«8D06201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған Жоламанов Батырбек Нұрыллаұлының «Сымсыз сенсорлық желілерде машиналық оқытумен түйіндерді локализациялау дәлдігін және деректерді жіберу тиімділігін арттыру» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ресми

РЕЦЕНЗЕНТТІҢ ЖАЗБАША ПІКІРІ

р/н №	Өлшемшарттар	Өлшемшарттарға сәйкестігі (жауап нұсқаларының бірін сызу)	Ресми рецензенттің ұстанымына негіздеме (ескертуді курсивпен көрсету)
1.	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	1.1 Ғылымды дамытудың басым бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі:	Диссертациялық жұмыс «Техника ғылымдары саласындағы ғылыми зерттеулер мен әзірлемелер» ғылымды дамытудың басым бағыттарына сәйкес келеді.
		1) диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірін көрсету);	Диссертациялық жұмыс 2023-2025 жылдарға арналған, жеке тіркеу нөмірі (ЖТН) AP19678552 «Ашық және жабық кеңістіктегі жылжымалы және статикалық сымсыз сенсорлық түйіндердің энергия тиімділігін арттыру» ғылыми-зерттеу жұмысының (ҒЗЖ) жоспарларына сәйкес орындалған. Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағыты «Ақпараттық, коммуникациялық және ғарыштық технологиялар» бағытына сәйкес келеді.
		2) диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауын көрсету);	
		3) диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету) келеді.	
2.	Ғылым үшін маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін **қосады**/қоспайды, ал оның маңыздылығы **ашылған**/ашылмаған.	Диссертациялық жұмыста сымсыз сенсорлық желілерде түйіндерді локализациялау дәлдігін арттыруға және

			деректерді жіберу тиімділігін жоғарылатуға мүмкіндік беретін машиналық оқытуға негізделген әдістер ұсынылған, бұл осы саладағы маңызды ғылыми жетістік болып табылады. Сонымен қатар, трансферлік оқыту және күшейтілген оқыту алгоритмдеріне негізделген тәсілдер эксперименттік деректер көлемін азайтуға, LoRaWAN желілерінде пакеттерді жеткізу коэффициентін арттыруға мүмкіндік беретін ғылыми негізделген шешімдер болып табылады. Осылайша, алынған нәтижелер сымсыз сенсорлық желілер мен IoT жүйелерін одан әрі дамытуға айтарлықтай ғылыми және практикалық үлес қосады.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) **жоғары;** 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған.	Диссертациялық жұмыстың өзі жазу деңгейі жоғары. Ізденуші сымсыз сенсорлық желілерде түйіндерді локализациялау және деректерді жіберу процестерін өз бетінше модельдеген, сондай-ақ машиналық оқыту және күшейтілген оқыту алгоритмдерін әзірлеп, тәжірибелік және имитациялық зерттеулер жүргізген. Автор RSSI негізіндегі радиокарталардың дәлдігіне сандық талдау жасап, ұсынылған әдістердің тиімділігін бағалаған. Жалпы алғанда, диссертациялық жұмыс жоғары деңгейде жазылған.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1) **негізделген;**	Диссертациялық жұмыстың өзектілігі сымсыз сенсорлық желілер мен IoT

		2) ішінара негізделген;	жүйелерінің қарқынды дамуына және ішкі кеңістіктерде түйіндердің орналасуын дәл анықтау мен деректерді энергия тиімді жеткізу қажеттілігінің артуына байланысты туындайды. LoRa технологияларына негізделген желілерде дәстүрлі локализациялау тәсілдерінің дәлдігі мен стандартты деректерді жіберу механизмдерінің тиімділігі шектеулі болып табылады. Сонымен қатар, машиналық оқыту және күшейтілген оқыту әдістерін қолдану локализация дәлдігін арттыруға, желінің тұрақтылығын қамтамасыз етуге және энергия шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Мұның бәрі ұсынылып отырған зерттеудің ғылыми және практикалық тұрғыдан маңызды әрі өзекті екенін көрсетеді.
		3) негізделмеген.	
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды:	Диссертациялық жұмыстың мазмұны көрсетілген тақырыпқа толық сәйкес келеді және логикалық тұрғыдан анық әрі жүйелі түрде баяндалған.
		1) **айқындайды;**	
		2) ішінара айқындайды;	
		3) айқындамайды.	
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:	Зерттеу жұмысы барысында қойылған мақсат пен міндеттер диссертациялық жұмыстың тақырыбына толық сәйкес келеді.
		1) **сәйкес келеді;**	
		2) ішінара сәйкес келеді;	
		3) сәйкес келмейді.	
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан:	Жұмыстың барлық бөлімдері мен ережелері бір-бірімен толық байланысқан.
		1) **толық байланысқан;**	

		2) ішінара байланысқан;	
		3) байланыс жоқ.	
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:	Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер мен жасалған қорытындылар ғылыми тұрғыдан негізделген және тиісті дәлелдермен расталған. Ұсынылған тәсілдердің тиімділігі мен практикалық қолданылуы зерттеліп, әрбір шешімге сыни талдау жасалған.
		1) сыни талдау бар;	
		2) талдау ішінара жүргізілген;	
		3) талдау өз пікіріне емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген;	
		4) талдау жоқ.	
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен ережелер жаңа ма?	Диссертациялық жұмыста автор алғаш рет сымсыз сенсорлық желілерде түйіндерді локализациялау үшін сигналдың таралуын сандық модельдеу негізінде алынған таратқыш пен қабылдағыш арасындағы есептелген қашықтық параметрін RSSI fingerprint әдісімен біріктіріп қолданған, бұл дәстүрлі RSSI-ге ғана негізделген тәсілдермен салыстырғанда локализация дәлдігін 3,7%-ға арттыруға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, трансферлік оқыту әдісін қолдану арқылы эксперименттік деректер көлемін 80%-ға дейін қысқарта отырып, локализация дәлдігін 91%-дан жоғары деңгейде сақтау мүмкіндігі көрсетілді. Алғаш рет LoRaWAN желілерінде жіберу параметрлерін оңтайландыру үшін Double Deep Q-Network with Prioritized Experience Replay (DDQN-PER) алгоритмі қолданылып, оның
		1) **толығымен жаңа;**	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	

			стандартты Adaptive Data Rate (ADR) механизмімен салыстырғанда пакеттерді жеткізу коэффициентін 17,2%-ға арттыратыны және энергия тұтынуды төмендететіні дәлелденді.
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма?	Диссертациялық жұмыстың қорытындылары түбегейлі жаңа болып табылады және импакт-факторы жоғары халықаралық ғылыми журналдарда жарияланған нәтижелермен расталған.
		1) **толығымен жаңа;**	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?	Техникалық, технологиялық және әдістемелік шешімдері толықтай жаңа және 2025 жылғы 4 желтоқсандағы №64965 авторлық куәлікпен расталған.
		1) **толығымен жаңа;**	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық негізгі қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде **негізделген**/негізделмеген (qualitative research (куолитатив ресеч) және өнер және гуманитарлық ғылымдар бойынша даярлық бағыттары үшін).	Диссертациялық жұмыстың қорытындылары ғылыми тұрғыдан негізделген, қолданылған әдістер логикалық тұрғыдан құрылымдалған және алынған нәтижелерге сәйкес нақты тұжырымдалған.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет:	Тұжырымдама №1 • Сигналдың таралуын модельдеу негізінде алынған таратқыш пен қабылдағыш арасындағы есептелген қашықтықты радиокарта құрастыру үшін машиналық оқытуда пайдалану модельдің дәлдігін 3,7%-ға арттырады. 7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 ия
		7.1 Ереже дәлелденді ме?	
		1) дәлелденді;	
		2) шамамен дәлелденді;	
		3) шамамен дәлелденбеді;	
		4) дәлелденбеді;	
		5) бұл тұжырымда ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.	
		7.2 Тривиалды ма?	

		1) ия; 2) жоқ; 3) бұл тұжырымда ереженің тривиалды екенін тексеру мүмкін емес. 7.3 Жаңа ма? 1) ия; 2) жоқ; 3) бұл тұжырымда ереженің жаңашылдығын тексеру мүмкін емес. 7.4 Қолдану деңгейі: 1) тар; 2) орташа; 3) кең 4) бұл тұжырымда ереженің қолдану деңгейін тексеру мүмкін емес. 7.5 Мақалада дәлелденген бе? 1) ия; 2) жоқ 3) бұл тұжырымда мақаладағы ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.	7.4 кең 7.5 ия Тұжырымдама №2 Трансферлік оқыту әдісі эксперименттік деректердің небәрі 20%-ын пайдалана отырып, толық RSSI радиокартасын қалыптастырады және локализация дәлдігін 91%-дан жоғары деңгейде сақтайды. 7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 ия 7.4 кең 7.5 ия Тұжырымдама №3 • LoRaWAN-да оптималды жіберу параметрлерін таңдауға арналған Double Deep Q-Network with Prioritized Experience Replay (DDQN-PER) алгоритмі стандартты Adaptive Data Rate (ADR) механизмімен салыстырғанда пакеттердің жеткізу коэффициентін 17,2%-ға арттырады. 7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 ия 7.4 кең 7.5 ия
8.	Дәйектілік қағидаты.	8.1 Әдіснаманы таңдау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған:	Диссертациялық жұмыста қолданылған әдіснама толықтай ғылыми тұрғыдан

	Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	1) **ия;**	негізделген және нақты әрі жүйелі түрде баяндалған.
		2) жоқ.	
		8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған:	Диссертациялық жұмыс барысында сигналдың таралуын модельдеу, радиокарталарды құру және LoRaWAN желісінің жұмысын зерттеу бойынша модельдеу мен тәжірибелік деректерді өңдеу COMSOL Multiphysics, Python, NS-3 орталарында және машиналық оқыту мен күшейтілген оқыту модельдерін қолдану арқылы сенімді әрі заманауи ғылыми-зерттеу құралдары негізінде жүзеге асырылған.
		1) **ия;**	
		2) жоқ.	
		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):	Теориялық қорытындылар, ұсынылған модельдер және анықталған өзара байланыстар мен заңдылықтар тәжірибелік зерттеулер нәтижелерімен дәлелденген, ал алынған нәтижелер импакт-факторы жоғары шетелдік ғылыми басылымдарда жарияланған мақалалармен расталған.
		1) **ия;**	
		2) жоқ.	
		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған / ішінара расталған / расталмаған.	Диссертациялық жұмыс барысында қолданылған маңызды мәлімдемелер нақты әрі сенімді ғылыми әдебиеттерге жасалған сілтемелермен расталған.
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті/жеткіліксіз.	Әдеби шолу үшін пайдаланылған әдебиеттер тізімі толығымен жеткілікті.
9	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы:	Диссертациялық жұмыстың теориялық маңыздылығы жоғары, себебі алынған зерттеу нәтижелерін сымсыз сенсорлық желілердегі түйіндерді локализациялау
		1) **бар;**	
		2) жоқ.	

			модельдерін құруда және LoRaWAN желілерінің жұмыс тиімділігін бағалау барысында қолдануға болады.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:	Диссертациялық жұмыстың практикалық маңыздылығы жоғары, себебі алынған нәтижелерді сымсыз сенсорлық желілердегі локализация жүйелерін жобалауда, LoRaWAN желілерінде жіберу параметрлерін оңтайландыруда және IoT-негізіндегі мониторинг пен басқару жүйелерін дамытуда қолдануға болады.
		1) **ия;**	
		2) жоқ.	
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма?	Диссертациялық жұмыста ұсынылған практикалық ұсыныстар сымсыз сенсорлық желілердегі локализация жүйелерінің дәлдігін арттыруға және LoRaWAN желілерінің энергия тиімділігін жақсартуға елеулі ықпал етеді.
		1) **толығымен жаңа;**	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы:	Жоламанов Б.Н. жұмысындағы барлық материалдары түсінікті, академиялық жазу сапасы жоғары деңгейде қамтамасыз етілген.
		1) **жоғары;**	
		2) орташа;	
		3) орташадан төмен;	
		4) төмен.	
11.	Диссертацияға ескертулер	Ізденушінің жұмысына қатысты ескертулер жоқ.	
12.	Докторант мақалаларының зерттеу тақырыбы бойынша ғылыми деңгейі (диссертация мақалалар сериясы нысанында қорғалған жағдайда ресми рецензенттер докторанттың зерттеу тақырыбы бойынша әр мақаласының ғылыми деңгейін зерделейді)	1. Бірінші мақала импакт-факторы жоғары Q1 санатындағы халықаралық журналда жарияланған және жоғары ғылыми деңгейге ие. Бұл жұмыста RSSI fingerprint әдісіне негізделген локализация мәселесі қарастырылып, трансферлік оқыту әдісін қолдану арқылы радиокарталарды құрудың тиімді тәсілі ұсынылған. Зерттеу нәтижелері локализация дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретінін көрсетеді. Сондықтан, мен бұл жұмысты ізденушінің зерттеу тақырыбына толық сәйкес келеді деп есептеймін.	

		2. Екінші мақала импакт-факторы жоғары Q2 санатындағы халықаралық журналда жарияланған және жоғары ғылыми деңгейге ие. Зерттеу жұмысында LoRaWAN желілерінде жіберу параметрлерін оңтайландыру үшін күшейтілген оқыту алгоритмдері қолданылып, стандартты Adaptive Data Rate (ADR) механизмімен салыстырмалы талдау жүргізілген. Алынған нәтижелер пакеттерді жеткізу коэффициенті айтарлықтай жақсарғанын көрсетеді. Сондықтан, бұл мақала ізденушінің зерттеу тақырыбына толық сәйкес келеді деп санаймын. 3. Үшінші шолу мақала жоғары импакт-факторы бар халықаралық журналда жарияланған. Бұл жұмыста RSSI fingerprint әдісіне және машиналық оқыту алгоритмдеріне негізделген локализация тәсілдеріне жан-жақты талдау жасалып, олардың артықшылықтары мен шектеулері жүйелі түрде қарастырылған. Мақала зерттеу тақырыбының теориялық негізін тереңдетіп, диссертациялық жұмыстың ғылыми мазмұнын толықтырады. Сондықтан, аталған жұмыс ізденушінің зерттеу бағытына толық сәйкес келеді деп есептеймін.
13.	Ресми рецензенттің шешімі (осы Үлгі ереженің 28-тармағына сәйкес)	Жоғарыда айтылғандарды негізге ала отырып, «8D06201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған **Жоламанов Батырбек Нұрыллаұлының** «Сымсыз сенсорлық желілерде машиналық оқытумен түйіндерді локализациялау дәлдігін және деректерді жіберу тиімділігін арттыру» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы философия докторы (PhD) дәрежесін беру қағидаларының талаптарына толық сәйкес келеді. Жоламанов Батырбек Нұрыллаұлына философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін беру ұсынылады.

Ресми рецензент:

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Ақпараттық жүйелер кафедрасы,
PhD, профессор _____ Жукабаева Тамара Кокеновна

Қолын куәландырамын
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ
ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
КАДР ҚЫЗМЕТІ
«___» _____ 20___ г.