбында (немесе арнайы JSON немесе XML өрісіндегі хабардың мәтінінде) жіберілетін Token құралы пайдаланылады.

- MAIN DB – қолданбаның/платформаның негізгі дерекқоры. Бұл дерекқор пайдаланушылар туралы ақпаратты және қатысты ақпаратты, сонымен қатар басқа қолданба метадеректерін сақтайды.

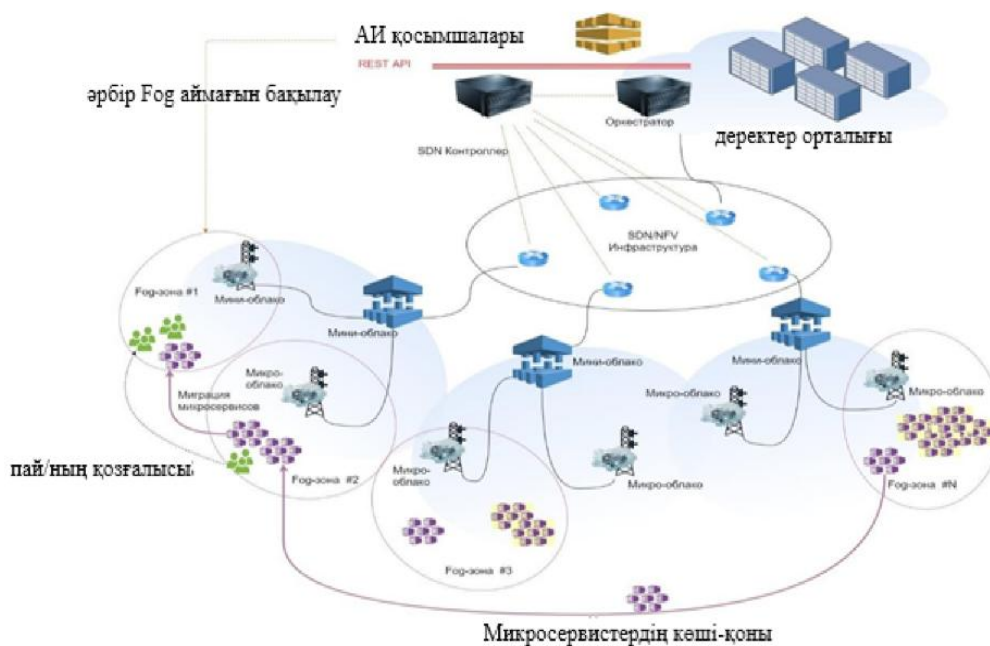
- Брокер - хабар брокері. Бұл модуль ең алдымен жүйелік модульдер арасындағы асинхронды өзара әрекетті жүзеге асыру үшін қажет. Атап айтқанда, ол жүйеде жаңа микросервистерді табу қызметінің функцияларын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Модульдің негізгі функцияларының бірі, басқалармен қатар, сұраныстарды қабылдау және алынған сұраныстарға жауаптар үшін кезектерді жүзеге асыру болып табылады. Микросервистердің әрқайсысы берілген хабарлама брокеріне, сәйкес кезектерге қосылады. Брокер сондай-ақ хабарлама тақырыптарында жіберілетін метадеректер негізінде хабарламаны бағыттау функцияларын орындайды (оның ішінде бұрын айтылғандай, авторизация таңбалаушы пайдаланушы сеансының деректері). Осылайша, белгілі бір типтегі микросервистің әрбір данасы сұрау кезегін тыңдауға жазылады және хабарламалар жинағын орындайды. Бұл жағдайда атап өту керек сұрауларды жіберу кезінде алушы микросервистің нақты данасы емес, ол тиесілі түрі болып табылады. Микросервис тәсілі шеңберінде микросервистердің әрқайсысын іске асыру микросервис өнімділігін арттыру үшін тек оның көшірілуі қажет болатындай етіп жасалуы мүмкін. Тиісінше, жеке микросервистердің немесе микросервис түрлерінің тікелей көшуі және олардың бір-бірінен географиялық қашықтықта бірлескен жұмысы мүмкін. Деректер брокері жүктемені теңестіру функциясын да қабылдайды. Бұл ретте теңгерімдеуді сұрау кезегін тыңдай отырып, микросервистердің өзі жасырын түрде жасайды. Сонымен қатар, ол ашық бастапқы (ағылшын тілінен. Open source) түріндегі қолданыстағы шешімдер брокерлердің қосымша функциялары бар екенін атап өткен жөн.

Сондай-ақ шағын жүйелерді әзірлеу кезінде брокердің, бағдарламалық шлюздің, «теңгерімші» тапсырмалары бағдарламалық өнім әзірленетін және орналастырылатын негізгі WEB серверінің қосымша модульдеріне, мысалы, Nginx

соңғы нұсқасына мүмкіндік беретінін атап өткен жөн. сияқты мүмкіндіктерді береді. Дегенмен, әртүрлі, күрделі, өнімділігі жоғары платформалар мен шешімдер үшін архитектура өз алдына, көбінесе басқа жүйелерді біріктіреді. Серверлік бағдарламалық қамтамасыз етуді жүзеге асырудың барлық архитектуралық тәсілдерінің әртүрлілігімен жеке тәуелсіз бағдарламалық модульдерді олардың «оқшауланған» ортасында іске асыруға және виртуалды машиналар немесе контейнерлер ретінде ұсынуға болатындығын атап өткен жөн. Бұл өнімділігі аз құрылғыларды «есептеу бұлты», атап айтқанда тұман құрылғылары ретінде пайдалану мүмкіндігін ашады. Сонымен қатар, есептеу қуаты үшін микросервис азырақ талап етілсе (мысалы, ламбда функциялары деңгейінде бағдарламалық жасақтаманың ыдырау деңгейі),

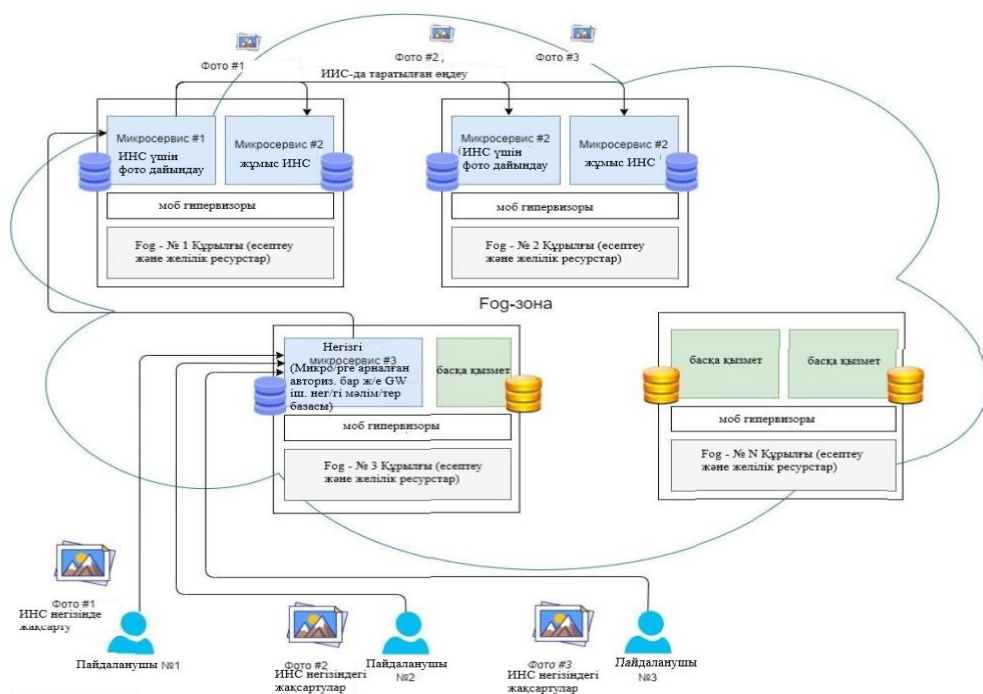
3.3.3 Жоғарыдағы өзара әрекеттесу құрылымын/қаңқасын пайдалану мысалы тұман және шеткі есептеулерт

3.4-суретте микросервис қолдауымен тұмандық және шеттік есептеулердің өзара әрекеттесуі үшін жоғарыда аталған құрылым жұмысының мысалы көрсетілген.



3.4-сурет– Концептуалды диаграмма түріндегі рамка үлгісі

3.4 - суретте ұяшықтар топтары микросервис топтарын көрсетеді. Микросервис топтарының әртүрлі түстері олар жүзеге асыратын әртүрлі қызметтерді білдіреді. Мысалы, күлгін микросервистер - бұл жасанды нейрондық желілерді немесе толықтырылған шындық қолданбасының кадрларын қолданатын фотосуреттерді өңдеуге арналған бағдарламалық қамтамасыз ету. Белгілі бір қызметке сұраныс артқанда (мысалы, толықтырылған шындық қызметі) немесе пайдаланушылар көшкен кезде микросервистер сәйкес тұман аймағына ауысады, олардың құрылғылары осы микросервистерді қабылдауға және қажетті есептеулерді қамтамасыз етуге қабілетті. желі мүмкіндіктері. Қолданушы құрылғыларында жасалған кескіндердің сапасын жақсарту үшін жасанды нейрондық желілерді қолдану арқылы пайдаланушының фото өңдеу қызметінің функционалдық диаграммасы түрінде мысал келтірейік.



3.5-сурет – Микросервис жұмысының мысалының функционалдық диаграммасы

3.5 суретте микросервис тәсілінде іске асырылған және пайдаланушы құрылғыларында түсірілген кескіндерді жақсартуға арналған функцияларды қамтамасыз ететін қызмет мысалы көрсетілген. Ұқсас қызмет Google Photos қолданбасында жүзеге асырылады. Пайдаланушы мобильді құрылғының камерасымен суретке түсіргеннен кейін, бұл сурет суретті жасанды нейрондық желімен өңдеуге дайындауға жіберетін жақын жердегі микросервиске жіберіледі (мысалы, конволюционды түрі). Әрі қарай өңделген пішінде сурет микросервисте өңделеді, онда ANN жүзеге асырылады. Бұл мысал осы шеңберде қолдануға

болатын тривиальды қызметті көрсетеді. Мысалы, неғұрлым қызықты және өзекті бағыт, егер бейне/фотоконтентті өңдеу туралы айтатын болсақ, бұл толықтырылған шындық (AR - Augmented Reality) және/немесе виртуалды шындық (VR - Virtual Reality) қолданбалары. Қолданбаның бұл түрі жоғары сапалы, жоғары ажыратымдылықтағы мазмұнды қажет етеді. Нәтижесінде оларды жіберу үшін желілік ресурстарға, сондай-ақ оларды өңдеуге арналған есептеу ресурстарына қойылатын талаптар бар - мысалы, толықтырылған мазмұнды шындыққа қабаттау. Мұндай қолданбаларда бірінші қадам виртуалды мазмұн байланыстырылған таңбалауышты анықтау болып табылады. Сонымен қатар, қоршаған орта маркер ретінде қызмет ете алады - мысалы, мұражайға кіреберіс және т.б. Сонымен қатар, фотосуреттегі объектілерді тану үшін сапалырақ болу үшін жасанды нейрондық желілерге негізделген машиналық көру шешімдері қажет. Нәтижесінде анықтауға болады адам қызметі жеткілікті үлкен желі мен есептеу ресурстарын қажет етеді. Ал таратылған тұманды динамикалық есептеулер қоршаған әлемнің орасан есептеу мүмкіндіктерін (айналадағы құрылғылардың қосындысы) қамтамасыз ету және байланыс желілерінің желілік құрамдас бөлігіне жүктемені азайту және сонымен бірге айналмалы кідірістің желілік құрамдас бөлігін азайту арқылы осы бағытты жүзеге асыруға көмектеседі. қолданбаның.

3.3.4 Бақылау және бақылау алгоритмі

Бұл жұмыста сервисті пайдаланушыларды (пайдаланушылардың сұраныстарын) жинақтау орталығын анықтаудың, сондай-ақ белгілі бір тұманды есептеу ортасының есептеу әлеуетін бір мезгілде анықтаудың өте күрделі, жүйелі міндетін қарастыру ұсынылады. микросервис тасымалданатын құрылғы. Жоғарыда аталған мәселенің шеңберінде бірқатар ішкі тапсырмаларды шешу үшін деректерді өңдеудің тиімді алгоритмдерінің жиынтығын пайдалану ұсынылады. Рамкаға енгізілген жалпы алгоритм 3.6-суретте көрсетілген.



3.6-сурет – Фреймворктің жалпы алгоритмі

Әрбір жеке бөлшек i үш вектордан тұрады: оның D өлшемді іздеу кеңістігіндегі орны $\bar{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$. Алгоритмді іске қосқан кезде бөлшектер біркелкі, бүкіл іздеу кеңістігінде кездейсоқ инициализацияланады, ал бөлшектердің жылдамдығы да кездейсоқ түрде инициализацияланады. Жасалған бөлшектер бөлшектер векторын жаңарту тендеулерінің өте қарапайым жиынтығы арқылы іздеу кеңістігі арқылы жылжытылады. Алгоритм келесі ережелерге сәйкес әрбір өлшемдегі әрбір бөлшектің жылдамдығы мен орнын жаңарта отырып, әр уақыт қадамында бүкіл үйірді жаңартады:

$$vid = vid + c_1(pid - xid) + c_2(pgd - xi); \quad (3.3.6.1) \quad xid = xid + vid \quad (3.1)$$

мұндағы c – үдеу тұрақтысы. 1 және 2 [0 ішіндегі кездейсоқ сандар; 1]; p_{id} - барлық бөлшектерден өтетін ең жақсы позиция; p_{gd} - кез келген көрші бөлшек табатын орын. Жаңарту процесі псевдокод форматында 3.3.6.1 кесте түрінде берілген алгоритмде қысқаша сипатталған.

Ғаламдық деңгейде тапсырма келесідей тұжырымдалған: микросервис көшірілуі қажет тұман түйінін таңдау арқылы қызмет көрсету уақытын сақтау қажет. Осылайша, кішірейтілген фитнес функциясы келесідей көрінеді:

Мұнда:

$$T = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \text{TimeSlot}_i$$

- T -есептелген параметр [мс],
- W_i - сәйкес параметрдің салмағы,
- TimeSlot_i - Тұман құрылғысының күйін сипаттайтын параметрлер,
- n -осындай параметрлердің саны.

Бұл дипломдық жұмыста екі параметр пайдаланылады:

- TimeSlot_1 (таралу кешігуі),
- TimeSlot_2 (микросервистің сұрауды өңдеу уақыты).

Екі параметрдің де есептік параметрге әсері бірдей болғандықтан, параметрлердің әрқайсысының салмағы (W_i) 0,5-ке тең, ал салмақтардың қосындысы 1-ден аспауы керек. Бұл параметрлер [мс]-де есептеледі, сондықтан бар анықтаудың әртүрлі домендерінің параметрлерін бағалау кезінде талап етілетіндей, оларды мәндердің бір диапазонына келтірудің қажеті жоқ.

Нәтижесінде, осы жұмыс аясында фитнес функциясы келесідей көрінеді:

$$T = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \text{TimeSlot}_i = 0.5 \cdot \text{TimeSlot}_1 + 0.5 \cdot \text{TimeSlot}_2$$

Бірінші параметр фреймворк деңгейіндегі уақыт трекері арқылы анықталады. Ал екінші параметрді құрылғы жібереді - тапсырманы өңдеу уақыты.

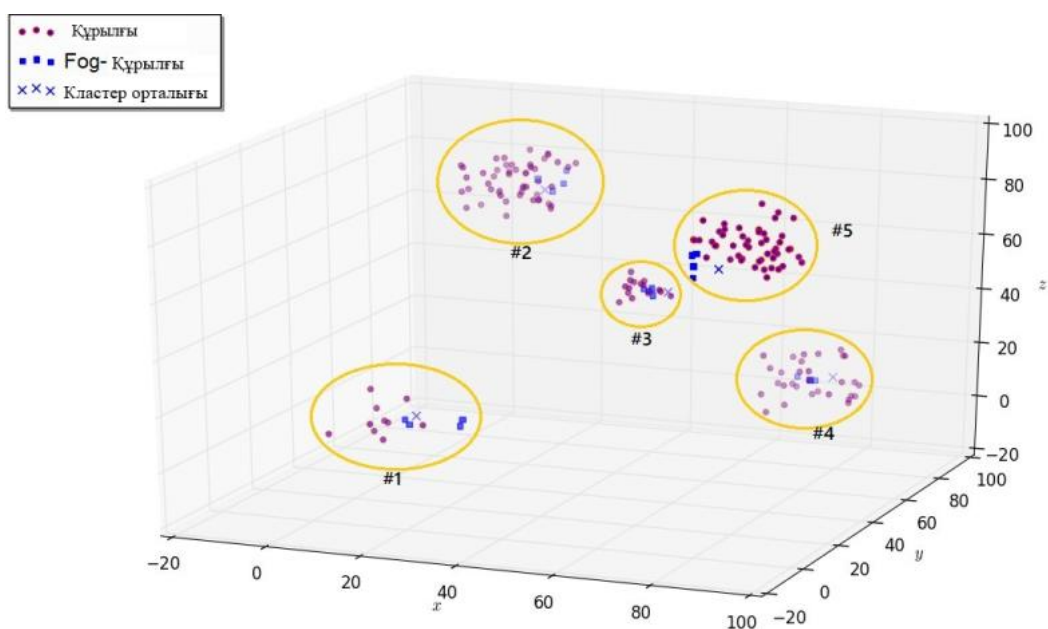
Алгоритмді имитациялау үшін Python бағдарламалау тілі мен сәйкес математикалық кітапханалар негізінде бағдарламалық модель әзірленді. Жұмыстың бірінші кезеңінде бағдарламалық модель пайдаланушы құрылғылары туралы деректерді қалыптастырды.

Пайдаланушы деректерін жасау үшін келесі енгізулер пайдаланылды:

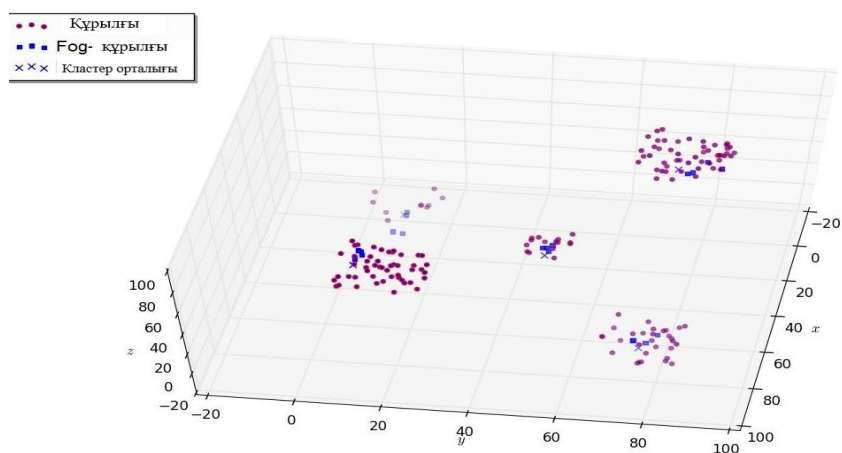
1. Пайдаланушылардың құрылған кластерлерінің саны 5-тен көп емес;
2. Ұсынылған орталықтар адамдар тобының кеңістігіндегі ең ықтимал орындар принципіне сәйкес кездейсоқ түрде таратылды.

3. Осылайша, зерттелетін аймақтардың (кластерлердің) құрылғыларының координаталары құрылды. Мұнда №1 кластерде 10 пайдаланушы құрылғысы, 2 кластерде 50, 3 кластерде 15, 4 кластерде 30 және 5 кластерде 50 пайдаланушы құрылғысы жасалды.

Ұсынылған модельдің анықтығы үшін Тұман түйіндері де жасалды. Алынған кластерлер 3.7 және 3.8-суреттерде көрсетілген. 3.7-суретте сәйкес кластерлер және олардың нөмірлері ерекшеленген.



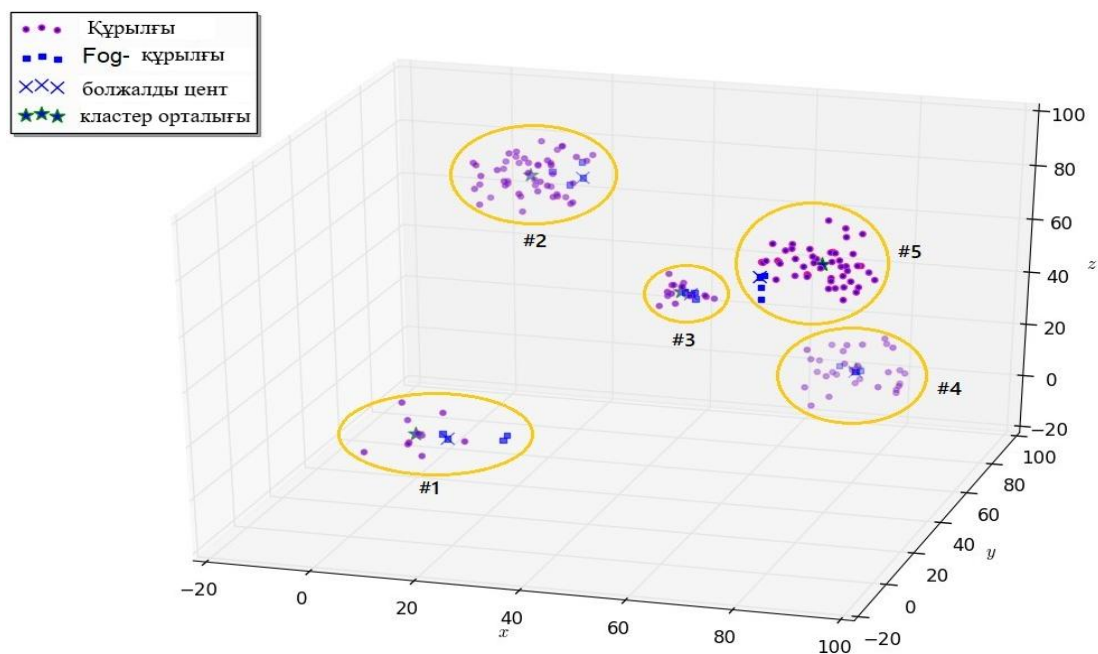
3.7-сурет – Жасалған құрылғы деректері (№1 көрініс)



3.8-сурет – Жасалған құрылғы деректері (№ 2 көрініс)

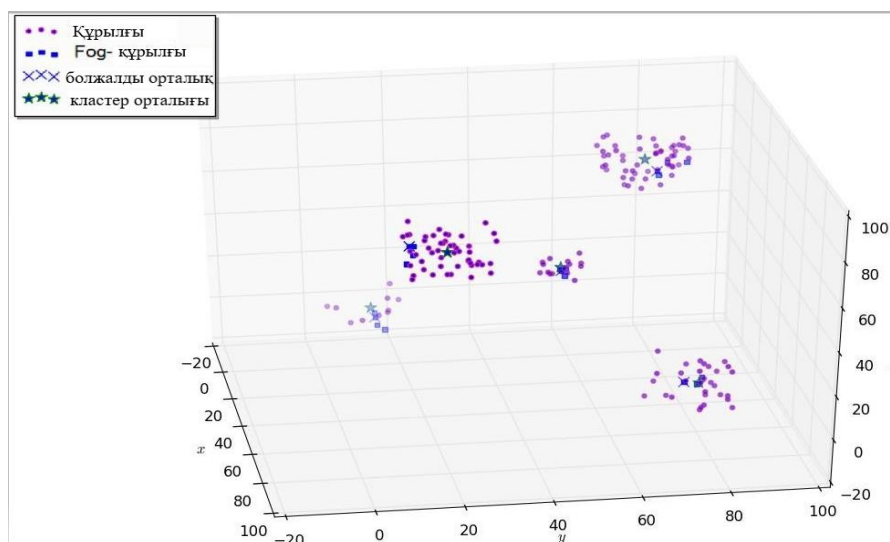
Алынған деректерді сипаттайық: практикалық модель (нақты әлем) тұрғысынан №1 және №4 кластерлер ғимараттың бірінші қабаттарындағы фаст-фуд кафесіндегі пайдаланушылардың, сондай-ақ үйдегі пайдаланушылардың жинақталуын көрсетеді. кеңсе ғимаратының келесі қабаттары. 2, 3 және 5 нөмірлі кластерлер сонымен қатар кеңсе ғимаратының жоғарғы қабаттарында пайдаланушылардың жинақталуын көрсетеді, мұнда, мысалы, ашық жұмыс орындары бар, бұл іс жүзінде бір шаршы метрге адамдардың жоғары тығыздығын білдіреді. Немесе сауда орталығының/кешеннің сауда алаңы.

К-орташа алгоритмін модельдеу кезеңінде теорияға сәйкес бастапқы пайдаланушы орталықтары да анықталды (яғни мүмкін орталықтар – пайдаланушылардың ықтимал жинақталуының стохастикалық нүктелері). Модельдеудің келесі кезеңінде К-орталар алгоритмі масса центрін (пайдаланушы кластерлерінің центрі), сондай-ақ олардың орналасуына қатысты дисперсия радиусын анықтайды.



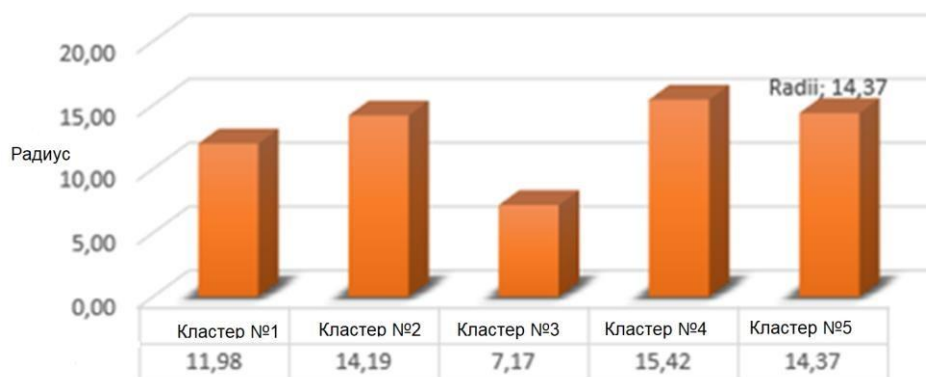
3.9-сурет – К-орталар алгоритмінің нәтижесі (№1 деректер түрі)

К-орталар алгоритмі арқылы есептелген кластер орталықтары 3.9 және 3.10-суреттерде жасыл жұлдыздар ретінде көрсетілген. Пайдаланушы құрылғылары күлгін нүктелер ретінде көрсетіледі және алгоритмнің басында стохастикалық түрде анықталған болжамды кластер орталықтары көк кресттер болып табылады.



3.10-сурет – К-орталар алгоритмінің нәтижесі (No2 деректер түрі)

Модельдеу нәтижесінде кластерлік орталықтар (3.9, 3.10-суреттер), сондай-ақ олардың радиустары анықталды. Орталықтар тұтас жұлдыздар ретінде көрсетілген. Есептелген кластер радиустары туралы мәліметтер гистограммада көрсетілген (3.11-сурет).



3.11-сурет – Кластердің радиустары

Есептеулер негізінде ең кіші кластер 15 пайдаланушы құрылғысы (яғни пайдаланушылардың өзі) бар No3 кластер, ал ең үлкені 30 құрылғы бар No4 кластер екенін анықтай аламыз. Бұл жағдайда құрылғылардың өздерінің тығыздығына қатысты бір м² кеңістікке қатысты №5 кластер пайдаланушы құрылғыларының саны бойынша ең тығыз және сонымен бірге ол айтарлықтай жақын екенін атап

өткен жөн. Қашықтыққа қатысты пайдаланушылардың ең үлкен дисперсиясы бар 4-ші кластер.

Микросервис(тердің) кейінгі тасымалдауы үшін Тұман құрылғысын анықтаудың екінші алгоритмін модельдеу.

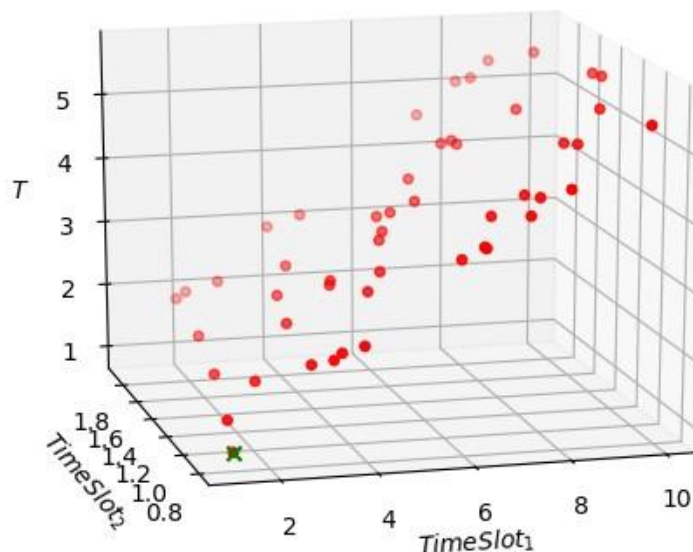
Үйірді оңтайландыру алгоритмін (PSO) имитациялау үшін Python бағдарламалау тілінде сәйкес бағдарламалық жасақтама кітапханалары мен фреймворктары бар бағдарламалық жасақтама үлгісі әзірленді, мысалы: NumPy, Pandas, Matplotlib, Math және т.б.

Пайдаланушы құрылғылары туралы ақпаратты генерациялауға арналған бастапқы деректер бағдарламалық жасақтаманың бірінші моделінен алынды.

5-ші кластерде 50 құрылғы бар, олардың әрқайсысы келесі шектерде құрылған уақытша параметрлерді қоса алғанда, параметрлер жиынтығымен сипатталады:

$$TimeSlot_1 \in [0,5, 10] \text{ ms}, TimeSlot_2 \in [0.2, 2] \text{ ms}$$

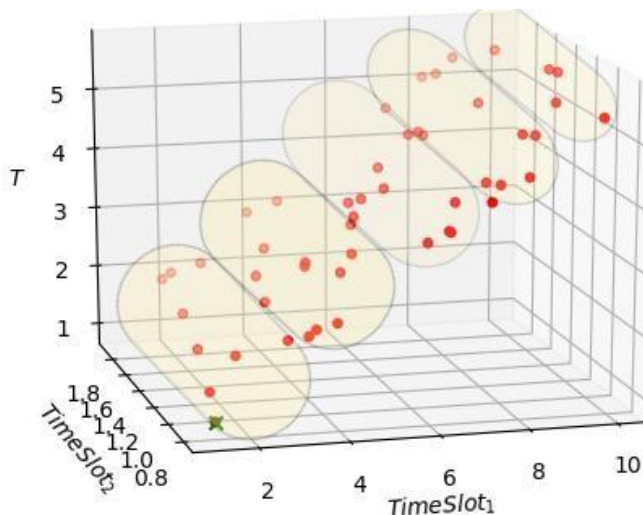
PSO алгоритмінің нәтижесі 13-ші Тұман құрылғысы бар екенін көрсетті көрсеткіштері $TimeSlot_1 = 1.18$ [ms], $TimeSlot_2 = 0.76$ [ms] үшін қажетті ең аз орын және фитнес-функция әрі қарай 0.97 болып табылады.



3.12-сурет – Фитнес функциясының есептеу деректерінің визуализациясы және үйір барлау алгоритмінің модельдеу нәтижесі – PSO

Бұл құрылғының нүкте түріндегі көрсеткіштері 3.12-суретте жасыл крестпен белгіленген. Сондай-ақ, бұл график әрбір Тұман құрылғысы үшін есептелген деректерді көрнекі түрде көрсетеді (тиісті шектеулер шегінде жасалған деректер және сәйкес фитнес функциясының мәні).

Алынған нәтижелерге қосымша ретінде, фитнес функциясының мәндеріне сүйене отырып, бір Тұман аймағының Тұман құрылғыларының жиынтығын микро кластерлерге бөлуге болатынын атап өткен жөн. Әрбір микрокластер қызмет көрсету үшін қажетті сапа көрсеткіштеріне жауап бере алады. Мұндай бөлудің мысалы, түсінікті болу үшін 3.13-суретте көрсетілген – мұнда «микрокластерлердің» әрқайсысы сәйкес қызметтің сәйкес шегінде айнымалы сапаның қажетті деңгейін қамтамасыз етеді. Микрокластерлер 3.12-суретте бежевий сопақшалар түрінде көрсетілген.



3.13-сурет – Тұман аймағын қызмет көрсету микрокластерлеріне бөлу

Бұл бөлу ұсынылатын қызметтің сапасын сақтай отырып, микросервистерді кейіннен көшіру үшін Тұман аймағында Тұман құрылғыларын таңдау алгоритмдерінің оперативті жұмыс істеуі мақсатында ұсынылған шеңбер шеңберіндегі мониторинг және басқару жүйелері үшін виртуалды болып табылады.

3.4 Микросервиспен функцияның орындалу уақытына қатысты Fog құрылғысын таңдау алгоритмін қолдану әсерін бағалау

Үйір алгоритмін қолданудың әсерін бағалау үшін біз келесі есептеулерді орындаймыз.

Параметрлер ретінде мыналар қабылданады:

- $TimeSlot1$ (таралу кешігуі);
- $TimeSlot2$ (микросервистің сұрауды өңдеу уақыты).

Модельдеу нәтижесінде 13-ші құрылғыда осы параметрлердің ең аз мәндері бар екені анықталды: $TimeSlot_1 = 1.18$ $TimeSlot_2 = 0.76[ms]$, мұнда функцияның орындалу уақытын осы параметрлердің қосындысы арқылы бағалауға болады.

$$T_{\text{функция}} = TimeSlot_1 + TmeSlot_2;$$

Осылайша, белгілі бір Тұман құрылғысындағы функцияның ең аз орындалу уақыты:

$$T_{\text{функция min}} = 1,18 + 0,76 = 1,94 \approx 2[мс];$$

Дегенмен, құрылғылардың барлық жиынтығынан Тұман құрылғысын таңдау бірдей ықтимал болса (қарастырылып отырған Тұман аймағында – 50 құрылғы), онда функцияның орындалу уақытын T_{fuct} орташа мәнімен бағалауға болады. келесі формула бойынша параметр:

$$T_{\text{функция min}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N TimeSlot_{1i} + TimeSlot_{2i} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{\text{функц}_i}$$

Жоғарыдағы үлгідегі жасалған деректерді ескере отырып, функцияның Тұман аймағындағы құрылғыларға тең ықтималды таралуы бар микросервистің функцияның орташа орындалу уақыты болып табылады. $T_{\text{функц}_{\text{срд}}} = 6,43[мс]$

Алынған минималды функцияның орындалу уақытының қатынасы арқылы микросервистің функцияның орындалу уақытына қатысты Тұмандық құрылғыны таңдау алгоритмін қолдану әсерінің нүктелік бағасын жасаймыз.

$microservice$ $T_{\text{функцмин}}$ орташа орындау мәніне дейін, құрылғының тең ықтимал таңдауы жағдайында $T_{\text{функцсрд}}$.

$$\frac{(T_{\text{функцмин}} \cdot 100\%)}{T_{\text{функцсрд}}} = 30,90\%$$

Осылайша, ұсынылған шеңберде үйірлік барлау алгоритмін (PSO) пайдалану ресурстарды ұтымды бөлу есебінен микросервис функциясының орындалу уақытын 70%-ға дейін қысқартуы мүмкін деген қорытынды жасауға болады.

4 Бағдарламалық желілерді басқарулар

4.1 Бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілік контроллерлерді бақылау мәселесі

Ұсынылатын қызметтердің сапасына жеткілікті жоғары талаптарды қамтамасыз ету үшін, оның ішінде өте төмен кідіріс және ультра сенімді байланыс желілері сияқты желілер класында 5G/IMT-2020 басқару жүйелерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету қажет. және келесі буын байланыс желілері. Осы дипломдық жұмыстың 1-тарауында айтылғандай, халықаралық электрбайланыс одағының ұсынымдарына сәйкес негізгі желілердің негізгі желілік технологиялары бағдарламалық қамтамасыз етуді анықтаған желі (SDN) және желілік функцияларды виртуалдандыру (NFV) технологиялары болып табылады. SDN-де негізгі функционалды элемент болып өзара әрекеттесу логикасы мен хаттамаларын жүзеге асыратын контроллер табылады. SDN қосқыштарын басқаруға арналған OF-Config және OpenFlow сияқты хаттамаларды қоса. Желілік функцияны виртуалдандыру жүйелерінде бұл элемент NFV оркестрі болып табылады.

Нәтижесінде, бағдарламалық құралмен анықталған желі контроллерінің мониторингін ұйымдастырудың осы әдісінің жоғарыда аталған кемшіліктерін ескере отырып, бағдарламалық құралмен анықталған желі контроллерлеріне жүктемені талдау және болжау үшін жаңа әдісті әзірлеу міндеті тұр. Бұл дипломдық жұмыста SDN контроллеріне жүктемені бақылау және болжау үшін жаңа әдісті ұсынады, ол тек OpenFlow коммутаторларынан бағдарламалық құралмен анықталған желі контроллеріне келетін қызмет ағындарының сомасының метадеректер талдауына негізделген. Бұл әдіс жоғарыда аталған проблемаларды/кемшіліктерді, соның ішінде бағдарламалық құралмен анықталған желі контроллері орналастырылған аппараттық және операциялық жүйеге тәуелділік мәселесін шешеді.

4.2 Жасанды интеллект технологиялары негізінде бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілердің контроллерлеріне жүктемені болжау әдісін әзірлеу

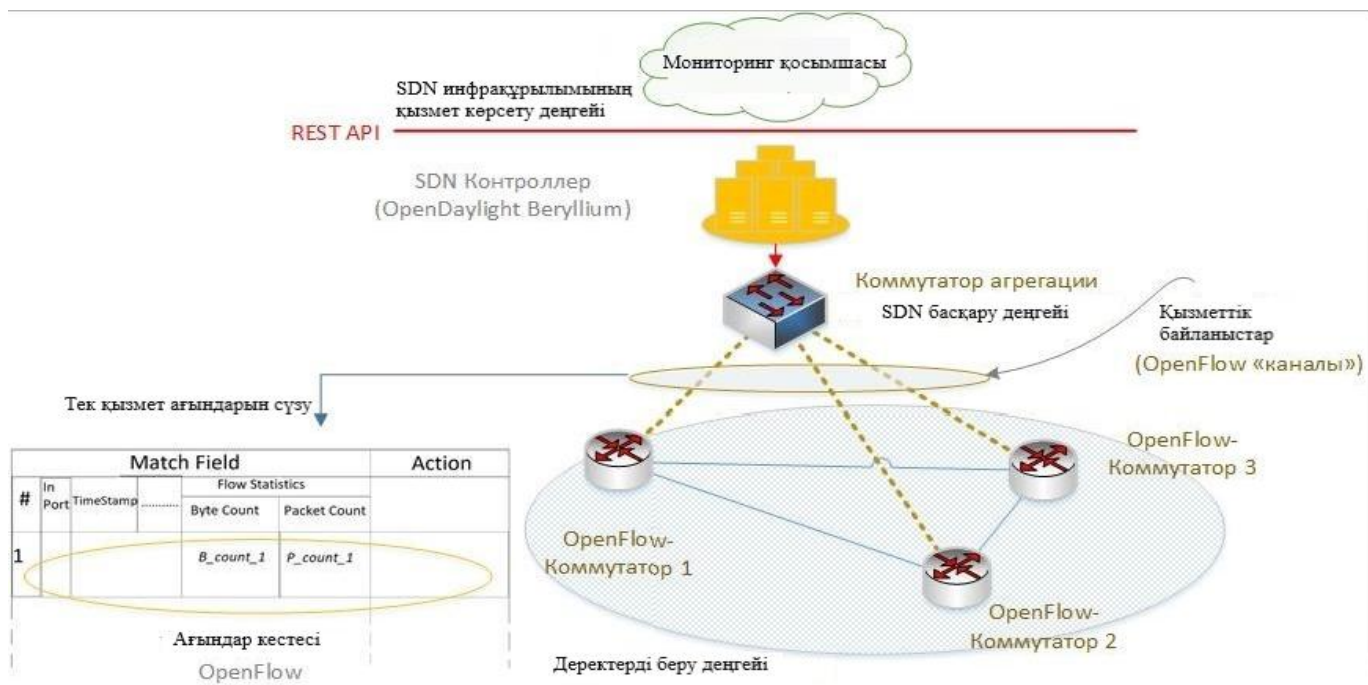
4.2.1 Зерттелетін әдіс пен модельдің сипаттамасы

Қазіргі уақытта бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілік технологияларды дамытуда контроллерді тестілеудің әртүрлі әдістерін, соның ішінде стресс-тестілеу деп аталатындарды зерттеуге және дамытуға бағытталған көптеген жұмыстар бар. Жоғарыда атап өтілгендей, бұл дипломдық жұмыста тек OpenFlow қызмет ағындарының тобына арналған метадеректердің мониторингі мен

интеллектуалды талдауы арқылы SDN контроллерінің жүктеме мониторингін енгізу мүмкіндігі қарастырылады. Ұсынылған тәсілдің өнімділігін тексеру үшін SDN деректерді беру деңгейінде жұмыс істейтін «Сұраныс бойынша бейне» қызметі жұмыс істейтін архитектурасы 1-тарауда берілген бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желі үлгісі пайдаланылды.

Бір бөлігі OpenFlow қызмет ағынының белсенділігін болжау модулі болып табылатын аналитикалық жүйе (бұдан әрі – желілік қызмет қосымшасы) MVC (Model-View-Controller) негізінде жұмыс істейтін WEB сервері ретінде Python бағдарламалау тілінде әзірленген.) дизайн үлгісі. Бұл бағдарламалық жасақтама модельдік зертхана желісінің SDN контроллерінің солтүстік API жоғарғы жағында жұмыс істейді.

OpenDaylight Beryllium SR4 осы модель желісінде SDN желі контроллері ретінде пайдаланылады. Деректерді тасымалдау қабаты OpenFlow протоколының 1.0 нұсқасын қолдауымен Mikrotik қосқыштары негізінде құрастырылған. Сегменттің жалпы архитектурасы 4.1 суретте көрсетілген. Модельдік желінің негізгі элементтерінен басқа, бұл суретте зерттеу объектілері мен олардың параметрлері де (OpenFlow құрылымы негізіндегі метадеректер – кестелер) көрсетіледі.



4.1-сурет – Зерттеу объектілері бар сегмент архитектурасы

Зерттелетін деректер жиынын (ағылшын тілінен - Data Sets) қалыптастыру үшін мониторинг қолданбасы солтүстік API арқылы бағдарламалық құралмен анықталған желінің контроллеріне секунд сайын REST сұрауларын жібереді. Келесі

кезең алынған ағын кестелерін қосымша сүзу болды, осылайша қосымша деректер өңдеуге тек OpenFlow қызмет ағындарына жіберілді. Әрі қарай өңделген деректер жиынтығы аналитикалық модельдерді құру үшін деректер жиынын қалыптастыру үшін қажетті қосымша өңдеуден өтті, олардың сипаттамасы кейінірек осы дипломдық жұмыста берілген.

Бұрын (2-тарау) біз SDN қосқышының ағындар кестесінің екі жаһандық бөлігіне, атап айтқанда Сәйкестік өрісі мен әрекеттерге негізделген ағын метадеректерін құрастыру мүмкіндігін байқадық (4.1 суретті қараңыз). Бұл деректердің маңызды ерекшеліктерінің бірі «Байт саны» және «Пакет саны» есептегіштері негізінде ағындағы пакеттің нақты ұзындығын дәл анықтау мүмкін емес. Уақыттың бір сәтінде есептегіштер тең болуы мүмкін болғандықтан: «Байт саны» -1500, «Пакет саны» - 3. Сәйкесінше, осы деректерге сүйене отырып, ағында тіркелген пакеттердің әрқайсысының ұзындығын дәл анықтау мүмкін емес. белгілі бір уақыт аралығында: $\Delta T = 1$ [With].

Сондай-ақ есептегіштер [Байт саны], «Пакет саны»] параметрлерінің жалпы мәнін көрсететінін атап өткен жөн. Дегенмен, осы есептегіштерден басқа, SDN қосқыштарының ағындарының кестесінде уақыттың әр сәтінде [Байт_саны_дәулет] және [Пакет_саны] лездік мәнін бағалауға мүмкіндік беретін тағы бір "Уақыт белгісі" параметрі бар. Осылайша, [Байт саны], [Пакет саны], [Уақыт белгісі] мәндерінің үлгілеріне ие кез келген ΔT уақыт кезеңі үшін белгіленген деректер құрылымы бар деректер жинағын құрастыруға болады, мұнда әрбір үлгі көрсетеді [Байт_саны_делта] және [Пакет_саны] лездік мәні. [Байт саны], [Пакет саны], [Уақыт белгісі] мәндерінің саны REST API арқылы SDN желі контроллеріне әрбір секундтық сұраулар арқылы қалыптасады. DataSetRQ құрылымы «шикі» деректермен (4.1) және формуламен (4.2)

PacketCount_delta PCdelta болсын

$$\text{ByteCount_delta} - \text{BCdelta}, a$$

$$\text{TimeStamp_deltas} - \text{TS} = 1 [\text{sec.}] = \text{const}$$

$$\text{DataSet}_{RQ} = \begin{matrix} & [\text{TimeStamp}] & [\text{ByteCount}] & [\text{PacketCount}] \\ \text{TimeStamp}_{11} & \text{Byte_Count}_{12} & \text{Packet_Count}_{13} \\ \text{TimeStamp}_{21} & \text{Byte_Count}_{22} & \text{Packet_Count}_{23} \\ \dots & \dots & \dots \\ \text{TimeStamp}_{N1} & \text{Byte_Count}_{N2} & \text{Packet_Count}_{N3} \end{matrix}$$

$$\text{DataSet}_{ML} = \begin{matrix} & TS & BC_{\text{delta}12} & PC_{\text{delta}13} \\ TS & BC_{\text{delta}22} & PC_{\text{delta}23} \\ \dots & \dots & \dots \\ TS & BC_{\text{delta}N2} & PC_{\text{delta}N3} \end{matrix}$$

Бұл ретте жиынтық үшін параметрлердің жалпы мәндерін есептеу

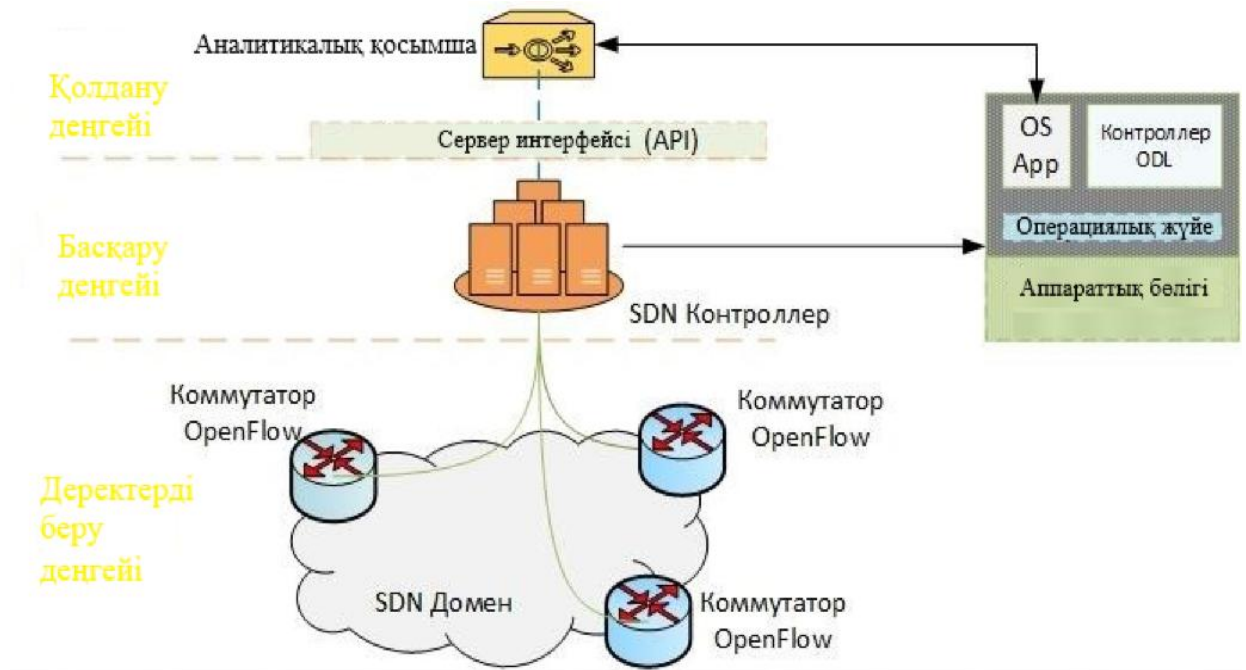
$$\text{ByteCount}_{\Delta T} = \sum_{N=1}^{N=\Delta T/TS} BC_{\text{delta}N2} \quad (4.1)$$

$$\text{PacketCount}_{\Delta T} = \sum_{N=1}^{N=\Delta T/TS} PC_{\text{delta}N2} \quad (4.2)$$

Ішінара, жоғарыда көрсетілген деректер құрылымдары осы дипломдық жұмыстың 2-тарауындағы трафикті сәйкестендіру әдісі аясында ұсынылғандарға ұқсас, дегенмен ағымдағы құрылымдар бағдарламалық құралмен анықталған желілерде басқару жазықтығы ағындарын сипаттайды. Ал 2 тарауда қарастырылған ағындар пайдаланушы деректерін тасымалдау деңгейінде.

Осы зерттеулердің бөлігі ретінде бастапқыда OpenFlow ағындарының белсенділігі (метадеректердегі өзгерістер) мен SDN контроллерінің аппараттық құралдарына жүктеменің өзгеруі арасындағы байланыстың болуын тексеру қажет болды.

4.2-суретте стендтің принциптік схемасы көрсетілген.



4.2-сурет – Стендтің негізгі сұлбасы

OpenFlow қызмет ағындарының белсенділігіндегі өзгерістер (метадеректердегі өзгерістер) мен SDN контроллерінің аппараттық құралдарына жүктеме арасындағы байланысты тексеру үшін «OS App» және «Аналитикалық қолданба» екі қосымшасы әзірленді. "OS App" - OpenDaylight Beryllium SR4 SDN

контроллері орналастырылған Linux операциялық жүйесіне арналған серверлік қолданба. Бұл қолданба жүйелік утилиталар арқылы Linux Ubuntu операциялық жүйесінен аппараттық құрал параметрлерінің мәндерін (процессордың өзегі, жедел жады) сұрайды.

Көрсеткіш мәндері осы қолданбаның REST API арқылы қызмет желісі арқылы үшінші тарап қолданбаларына қол жетімді. «Аналитикалық қосымша» - бұл қосымша сервер ретінде де әзірленген, бірақ REST API контроллерінің солтүстік интерфейсінің жоғарғы жағында жұмыс істейді. Бұл қолданба, басқалармен қатар, "OS қолданбасынан" API арқылы басқарушы ұшақтың қызмет көрсету желісі арқылы параметр мәндерін сұрайды және соңында олардың тәуелділігін бағалау үшін параметр деректерінің жинағын жасайды.

Параметрлер арасындағы байланысты бағалаудың қолданыстағы математикалық әдістерін талдағаннан кейін көп параметрлі корреляциялық талдауды қолдану ұсынылды.

Көп айнымалы корреляциялық талдау теориясына сәйкес, салыстыруға арналған деректер қатары анықталады және кейіннен типтік U-матрицаға келтірілетін көпөлшемді деректер матрицасы (X) қалыптасады. Айта кету керек, мұндай матрицаның жолдары (көрсетілмеген) бір экспериментте объектілердің барлық байқалатын параметрлерін (OpenFlow ағыны және SDN контроллерінің аппараттық құралы) тіркеу нәтижелеріне сәйкес келеді, ал бағандарда бақылау нәтижелері бар. барлық эксперименттерде бір параметр (фактор). Қатарларды анықтау үшін параметрлер санын m , мұндағы ($m > 1$), ал бақылаулар санын n деп белгілейік. Матрицада x_{ij} элементі i -ші бақылаудағы j -ші параметрдің мәніне сәйкес келеді. Бұл жағдайда кейбір элементтердің бос мәндерінің болуына рұқсат етіледі, мысалы, параметр мәндерін тіркеу кезінде жіберілген кемшіліктерге байланысты туындауы мүмкін. Осы зерттеу тапсырмасы аясында параметрлерді тіркеу секунд сайын орын алады. Дегенмен, көп өлшемді талдау үшін жетіспейтін мәндерді жойған жөн.

Мұны істеу үшін екі тәсіл бар: матрицаның сәйкес жолдарын жою немесе жетіспейтіндердің орнына орташа мәндерді енгізу. Бұл дипломдық жұмыста кіріс деректер қатары жетіспейтін мәндердің орнына орташа мәндерді енгізу механизміне негізделген тікелей корреляциялық талдау алдында қалыпқа келтірілген.

X матрицасын өңдеудің келесі әдістері келесі болжамға негізделген: егер зерттеу объектісі жаңа сараптамаға ұшырап, басқа деректер матрицасы алынса, оны сол әдістермен өңдегеннен кейін нәтижелерге жақын нәтижелер алынады. бірінші матрица алынады. Бұл болжам матрицаның қалыптасуының статистикалық гипотезасына негізделген.

Осылайша, көп айнымалы талдауда зерттеу объектісі соңғы өлшемді таңдамамен ұсынылған көп айнымалы кездейсоқ шама болып табылады. Сондай-ақ зерттеу объектісін сипаттайтын параметрлердің әртүрлі физикалық мағыналары

бар екенін және таңдалған параметрлер өлшенетін шкалалар өзгерсе, деректер матрицасы айтарлықтай өзгертінін атап өткен жөн. Тиісінше, деректер матрицасы стандартты пішінге дейін азаяды, яғни параметр мәндері (опция) стандартталған. Жоғарыда айтылғандай, стандартталған матрица U арқылы белгіленеді.

$DataSetML$ матрицасы негізінде құрылған бірқатар параметрлерге сәйкес X матрицасы келесідей көрінеді:

$$X = \begin{array}{cccc} & \text{ByteCount} & \text{PacketCount} & \text{CPU} & \text{RAM} \\ & x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} \\ & x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} \\ & x_{31} & x_{32} & x_{33} & x_{34} \\ & x_{i1} & x_{i1} & x_{i3} & x_{i4} \end{array}$$

Ағынның таңдалған параметрлері (4.1) және контроллер жүктемесі туралы қосымша деректер негізінде құрылған X матрицасын әрқайсысының пайыздық қатынасында стандартталған U матрицасына түрлендіру келесідей жүзеге асады:

Әрбір зерттелетін $j = 1, 2, \dots, 4$ параметрі үшін салмақты бағалаулар келесі формула бойынша есептеледі:

$$u_{ij} = \frac{(x_{ij} - \mu_1(x_j))}{\sigma(x_j)}$$

1. (4.2) формула келесі екі параметрді пайдаланады, атап айтқанда математикалық күту $\mu_1(x_j)$ және дисперсия $\delta^2(x_j)$, олар келесі формулалар арқылы есептеледі:

$$\mu_1(x_j) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (4.3)$$

$$\mu_2(x_j) = \delta^2(x_j) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \mu_1(x_j))^2 \quad (4.4)$$

Осылайша, “ u_{ij} ” элементтерін есептеп, келесі өңдеу объектісіне айналатын- U матрицасы құрастырылады.

Жалпы факторлардың әсері, сонымен қатар зерттелетін объектілердің мінез-құлқындағы объективті заңдылықтардың болуы тек статикалық тәуелділік деп аталатын нәрсенің пайда болуына әкелетінін атап өткен жөн. Тәуелділік статикалық деп аталады, онда шамалардың біреуінің өзгеруі басқалардың таралуының өзгеруіне әкеп соғады және бұл шамалар белгілі бір ықтималдықпен белгілі мәндерді қабылдайды.

Осылайша, корреляциялық тәуелділік әртүрлі параметрлермен анықталады, олардың ішінде ең көп қолданылатын көрсеткіштер екі кездейсоқ шаманың (жұпталған көрсеткіштер деп аталатын) байланысын сипаттайды:

- корреляция моменті,
- корреляция коэффициенті.

Екі x_j және x_k нұсқаларының корреляциялық моментін (ковариация коэффициентін) бағалау бастапқы-Х матрицасынан есептеледі:

$$\xi_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \mu_1(x_j)) (x_{ik} - \mu_1(x_k)) \quad (4.5)$$

Нормаланған кездейсоқ шамалардың p_{jk} ковариация коэффициенті корреляция коэффициенті деп аталады және оның бағасы келесі формула бойынша есептеледі:

$$p_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \mu_1(x_j)) (x_{ik} - \mu_1(x_k)) \quad (4.6)$$

Осылайша, бұл тапсырмада (қызмет ағындарының белсенділігі мен SDN контроллерінің жүктемесі арасындағы байланысты зерттеу) аналитикалық қолданба келесі көрсеткіштерді есептейді.

Біз келесі конвенцияларды қабылдаймыз:

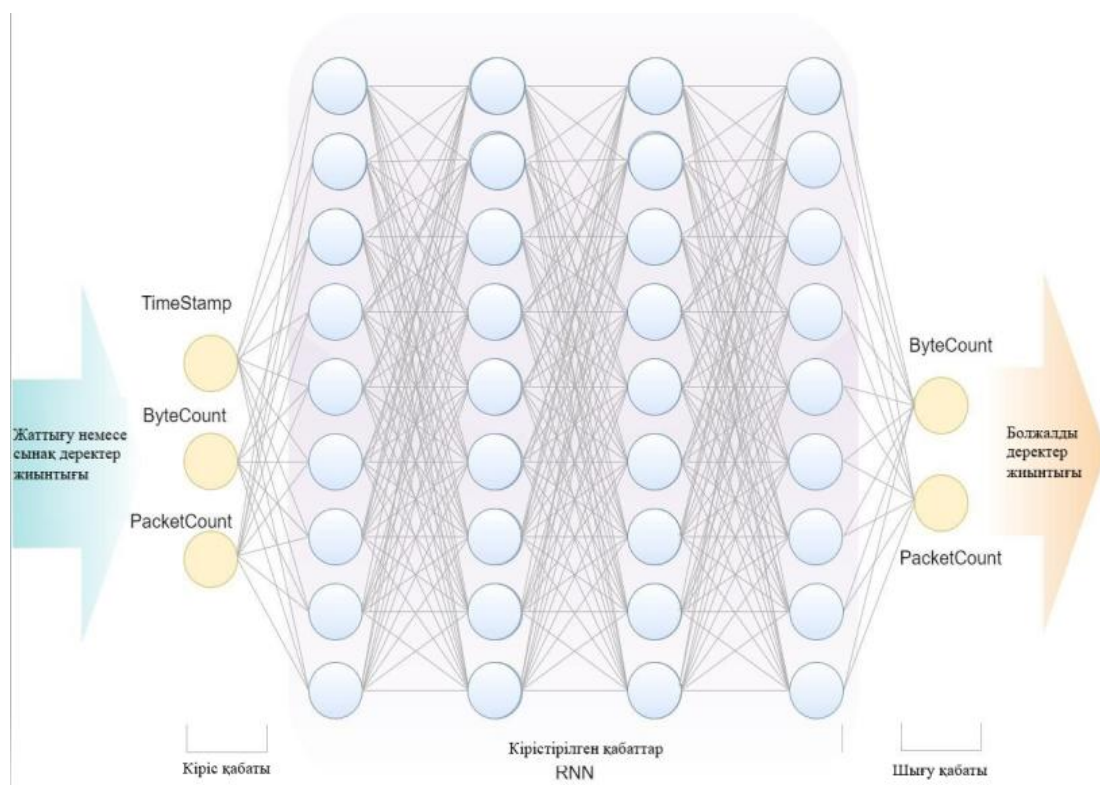
- ByteCount-BtCt;
- PacketCount-PcCt;
- CPU мәні - CPU;
- RAM мәні – Ram.

$$\xi_{(1 \times 4)x} = \begin{vmatrix} \text{BtCt|PcC} & \text{BtCp|Cpu} & \text{BtCp|Ram} & \text{PcCt|Ram} \\ \xi_{(1 \times 1)} & \xi_{(1 \times 2)} & \xi_{(1 \times 3)} & \xi_{(1 \times 4)} \end{vmatrix} \quad (4.7)$$

$$\xi_{(1 \times 4)u} = \begin{vmatrix} \text{BtCt|PcC} & \text{BtCp|Cpu} & \text{BtCp|Ram} & \text{PcCt|Ram} \\ \xi_{(1 \times 1)} & \xi_{(1 \times 2)} & \xi_{(1 \times 3)} & \xi_{(1 \times 4)} \end{vmatrix} \quad (4.8)$$

Матрицаларда (4.7, 4.8) бірінші жолда сәйкес көрсеткіш (корреляциялық момент немесе коэффициент) есептелетін параметрлердің арақатынасы көрсетіледі.

Жасалған ANN архитектурасы 4.4 суретте көрсетілген.



4.4-сурет – INS архитектурасы

Нейрондық желі тұрақты ұзындықтағы деректерді кіріс ретінде алады, бұл үшін бастапқы деректер жиынтығы 200 жолдан тұратын сегменттерге бөлінеді. Сондай-ақ бастапқы деректер жиынтығы екі деректер жиынына бөлінеді: оқу және практикалық (тест), 8:2 қатынасында. Нейрондық желінің архитектурасы толық рекуррентті және әрқайсысы 10 нейроннан тұратын нейрондардың 4 толық қосылған кірістірілген деңгейін қамтиды (4.4-сурет).

Жасанды нейрондық желінің оқыту параметрлері:

- Оңтайландырушы: Адам
- Дәуір саны: 20
- Итерациядағы үлгілер саны: 1024
- Оқу жылдамдығы: 0,0025.

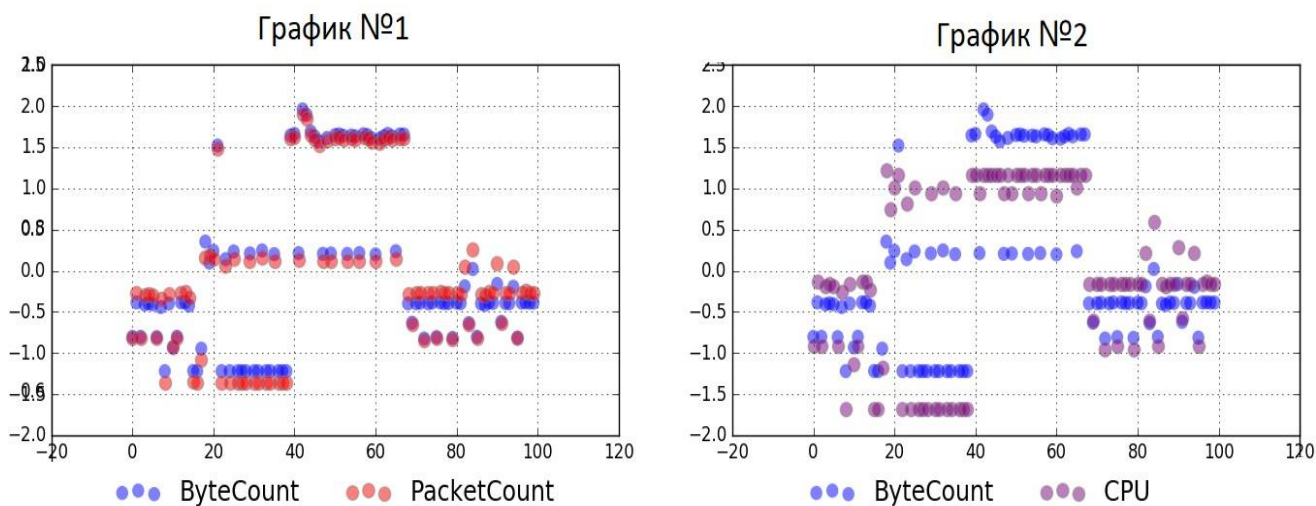
4.2.2 Тест нәтижелері

Бағдарламалық қамтамасыз етілген желі контроллеріне жүктемені бақылау және болжау үшін ұсынылған әдісті тәжірибелік сынақтар екі кезеңге бөлінеді. Бірінші кезең SDN коммутаторларынан контроллерге және сәйкесінше оның аппараттық құралдарына OpenFlow сервистік хабарламаларының ағын белсенділігінің (метадеректердегі өзгерістер) тікелей әсері туралы белгіленген

гипотезаны растау үшін зерттеу жүргізу болып табылады. Практикалық сынақтардың екінші бөлігі бірінші бөлімнің оң нәтижелерімен OpenFlow қызмет ағындарының белсенділігін бақылау және болжау мақсатында Жасанды нейрондық желіні әзірлеу және оқыту болып табылады.

Математикалық әдісті таңдауды негіздеу кезінде бұрын атап өтілгендей, корреляциялық моменттің белгілі бір ерекшелігі бар, атап айтқанда, екі шаманың корреляция деңгейін толық бағаламайтын тәуелсіз шамалардың өлшем бірліктеріне тәуелді.

Ол үшін бастапқы матрица жоғарыда көрсетілген формулаларға сәйкес нормаланған пішінге келтіріледі. Осы матрицаның негізінде бір-біріне қатысты өлшенген бағалардың таралуының шашыраңқы сызбасы да құрылды. Алынған график жалпы деректер жиынынан алынған 100 мән үлгісіне құрастырылған және 4.5-суретте көрсетілген.



4.5-сурет – Салмақталған рейтингтерді бөлудің шашырау графигі

4.5 суретте ByteCount және CPU жүктемесі арасындағы қатынасқа қатысты ең қызықты нәтижелер көрсетілген. 1-график параметрді бағалау мысалы үшін тікелей байланысты екі параметр арасындағы табиғи қатынасты көрсетеді. 4.5-суреттің 2-графикі өзгерістердің тәуелділігі тұрғысынан бағалауды қажет ететін әртүрлі параметрлердің өлшенген бағалауларының үлестірілуін көрсетеді және №2 графикке сәйкес ByteCount өзгерістері арасында байланыс бар деп қорытынды жасауға болады. қызмет көрсету ағындарының қосындысының параметрі және бағдарламалық құралмен анықталған контроллер желілерінің орталық процессорындағы жүктеме.

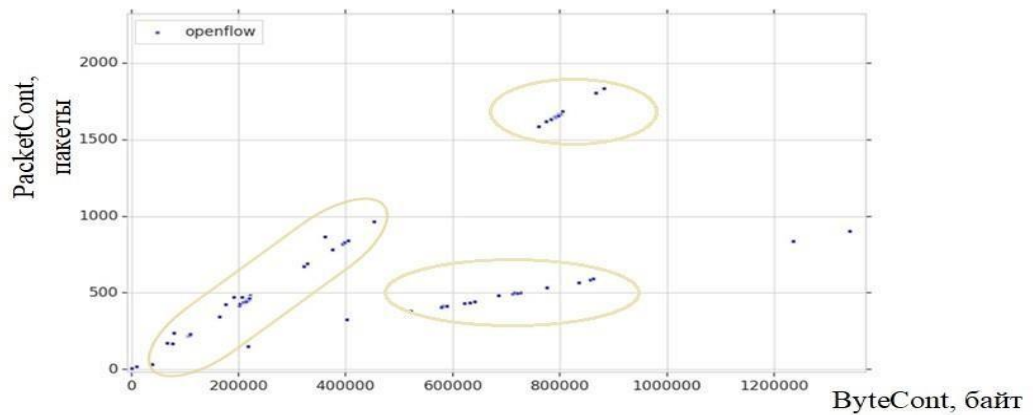
Зерттелетін шамалардың корреляция деңгейін бағалау үшін корреляция коэффициенті есептеледі. 4.2-кестеде 4.5-суреттегі графиктерде көрсетілген мәндер арасындағы ρ_u корреляцияның есептелген көрсеткіштері көрсетілген.

Кесте 4.2 – Корреляция коэффициенттерінің матрицасы

ρ	$BtCt PcCt$	$BtCp Cpu$
<i>мағынасы</i>	0,98	0,89

4.2 кестеде көрсетілген алынған мәліметтерді талдау үшін әдісті сипаттау кезінде бұрын көрсетілген корреляция коэффициентінің көрсеткішінің қасиеттеріне жүгінейік. Корреляция коэффициенттерінің барлық алынған мәндері келесі сипатты қанағаттандырады $|p_{jk}|>0$ және $|\rho_{jk}|<1$. Бұл қасиет негізінде мынадай қорытынды жасауға болады: зерттелетін параметрлер арасында байланыс бар және корреляция коэффициентінің мәні неғұрлым көп болса, соғұрлым басқасының мәнін болжауға болады. бір параметрдің мәндері. Осы жұмыста алынған мәндердің бізді 0,89-ға тең $BtCt|PcCt$ арасындағы корреляция коэффициентінің мәні қызықтырады (4.2 кестені қараңыз). Бұл көрсеткіштің мәні OpenFlow қызмет ағындарының белсенділігі мен SDN контроллерінің аппараттық құралдарына түсетін жүктеме арасында байланыс бар деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Бұл ретте олардың арасында айқын сызықтық байланыс жоқ екенін атап өткен жөн. Алынған нәтиже қорытынды жасауға мүмкіндік береді контроллерге жүктемені бақылау және болжау үшін ұсынылған әдіс тиімді жұмыс істей алады. Тиісінше, бағдарламалық қамтамасыз ету анықталған желі контроллерінің жұмысын/жүктемесін бағалау үшін OpenFlow қызмет ағындары сомасының болжамды аналитикалық моделін құру жеткілікті болуы мүмкін, мұнда қызмет ағындары тобының (метадеректер) жалпы есептегіштері болжамды болып табылады.

Алынған DataSetML деректер жиынтығы негізінде мәндердің шашырау диаграммасы құрылды. Диаграмма 4.6 суретте көрсетілген. Бұл диаграммада нүктелердің таралуының бірнеше аймақтарын (кластерлерін) визуалды түрде ажыратуға болады, олардың аймақтарында ағындағы десте ұзындығының орташа мәнінің сәйкес мәні басым (сопақшалармен ерекшеленген).



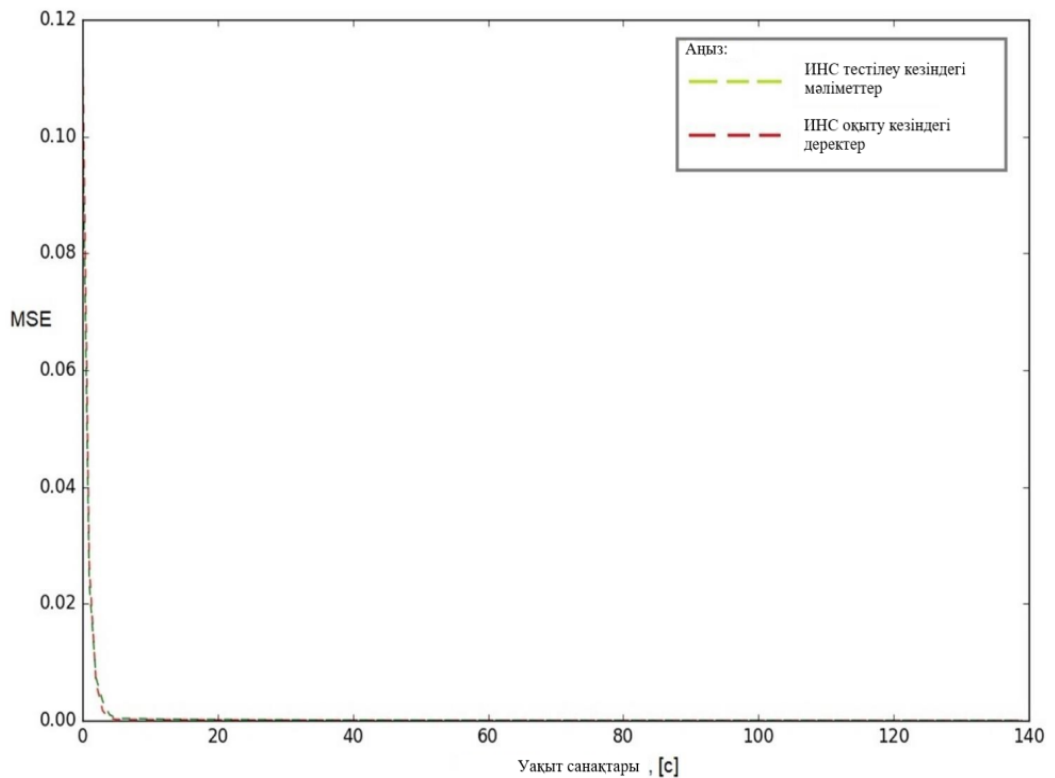
4.6-сурет – Деректер жиынының мәндерінің шашырау сызбасы $DataSet_{ML}$

Жасанды нейрондық желіні оқыту барысында (нейрондық желіні болжау дәлдігін бағалау) өнімділікті бағалау параметрі ретінде MSE параметрі – Mean Square Error (ағылшын тіліндегі орташа квадрат қатесі) байқалды. MSE параметрінің мәнін өзгерту 4.7 суретте көрсетілген.

Мұнда MSE келесі формула бойынша бағаланады:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \widehat{y}_i)^2$$

мұндағы Y – болжанатын айнымалының бақыланатын мәндерінің векторы, \widehat{y}_i – болжанатын мәндердің векторы. Басқаша айтқанда, MSE – болжам қателерінің квадраттарының орташа мәні. Бұл бағалау қарапайым және мұндай мәселелерде жиі қолданылады.



4.7-сурет – ANN оқыту және тестілеу процесі

4.7-суретте бір-біріне жақын орналасқан екі график көрсетілген. Қызыл нүктелі сызық оқу деректер жинағында желі жұмыс істеген кезде MSE параметрінің өзгеруін көрсетеді, жасыл жол жұмыс (нақты) деректер жиынындағы MSE параметрінің өзгеруін көрсетеді.

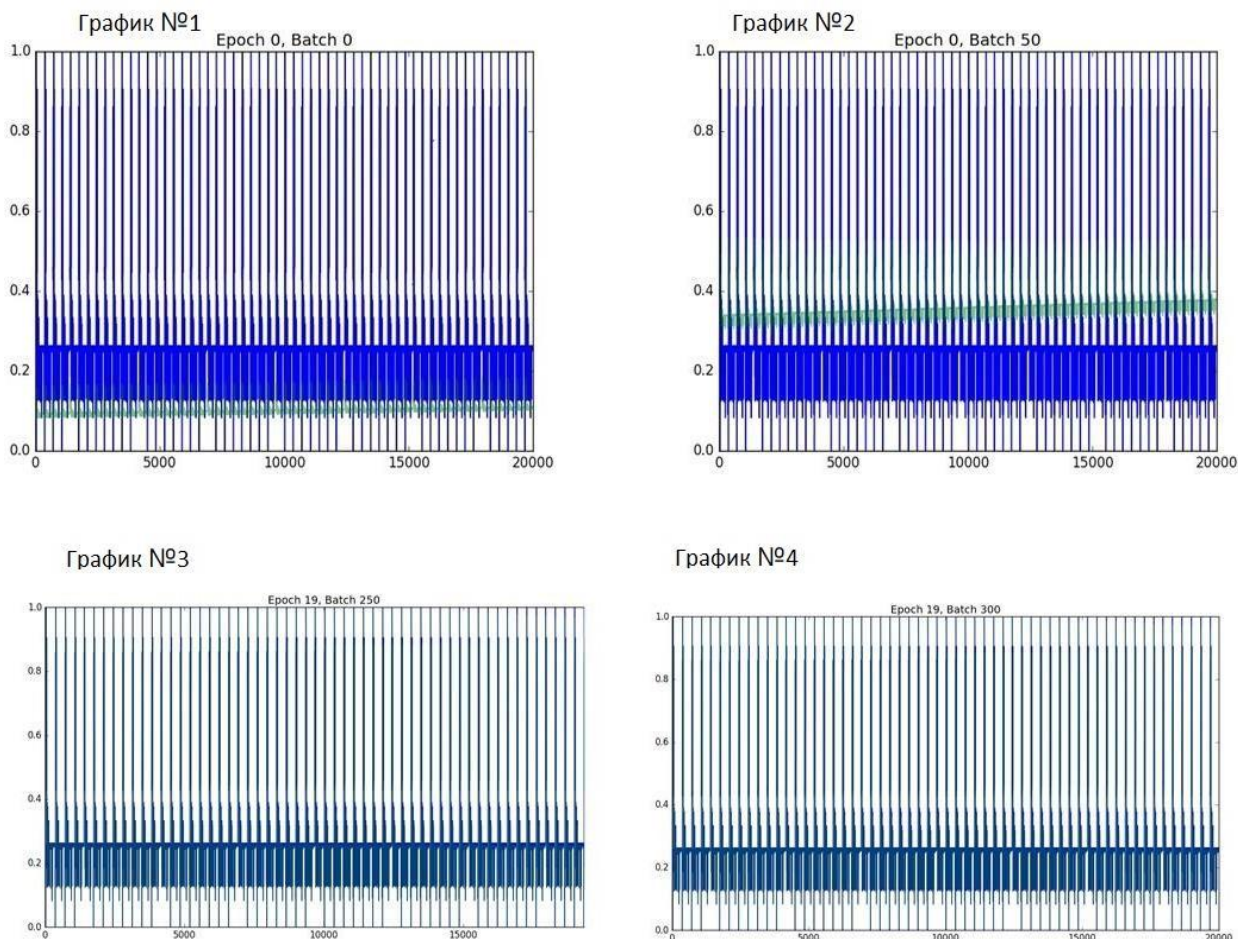
График нейрондық желінің таңдалған архитектурасы мен параметрлері жүктемені болжау үшін жеткілікті екенін көрсетеді. Соңында келесі параметрлер алынды:

$$MSE_{Train} = 4.54 * 10^{-6},$$

$$MSE_{TEST} = 1.5 * 10^{-5}$$

Сондай-ақ, нейрондық желіні оқыту процесінде оның болжамдарды қалыптастыруға үйрету барысы бақыланды. Процестің анықтығы үшін нейрондық желінің нақты және болжамды мәндерінің графигі 20 мың үлгінің деректер интервалында салынды. 4.8-суретте нейрондық желіні оқыту процесінің бірнеше скриншоттары, оның барысы көрсетілген.

4.8-суретте көрсетілген аумақтардың әрқайсысында (№ 1,2,3,4 графиктер) нақты мәндер мен болжамды мәндерді көрсететін екі көк және жасыл графиктер бар.



4.8-сурет – Жасанды нейрондық желіні оқыту процесі

4.8-суреттің бірінші жолындағы (0-дәуір, 0-топтама) жазуы бар №1 сызба нақты және бірінші болжамды көрсетеді. График болжанған мәндердің нақты мәндерден айтарлықтай айырмашылығы бар екенін көрсетеді. Яғни жасыл график негізгі көк графиктен әлдеқайда төмен.

Белгіленген 4.8-суреттің бірінші жолындағы №2 оң жақ диаграмма (0-дәуір, 50-топтама) біріншіден кейінгі келесі нейрондық желі болжамын көрсетеді (диаграмма №1). Графиктен (жасыл) қазір болжамды мәндер нақты мәндерден асып түсетінін көруге болады, ал график өте жоғары бағаланған.

Тиісінше (19-дәуір, 250-топ), (19-дәуір, 300-топ) белгіленген төменгі екі график (№3 және №4 график) желіні оқытудың соңғы қадамдарын көрсетеді. Графиктерге сәйкес, Жасанды нейрондық желіні меңгергенін және қазір басқару деңгейінде бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған нақты желіде OpenFlow

қызмет ағындарының қосындысының белсенділігін дұрыс болжай алатынын көруге болады. Соңғысында (төменгі оң жақтағы № 4 график) нақты график болжаммен визуалды түрде сәйкес келетінін көруге болады.

Нәтижесінде, Жасанды нейрондық желіні оқытудан өткеннен кейін бағдарламалық жасақтама өзінің архитектуралық күйі мен параметрлерін сақтайды, осылайша оның күйін сервердің басқа бағдарламалық модулінен «Аналитикалық қолданбалы» жүктеуге болады. Одан әрі оқытылған нейрондық желінің күйін жүктейтін бағдарламалық модуль кіріс нейрондарында ANN алатын кіріс сынақ деректері бойынша болжамды деректерді жасай алады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста келесі негізгі нәтижелер алынды:

1. Қазіргі заманғы және озық коммуникациялық желілер тұжырымдамаларына, оның ішінде 2030 жылға дейінгі ұзақ мерзімді перспективаларды ескере отырып талдау жасалды. 5G/IMT-2020 желілері және келесі буын – 2030 байланыс желілері «өте төмен кідіріс», «өте сенімді байланыс», «өте тығыз желілер» сияқты жаңа сипаттамаларға ие екені анықталды, бұл оларды құрудың жаңа әдістері.

2. 1-тармақта көрсетілген сипаттамаларда қамтамасыз ету қажеттілігі анықталғандықтан, байланыс желілерін құрудың және қызметтерді көрсетудің жаңа технологиялары мен әдістерін қарастыру қажет, мысалы: бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілер, желі функцияларын виртуализациялау, бірнеше қол жетімділікті есептеулер (МЕС), тұманды есептеулер (тұман), сондай-ақ бағдарламалық қамтамасыз ету қызметтерін әзірлеу және енгізу әдістері, атап айтқанда, микросервис архитектуралық тәсілі.

3. 2-тармақта айтылған бесінші және кейінгі буынның байланыс желілерін құру әдістері мен технологияларына қосымша, жасанды интеллект технологияларын қолдану арқылы желіні және сервисті басқару принциптерін өзгерту қажет. Бұл бағытта ерекше өзекті мәселелер мыналар болып табылады: деректерді беру деңгейінде трафикті бір мәнді сәйкестендіру, осы трафикті болжау, бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілердің контроллерлеріне жүктемені болжау және есептеулерді тереңдету деңгейінде тиімді бөлу. біріктірілген тұман инфрақұрылымы және көп қолжетімділігі бар шеткі есептеулер. Бұл дипломдық жұмыста SDN желілеріндегі ағындардың метадеректеріне негізделген трафикті анықтау, метадеректерді талдау және AI құралдары принципі негізінде контроллерлерге жүктемені болжау әдістері ұсынылған,

4. Өте төмен кідіріспен байланыс желілері және оларға қойылатын талаптар оларды орталықсыздандыру бағытында желілер мен қызметтерді дамыту векторын құрайтыны анықталды.

5. Бұл дипломдық жұмыста SDN желілерінің бағдарламалану мүмкіндіктері мен OpenFlow хаттамасының функционалдығы негізінде ағынның метадеректері мен AI құралы – жасанды нейрондық желі негізінде байланыс желілеріндегі трафикті анықтау әдісі әзірленді және ұсынылды.

6. Ұсынылған әдісті сынау үшін Software Defined Networks зертханасының SDN желісінің үлгісі негізінде ANN оқыту және кейінгі сынақтар жүргізілді. Сынақ нәтижесі трафикті анықтау фактісі бойынша әзірленген әдістің жұмыс қабілеттілігін көрсетті, бұл деректерді беру деңгейінде қосымша кідірістерді және ағындар құрылымындағы өзгерістерді енгізуді болдырмауға мүмкіндік береді.

7. Бөлінген тұмандық есептеулер мен микросервистерді қолдаумен шеттік есептеулердің өзара әрекеттесу құрылымы/қаңқасы ұсынылды.

8. Ұсынылған шеңберде екі тапсырма қарастырылды, атап айтқанда: пайдаланушылардың кептеліс орталығын анықтау, сондай-ақ сервистік микросервисті тікелей көшіру үшін таңдалатын Тұман құрылғысын анықтау. Талдау негізінде тапсырмаларды шешудің математикалық алгоритмдері анықталды, мысалы: K-means және Swarm Intelligence (PSO), олар өз кезегінде Жасанды интеллектке қатысты алгоритмдер класына кіреді. Бағдарламалық модельдеу нәтижесінде алынған мәліметтер құрылымдық көзқарас тұрғысынан ұсынылған алгоритмдердің өнімділігін және осы шешімнің даму болашағын көрсетеді.

9. Бұл дипломдық жұмыста бесінші және одан кейінгі буындардың байланыс желілерін басқару жүйелерінің жүктемесін бақылау және болжау қажеттілігі де анықталды. Жүйелік бағдарламалар мен утилиталардың көмегімен мониторинг жүргізудің жағымсыз аспектілері перспективті байланыс желілеріндегі тұрақтылық пен өте төмен кідірістерге қойылатын талаптар тұрғысынан берілді.

10. Нәтижесінде басқару деңгейінің OpenFlow қызмет ағындарының қосындысының метадеректерін талдау арқылы бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілердің контроллерлерін бақылау және жүктеу әдісі ұсынылды. Метадеректерді талдау принципі негізінде жүктемені болжау мүмкіндігі туралы гипотезаны растау үшін көп параметрлі корреляциялық талдауды қолдану арқылы верификация әдісі ұсынылды.

Ұсынылған болжау әдісін тексеру үшін бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желінің үлгісінің стенді әзірленді, мұнда бірінші кезеңде сервистік ағынның метадеректерін пайдалану туралы гипотезаны, тестілеу нәтижесін тексеру үшін көппараметрлік корреляциялық талдау әдісі жүзеге асырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Chao Zhang. «Intelligent Internet of things service based on artificial intelligence technology» <https://ieeexplore.ieee.org/document/9390061>
DOI: [10.1109/ICBAIE52039.2021.9390061](https://doi.org/10.1109/ICBAIE52039.2021.9390061)
2. Sun Wenhui, Wang Kejin, Zhu Aichun. «The Development of Artificial Intelligence Technology And Its Application in Communication Security» <https://ieeexplore.ieee.org/document/9103812>
DOI: [10.1109/ICCEA50009.2020.00164](https://doi.org/10.1109/ICCEA50009.2020.00164)
3. Manisha Singh, Gaurav Baranwal. «Quality of Service (QoS) in Internet of Things». <https://ieeexplore.ieee.org/document/8519862/figures#figures>
DOI: [10.1109/IoT-SIU.2018.8519862](https://doi.org/10.1109/IoT-SIU.2018.8519862)
4. Hanhua Lu, Feng Shu, Lijuan Min, Yashi Wang. «Abstract Structure of Data Communication in IoT Application» <https://ieeexplore.ieee.org/document/8780910>
DOI: [10.1109/CompComm.2018.8780910](https://doi.org/10.1109/CompComm.2018.8780910)
5. Recommendation M.2083-0 IMT-Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond. ITU-R, Geneva. – 2015.
6. Recommendation Y.3300 Framework of Software-defined networking. ITU-T, Geneva. – June 2014.
7. Кучерявый, А.Е. Тактильный Интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками / А.Е. Кучерявый, М.А. Маколкина, Р.В. Киричек // Электросвязь. – 2016. – No 1. – С. 44-46.
8. Выборнова, А.И. Тактильный интернет: новые возможности и задачи / Выборнова, А.И.; Кучерявый, А.Е. // В сборнике: Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТиТТ-2016 Первый научный форум "Телекоммуникации: теория и технологии" 3Т-2016. 2016, Самара, С. 133-134.
9. Recommendation Y.2060/Y.4000. Overview of Internet of Things. ITU-T, Geneva. – February 2012.
10. Technical Specification. FG-NET2030 – Focus Group on Technologies for Network 2030. Network 2030 Architecture Framework. ITU-T, Geneva. – June 2020.
11. Кучерявый А. Е. Сети связи с ультрамалыми задержками // Труды НИИР. 2019. No 1. С. 69–74.
12. Кучерявый, А.Е. Тактильный Интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками / А.Е. Кучерявый, М.А. Маколкина, Р.В. Киричек // Электросвязь. – 2016. – No 1. – С. 44-46.
13. Recommendation Y.3172. Architectural framework for machine learning in future networks including IMT-2020. ITU-T, Geneva. – June 2019.
14. Recommendation Y.3170. Requirements for machine learning-based quality of service assurance for the IMT-2020 network. ITU-T, Geneva. – September 2018.

15. Recommendation Y.3104. Architecture of the IMT-2020 network. ITU-T, Geneva. – December 2018.
16. Recommendation Y.3174. Framework for data handling to enable machine learning in future networks including IMT-2020. ITU-T, Geneva. – February 2020.
17. Recommendation Y.3176. Machine learning marketplace integration in future networks including IMT-2020. ITU-T, Geneva. – September 2020.
18. Technical Specification ETSI TS 123 01 v16.6.0 Release 16. 5G. System architecture for the 5G System (5GS). ETSI, France. – October 2020.
19. Recommendation Y.3102. Framework of the IMT-2020 network. ITU-T, Geneva. – May 2018.
20. Russell, S., Norvig, P.: ‘Artificial Intelligence (A Modern Approach)’. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995. 1152 p.
21. Huawei’s Global Industry Vision (Report GIV 2025).
22. История машинного обучения. [Электронный ресурс] – Режим доступа. –
URL: <https://abv24.com/istoriya-mashinnogo-obucheniya>.
23. Mohammadi, M., Al-Fuqaha, A., Sorour, S. Guizani, M.: ‘Deep Learning for IoT Big Data and Streaming Analytics: A Survey’, IEEE Communications Surveys & Tutorials.,
24. Tang, T., Zaidi, S.A.R., McLernon, D., Mhamdi, L. Ghogho, M.: ‘Deep Recurrent Neural Network for Intrusion Detection in SDN-based Networks’. In 2018 IEEE International Conference on Network Softwarization (NetSoft 2018), Montreal, Canada, Jun 2018.
25. Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R. E. Howard, W. Hubbard and L. D. Jackel: Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition, Neural Computation, 1(4):541-551, Winter 1989.
26. Convolutional Neural Networks (LeNet) – Deep Learning 0.1 documentation. Deep Learning 0.1. LISA Lab. Дата обращения 20 апреля 2019.
27. Zhang, Q., Yang, L.T., Chen, Z. and Li, P.: ‘A survey on deep learning for big data’, Information Fusion, 2018,42, pp.146-157.
28. S. Zhongfu and Y.S.D. Keming, “Development Trend of Internet of Things and Perspective of Its Application in Agriculture”, Agriculture Network Information, vol. 5, (2010),pp. 5-8.
29. Negnevitsky, M.: ‘Artificial Intelligence - A Guide to Intelligent Systems’. 2nd ed. Essex: Addison-Wesley, 2005. 415 p.
30. Russell, S., Norvig, P.: ‘Artificial Intelligence (A Modern Approach)’. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995. 1152 p.,Rokach, L.: ‘Taxonomy for characterizing ensemble methods in classification tasks: A review and annotated bibliography’, Computational Statistics & Data Analysis, 2008,53, (12), pp. 4046-4072.

31. Rokach, L.: 'Taxonomy for characterizing ensemble methods in classification tasks: A review and annotated bibliography', *Computational Statistics & Data Analysis*, 2008,53, (12), pp. 4046-4072.
32. LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G.: 'Deep learning', *Nature*, 2016, 521, (7553), pp. 436-444.
33. Deng, L.: 'A tutorial survey of architectures, algorithms, and applications for deep learning', *APSIPA Transactions on Signal and Information Processing*, 2014, 3, (e2),1- 19.
34. Mohammadi, M., Al-Fuqaha, A., Sorour, S. Guizani, M.: 'Deep Learning for IoT Big Data and Streaming Analytics: A Survey', *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.

СЫН – ПІКІР

Дипломдық жоба

Хожахметова Акмарал Каллибекқызы

6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «**Жасанды интеллект технологиялары негізінде байланыс желісінің қызметтерін ұсыну әдістері**»

Орындалды:

а) графикалық бөлімі 13 бет;

б) түсіндірме жазбасы 90 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Дипломдық жұмыста қазіргі заманғы және озық коммуникациялық желілер тұжырымдамаларына, оның ішінде 2030 жылға дейінгі ұзақ мерзімді перспективаларды ескере отырып талдау жасалды. 5G/IMT-2020 желілері және келесі буын – 2030 байланыс желілері «өте төмен кідіріс», «өте сенімді байланыс», «өте тығыз желілер» сияқты жаңа сипаттамаларға ие екені анықталған. 1-бөлімде көрсетілген сипаттамаларда қамтамасыз ету қажеттілігі анықталғандықтан, байланыс желілерін құрудың және қызметтерді көрсетудің жаңа технологиялары мен әдістерін қарастыру қажет, мысалы: бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілер, желі функцияларын виртуализациялау, бірнеше қол жетімділікті есептеулер (МЕС), тұманды есептеулер (тұман), сондай-ақ бағдарламалық қамтамасыз ету қызметтерін әзірлеу және енгізу әдістері, атап айтқанда, микросервис архитектуралық тәсілі. 2-бөлімде жазылған бесінші және кейінгі буынның байланыс желілерін құру әдістері мен технологияларына қосымша, жасанды интеллект технологияларын қолдану арқылы желіні және сервисті басқару принциптерін өзгерту қажет.

Жұмыс бағасы

Жалпы, дипломдық жұмыс 95 "өте жақсы" деген бағаға, ал студент Хожахметова Акмарал Каллибекқызына 6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша техника және технологиялар «бакалавр» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Сын – пікір беруші

ҚазҰАЗУ, PhD докторы,

Энергия үнемдеу және

автоматика кафедрасы меңгерушісі

Молдажанов А.К.



Дипломдық жұмысқа
ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Хожахметова Акмарал Каллибекқызы

6B06201 Телекоммуникация

Тақырыбы: Жасанды интеллект технологиялары негізінде байланыс желісінің қызметтерін ұсыну әдістері

Дипломдық жұмыстың мақсаты – жасанды интеллект технологияларын қолдана отырып, инфрақұрылымды құру және коммуникациялық желі қызметтерін көрсету әдістерін зерттеу және әзірлеу.

Бұл дипломдық жұмыста бесінші және одан кейінгі буындардың байланыс желілерін басқару жүйелерінің жүктемесін бақылау және болжау қажеттілігі де анықталды. Жүйелік бағдарламалар мен утилиталардың көмегімен мониторинг жүргізудің жағымсыз аспектілері перспективті байланыс желілеріндегі тұрақтылық пен өте төмен кідірістерге қойылатын талаптар тұрғысынан берілді.

Ұсынылған болжау әдісін тексеру үшін бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желінің үлгісінің стенді әзірленді, мұнда бірінші кезеңде сервистік ағынның метадеректерін пайдалану туралы гипотезаны, тестілеу нәтижесін тексеру үшін көппараметрлік корреляциялық талдау әдісі жүзеге асырылды.

Студент Хожахметова Акмарал Каллибекқызы дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс 95 А өте жақсы деп бағаланды, ал студент Хожахметова Акмарал Каллибекқызына 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «техника және технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ кафедрасының аға оқытушысы,
техника ғылымдарының магистрі

 С. Марқсұлы

« 25 » 05 2023 ж.



**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: Хожахметова Акмарал Каллибекқызы

Тақырыбы: Жасанды интеллект технологиялары негізінде байланыс желісінің қызметтерін ұсыну әдістері

Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 4.5

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.6

Дәйексөз (35): 3.2

Әріптерді ауыстыру: 16

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 7

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:

2023-05-25

Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Хожакметова Акмарал Каллибекқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жасанды интеллект технологиялары негізінде байланыс желісінің қызметтерін ұсыну әдістері

Научный руководитель: Сұңғат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 4.5

Коэффициент Подобия 2: 2.6

Микропробелы: 7

Знаки из других алфавитов: 16

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:

2023-05-25

Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Хожаметова Акмарал Каллибеккызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жасанды интеллект технологиялары негізінде байланыс желісінің қызметтерін ұсыну әдістері

Научный руководитель: Сұңғат Марқсұлы

Коэффициент Подобия 1: 4.5

Коэффициент Подобия 2: 2.6

Микропробелы: 7

Знаки из других алфавитов: 16

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:

2023-05-25

Дата


Сұңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт