

6D071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған
Мухамеджанова Альмира Далелханқызының «Машинааралық өзара әрекеттесу және Заттар Интернеті (M2M/IoT) технологияларының трафигін модельдеу және талдау» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ресми рецензенттің жазбаша пікірі

Р/Н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
1.	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	<p>1.1 Ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі:</p> <p>1) Диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірі);</p> <p>2) Диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауы)</p> <p>3) <u>Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету)</u></p>	Диссертациялық жұмыс және оның нәтижелері Қазақстан Республикасы Жоғары ғылыми – техникалық комиссиясы бекіткен «Ақпараттық, коммуникациялық және ғарыштық технологиялар» ғылымын дамытудың басым бағыттарына сәйкес келеді.
2.	Ғылымға маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады/қоспайды, ал оның маңыздылығы ашылған/ашылмаған.	Диссертация нәтижелері ғылымға айтарлықтай үлес қосады және оның маңыздылығы жақсы ашылған. Компьютерлік модельді қолдана отырып, кезек ұзындығы шектеулі жаппай қызмет көрсету жүйесі ретінде ұсынылған желілік сервердегі M2M/IoT трафигінің қызмет көрсету сипаттамаларын есептеу мен келіп түсетін кіріс трафиктің көлемі мен өзіне тәріздес дәрежесіне байланысты, сондай-ақ M2M/IoT келіп түсетін трафиктің желілік сервер буферінің мөлшерін анықтау әдістемелері ұсынылды.

			Зерттеу нәтижелерінің жаңалығы мен маңыздылығы Scopus базасында индекстелетін журналдарда жарық көрді және ҚР авторлық құқық куәлік «Желі сервері үшін буферлік жадының оңтайлы көлемін анықтау» №31349 22.12.2022 ж алынды.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) жоғары; 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған	Өзі жазу деңгейі жоғары, диссертация тақырыбын еркін меңгеруімен, ғылыми-техникалық мәселені сыни және сауатты талдау қабілетімен, өз бетінше жүргізілген тәжірибелермен расталады.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1) негізделген; 2) жартылай негізделген; 3) негізделмеген.	Диссертацияның өзектілігі негізделген және «Кіріспе» бөлімінде айқын сипатталған. M2M/IoT технологияларының соңғы жылдардағы жылдам дамуы, осы бағыттағы зерттеулер өзектілігімен сипатталады. «Өзектілік» негізделген, барлық ұстанымдар нақты және айқын баяндалған.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды: 1) айқындайды; 2) жартылай айқындайды; 3) айқындамайды.	Диссертацияның мазмұны диссертация тақырыбын толық көлемде ашады. Диссертация мазмұны кіріспеден, төрт бөлімнен, пайдаланған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Философия докторы (PhD) диссертациясына қойылатын талаптарына сәйкес келеді.
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: 1) сәйкес келеді; 2) жартылай сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді.	Диссертацияның мақсаттары мен міндеттері диссертация тақырыбына толық сәйкес келеді. Мақсат нақты анықталған, міндеттер дұрыс қойылған. Мақсат пен міндеттер ғылыми-техникалық мәселелерді шешуге бағытталған.
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен құрылысы логикалық байланысқан: 1) толық байланысқан; 2) жартылай байланысқан; 3) байланыс жоқ.	Диссертацияның барлық бөлімдері өзара байланысқан, бір-бірін логикалық түрде толықтырады және ғылыми-техникалық мәселені шешуге жүйелі түрде әкеледі. Бірінші бөлімде Заттар интернеті (IoT) және машинааралық өзара әрекеттесу (M2M) технологияларын дамытудың қазіргі жай-күйіне талдау берілген. Бұл технологиялар қолдану аясын едәуір кеңейтетіні, бұл M2M/IoT трафигінің айтарлықтай өсуіне әкелетіні атап өтілді. Байланыс желісінің тиімді

		<p>сипаттамаларын анықтау, ұялы байланыс желісінде қызмет көрсету сапасының (QoS) параметрлерін бағалау және желі ресурстарын пайдалануды бағалау үшін математикалық модельдеуді қолдану қажет. Бұл ретте M2M трафигінің математикалық моделін әзірлеу маңызды рөл атқарады. Жұмыс барысында әзірленген трафик модельдерінің көптеген түрлеріне салыстырмалы талдаулары жасалды.</p> <p>Диссертацияда LoRaWAN желісінің желілік серверіне келіп түсетін кіріс трафикті зерттеу қарастырылды. Кіріс трафигінің қасиеттері мен сипаттамалары нақты деректер бойынша зерттелді, ал дестелердің кідірісі және шығын болу ықтималдығы сияқты қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін бағалау үшін математикалық модельдер жасалатыны айқындалды.</p> <p>Екінші бөлімде M2M трафигін математикалық модельдеу әдістеріне талдау жасалды. Онда телекоммуникациялық жүйелер мен желілердің өсіп келе жатқан күрделілігі олардың сипаттамаларына сенімді баға алу үшін тиісті есептеу әдістерін әзірлеуді талап етеді. Бұл есептерді шешуде тиімді құрал математикалық модельдеу болып табылады. Өз-өзіне тәріздес трафикті модельдеу үшін Парето үлестірімі моделін таңдау негізделген, өз-өзіне тәріздес трафик үшін үлестірімнің басқа түрлері қарастырылған және қазіргі мобильді желілердегі трафик модельдеріне (M2M/IoT) талдау жасалды.</p> <p>Үшінші бөлімде модельдеу, желіні жоспарлау, M2M/IoT трафиктің мобильді байланыс желісінің қызмет көрсету сапасына (QoS) әсерін талдау кезінде қажет болатын зерттеулер жүргізілді. Бұл бөлімде желілік трафикті статистикалық талдау әдістеріне талдау жасалады. LoRaWAN желісіндегі нақты трафикке талдау жасалды. Барлық құрылғылардан желілік серверге келіп түсетін кіріс біріктірілген трафик</p>
--	--	---

		<p>қарастырылды. M2M/loT дәстелік трафикті модельдеу үшін статистикалық сипаттамаларды анықтаудан басқа, оның өз-өзіне тәріздестігі бағаланды. Трафиктің өз-өзіне тәріздес қасиетін анықтау үшін Херст параметрлері есептелді. Statistica бағдарламалар пакетінің негізінде статистикалық талдау жүргізілді және экспоненциалды тегістеу әдісімен нақты M2M/loT трафикін қысқа мерзімді болжау жасалды.</p> <p>Төртінші бөлімде Шлюздерден желілік серверге келетін желілік трафик қарастырылады. Осы трафиктің қасиеттері мен сипаттамаларын зерттеу үшін біз деректерге 3 тарауда статистикалық талдау жүргіздік. Деректерді статистикалық өңдеу бізге трафик сипаттамасының келесі нәтижелерін алуға және Херст параметрін есептеуге мүмкіндік берді, бұл трафиктің өз-өзіне тәріздестігін растайды. LoRaWAN желісіндегі желілік трафикті модельдеу үшін MatLab бағдарламалық пакетінен SimEvents блоксетімен Simulink ортасын пайдалану ұсынылды. Модельдеу объектісі ретінде желілік серверге кіретін желілік трафик қарастырылды, ол өз-өзіне тәріздес. Simulink ортасында берілген Херст параметрі бар өз-өзіне тәріздес трафиктерді генерациялайтын кіші жүйелер әзірленді. Желілік сервердің моделі Simulink-те P/M/1/K типті ЖҚЖ ретінде ұсынылған. Алынған трафиктің көлемі мен өз-өзіне тәріздес дәрежесіне байланысты буферлік жады көлемін және шығын болу ықтималдығын анықтау үшін 3D моделі алынды.</p>	
	<p>4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:</p> <p>1) сыни талдау бар;</p> <p>2) талдау жартылай жүргізілген;</p>	<p>Диссертациялық жұмыста жарияланған шетел және Ресей авторларының зерттеулеріне тереңдетілген талдау жасалды (отандық авторлар табылмады), бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылды. Автор ұсынған әдістің артықшылықтары анық көрсетілген, M2M/loT желілік трафикті математикалық модельдеу</p>	

		3) талдау өз пікірін емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген.	дәлелденген және сыни тұрғыдан талданған.
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен қағидаттар жаңа болып табыла ма? 1) толығымен жаңа; 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады).	Қорғауға ұсынылған диссертацияның ғылыми нәтижелері мен ережелері толығымен жаңа болып табылады. Қазіргі уақытта рецензияланатын ғылыми басылымдарда LoRaWAN желісінің желілік серверіне келіп түсетін дәстелік трафиктің компьютерлік моделін әзірлеу бойынша жарияланған жұмысы толығымен жаңа болып табылады.
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа болып табыла ма? 1) толығымен жаңа; 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады).	Диссертациялық жұмыстың тұжырымдары толығымен жаңа, теориялық дәлелдермен негізделген және тәжірибелік зерттеулермен расталған.
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе? 1) толығымен жаңа; 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады).	Техникалық және ғылыми шешімдер толығымен жаңа болып табылады және диссертацияның бөлімдерінде келтірілген компьютерлік модельдермен негізделген, яғни Қазақстан Республикасының Авторлық құқық куәлігімен дәлелденген.
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде негізделген /негізделмеген (qualitative research және өнертану және гуманитарлық бағыттары бойынша).	Диссертацияның барлық негізгі тұжырымдары ғылыми тұрғыдан жақсы негізделген және Scopus индекстелген мәліметтер базасында ғылыми жарияланымдармен дәлелденген.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі қағидаттар	Әр қағидат бойынша келесі сұрақтарға жауап беру қажет: 7.1 Қағидат дәлелденді ме? 1) дәлелденді; 2) шамамен дәлелденді; 3) шамамен дәлелденбеді; 4) дәлелденбеді. 7.2 Тривиалды ма? 1) ия;	Барлық негізгі ғылыми қағидаттар дәлелденді. Пункт 7.1 Бірінші қағидат. Matlab жүйесінде жасалған Парето үлестірімін қолдана отырып, өз-өзіне тәріздес ретінде ұсынылған желілік серверге келіп түсетін біріктірілген M2M/LoT трафигінің компьютерлік моделі әзірленді. Әзірленген M2M/LoT желілік трафигінің компьютерлік

	<p>2) жок.</p> <p>7.3 Жаңа ма?</p> <p>1) ия;</p> <p>2) жок.</p> <p>7.4 Қолдану деңгейі:</p> <p>1) тар;</p> <p>2) орташа;</p> <p>3) кең.</p> <p>7.5 Мақалада дәлелденген бе?</p> <p>1) ия;</p> <p>2) жок.</p>	<p>моделін машинааралық өзара әрекеттесу және Заттар интернеті желілерін жобалау кезеңінде қолдануға болады.</p> <p>Екінші қағидат. M2M/IoT трафигін болжау моделі, оны пайдалану кезінде ең дәл болжам алынды. Трафиктің мандерін болжау телекоммуникация операторларына келіп түсетін трафикке қызмет көрсету үшін қажетті ресурстарды бөлу бойынша басқарушылық шешімдерді уақтылы қабылдауға мүмкіндік береді. Ұсынылған әдіс өндірісте сыналды және оң бағасын алды.</p> <p>Үшінші қағидат. компьютерік модельді қолдана отырып, кезек ұзындығы шектеулі жаппай қызмет көрсету жүйесі ретінде ұсынылған желілік сервердегі M2M/IoT трафигінің қызмет көрсету сипаттамаларын есептеу әдістемесі. Желілік трафикті эксперименттік зерттеу нәтижелерін трафиктің қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін бағалау мақсаттарында қолдануға болады.</p> <p>Төртінші қағидат. Компьютерлік модельді қолдана отырып, келіп түсетін трафиктің көлемі мен өз-өзіне тәріздес дәрежесіне байланысты, M2M/IoT келіп түсетін трафиктің желілік сервер буферінің мөлшерін анықтау әдістемесі, 3D моделі алынып, нәтижелерімен дәлелденген. ҚР авторлық құқық куәлігімен дәлелденген.</p> <p>Пункт 7.2 бойынша қорғауға ұсынылған ережелер тривиалды емес, оларда ғылыми және іс жүзінде негізделген дәлелдер бар.</p> <p>Пункт 7.3 бойынша диссертацияны қорғауға ұсынылған ережелер жаңа болып табылады.</p> <p>Пункт 7.4 бойынша қолдану деңгейін кең деп сипаттауға болады.</p> <p>Пункт 7.5 бойынша қорғауға ұсынылған ережелері ізденушінің 16 ғылыми еңбегімен және ҚР бір авторлық құқық куәлігімен дәлелденген, оның ішінде екі мақаланың маңыздылығы жоғары, атап айтқанда:</p>
--	--	--

			<p>1. A.D. Mukhamejanova, K.Kh. Tumanbayeva, E.M.Lechshinskaya, B Ongar. Statistical analysis of real traffic of machine-to-machine communication (M2M). News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 2021, 2(446), Year 2021, Vol. 2, No, 446, pp. 107–112,</p> <p>2. Almira D. Mukhamejanova, Elans A. Grabs, Kumyssay K. Tumanbayeva, Eleonora M. Lechshinskaya. Traffic simulation in the LoRaWAN network. Bulletin of Electrical Engineering and Informatics 2022, 11(2), pp. 1117–1125.</p>
8.	Дәйектілік принципі. Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	<p>8.1 Әдістеменің таңдауы - негізделген немесе әдістеме нақты жазылған: 1) ия; 2) жоқ.</p> <p>8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған: 1) ия; 2) жоқ.</p>	<p>Диссертацияда қолданылған зерттеу әдістемесі негізделген, толығымен ашылған, талаптарға сай және заманауи компьютерлік технологияларды қолдануды қамтиды.</p> <p>Диссертацияның үшінші тарауында LoRaWAN желісіндегі нақты трафикке талдау жасалды. Барлық құрылғылардан желілік серверге келіп түсетін кіріс біріктірілген трафик қарастырылды. Statistica бағдарламалар пакетінің негізінде статистикалық талдау жүргізілді және экспоненциалды тегістеу әдісімен нақты M2M/IoT трафигін қысқа мерзімді болжау жасалды.</p> <p>Төртінші бөлімде LoRaWAN желісіндегі желілік трафикті модельдеу үшін MatLab бағдарламалық пакетінен SimEvents блоксетімен Simulink ортасын пайдалану ұсынылады. Модельдеу объектісі ретінде желілік серверге кіретін желілік трафик қарастырылады, ол өз-өзіне тәріздес. Simulink ортасында берілген Херст параметрі бар өз-өзіне тәріздес трафиктерді генерациялайтын кіші жүйелер әзірленді. Желілік сервердің моделі Simulink-те P/M/I/K типті жаппай қызмет көрсету жүйесі ретінде ұсынылған.</p> <p>Желілік сервердің буферлік жады көлемін шектемей және буферлік жадының ең үлкен мәні (біз кезектің орташа ұзындығын қабылдадық) Херст параметрінің ең үлкен мәндеріне және</p>

			<p>бір құрылғының жүктемелеріне тәуелділігін анықталды, эксперимент үшін алынған 3D моделі ұсынылды. Желілік сервердің буферлік жады көлемін шектеу арқылы және шығын болу ықтималдығының жүктеме мен буферлік жадының көлеміне тәуелділігі алынды, эксперимент нәтижесі 3D моделі түрінде ұсынылды.</p>
		<p>8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар бойынша даярлау бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді):</p> <p>1) ия; 2) жоқ.</p>	<p>Диссертациялық жұмыстың теориялық қорытындылары, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған. LoRaWAN желісіндегі серверге келіп түсетін нақты трафикті статистикалық өңдеу және талдау жүзеге асырылды.</p>
		<p>8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге, сілтемелермен расталған / ішінара расталған / расталмаған</p>	<p>Маңызды тұжырымдар алыс-жақын шетел мамандарының өзекті және сенімді ғылыми әдебиеттеріне сілтемелерімен расталған. Ізденуші 117 әдебиет көздерін, заманауи ғылыми еңбектердің елеулі көлемін талдап, қарастырды.</p>
		<p>8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті/жеткіліксіз</p>	<p>Пайдаланылған әдебиет көздері зерттелетін мәселені әдеби шолу жасау үшін жеткілікті.</p>
9	Практикалық құндылық принципі	<p>9.1 Диссертацияның теориялық маңызы бар:</p> <p>1) ия; 2) жоқ.</p>	<p>Диссертацияның айтарлықтай теориялық маңызы зор, зерттеу нәтижелерінің теориялық құндылығы ретінде келесілерде қолданыла алады: жаңа буын 4G және 5G байланыс желілерінде M2M/IoT желілік трафигіне қызмет көрсету сапасын анықтау модельдері мен алгоритмдерін әзірлеу үшін, қызмет көрсету сапасының деңгейін арттыруға арналған, желілік технологияларды талдау және жобалау кезінде, M2M/IoT желілік трафигінің жылдам өсуінің байланыс желілеріндегі басқа трафик ағындарының қызмет көрсету сапасына</p>

			әсерін бағалау кезінде қолданыла алады.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары: 1) <u>ия</u> ; 2) жоқ.	Диссертацияның практикалық құндылығы жоғары, өйткені алынған ғылыми нәтижелерді өндірісте енгізу актісімен және Қазақстан Республикасының авторлық құқық куәлігімен дәлелденді.
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа болып табылады ма? 1) <u>толығымен жаңа</u> ; 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады).	Диссертацияның практикалық құндылығы жоғары, ұсыныстар жаңа, себебі жаңа математикалық аппаратқа, заманауи бағдарламалық жасақтамаға негізделген.
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы: 1) <u>жоғары</u> ; 2) орташа; 3) орташадан төмен; 4) төмен.	Академиялық жазу сапасы жоғары. Диссертация техникалық тіліндегі академиялық жазу ерекшеліктеріне сай, ғылыми стильді ұстанған, жүйелі құрылымды сақтаған сілтемелерді жиі қолдана білген. Диссертацияны жазу барысында кеңінен ғылыми терминология жеткілікті қолданылып, жауапкершілік ұстанымы басшылыққа алынған. Диссертацияның құрылымы мен мазмұнын ресімдеу ғылыми жұмыстарға қойылатын талаптарға сай келеді.

«Машинааралық өзара әрекеттесу және Заттар Интернеті (M2M/IoT) технологияларының трафигін модельдеу және талдау» тақырыбында орындалған докторлық диссертациялық жұмысы Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті «Ғылыми дәрежелер беру ережелерінің» талаптарына толық сәйкес және ізденуші Мухамеджанова Альмира Далелханқызы 6D071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін беруге лайықты.

Ресми рецензент:
т.ғ.д., профессор, «Автоматика және ақпараттық технологиялар» институтының директоры
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Алматы қ., Қазақстан Республикасы.



Ускенбаева Р.К.

Қолтаңбаны растаймын