

«8D06201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған Болатбек Асхат Бауыржанұлының «Ашық және жабық кеңістіктегі сымсыз сенсорлық желілердің мобильді түйіндерінің орнын болжауға арналған жүйе» 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 (ФЗЖ) жоспарларына сәйкес орындалған.
		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.	Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағыты «Ақпараттық, коммуникациялық және ғарыштық технологиялар» бағытына сәйкес келеді.
2.	Ғылым үшін маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін <u>қосады</u> /қоспайды, ал оның маңыздылығы <u>ашылған</u> /ашылмаған.	Диссертациялық жұмыста ашық және жабық кеңістіктегі сымсыз сенсорлық желілерде мобильді түйіндердің орнын болжау дәлдігін арттыруға бағытталған тиімді әдістемелік шешімдер ұсынылған, бұл аталған саладағы маңызды ғылыми нәтиже болып табылады. Сонымен қатар, RSSI деректерін секторизациялау, радиокартаны шектеулі өлшеулер негізінде қалпына келтіру және

			салмақталған центроидтық локализация әдісін машиналық оқыту модельдерімен біріктіру тәсілдері локализация сапасын жақсартудың ғылыми негізделген жолдарын көрсетеді. Осылайша, алынған нәтижелер сымсыз сенсорлық желілер мен LoRaWAN негізіндегі локализация жүйелерін одан әрі дамытуға елеулі ғылыми және практикалық үлес қосады.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі:	Автордың өзіндік зерттеу жұмысының деңгейі жоғары. Ізденуші теориялық талдауды, зерттеу құрылымын әзірлеуді, жабық кеңістіктегі тәжірибелік жүйені ұйымдастыруды, деректерді жинау мен алдын ала өңдеуді, локализация және радиокартаны қалпына келтіру алгоритмдерін жасауды, машиналық оқыту модельдерін оқыту мен баптауды, сондай-ақ нәтижелерді талдау және салыстыру жұмыстарын тікелей өзі орындаған. Жалпы алғанда, диссертация автордың жеке ғылыми ізденісінің нәтижесі болып табылады.
		1) жоғары;	
		2) орташа;	
		3) төмен;	
		4) өзі жазбаған.	
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі:	Диссертациялық жұмыстың өзектілігі IoT жүйелері, ақылды ғимараттар, ақылды қала инфрақұрылымы және мобильді робототехника салаларында сымсыз сенсорлық желілердегі түйіндердің орнын дәл анықтау қажеттілігінің артуымен байланысты. Жабық кеңістікте RSSI деректерінің тұрақсыздығы, ал ашық кеңістікте LoRaWAN желілеріндегі ғимараттар мен шлюздердің әркелкі орналасуы локализация дәлдігін шектейді. Осыған байланысты RSSI деректерін тиімді өңдеу, радиокартаны шектеулі өлшеулер негізінде қалпына келтіру және машиналық оқытуға негізделген гибриді локализация әдістерін әзірлеу маңызды ғылыми әрі
		1) негізделген;	
		2) ішінара негізделген;	
		3) негізделмеген.	

			практикалық міндет болып табылады. Мұның бәрі аталған зерттеудің өзектілігін айқындайды.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды:	Диссертациялық жұмыстың мазмұны көрсетілген тақырыпқа толық сәйкес келеді және логикалық тұрғыдан анық әрі жүйелі түрде баяндалған. Төрт бөлім және олардың бөлімшелері үйлесімді құрылымдалған және зерттеу тақырыбын толық қамтиды.
		1) <u>айқындайды;</u>	
		2) ішінара айқындайды;	
		3) айқындамайды.	А.Б. Болатбектің зерттеу жұмысы барысында қойған мақсаты мен міндеттері тақырыпқа толықтай сәйкес келеді.
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:	
		1) <u>сәйкес келеді;</u>	
		2) ішінара сәйкес келеді;	Диссертациялық жұмыс кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан және әдебиеттер тізімінен тұрады. Бірінші бөлім сымсыз сенсорлық желілерде мобильді түйіндердің орнын болжау мәселесінің қазіргі жағдайы, қолданылатын технологиялар мен әдістерге шолуға арналған. Екінші бөлімде жабық кеңістікте деректерді секторизация әдісі негізінде алдын-ала өңдеу арқылы мобильді түйіндердің орнын болжау және машиналық оқыту модельдерінің нәтижелері көрсетілген. Үшінші бөлім радиокартаны қалпына келтіру мәселесіне арналған. Ал төртінші бөлім ашық кеңістіктегі LoRaWAN түйіндерінің орнын болжау үшін гибридіті әдіс және машиналық оқыту модельдерін баптау жұмыстарына арналған. Диссертациялық жұмыс бөлімдері логикалық түрде байланысқан: материал ретімен ұсынылған, әрбір бөлімде қорытынды жасалған және келесі бөлімдер тақырыпты одан әрі дамытып отырады.
		3) сәйкес келмейді.	
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан:	
		1) <u>толық байланысқан;</u>	
		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 қорытындылар ғылыми негізділігімен ерекшеленеді және тиісті тәжірибелер арқылы расталған. Автор ұсынған әдістемелік шешімдерге толықтай талдау жүргізіліп, олардың тиімділігі, практикалық маңызы және әрбір тәсілдің мүмкіндіктері мен шектеулері сыни тұрғыдан қарастырылған.
		1) <u>сыни талдау бар;</u>	
		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 жабық кеңістіктегі LoRaWAN сымсыз сенсорлық желілерінде мобильді түйіндердің орнын болжау дәлдігін арттыру секторизация әдісін машиналық оқыту модельдерімен бірге қолданған, бұл қозғалыс траекториясының күрделілігіне байланысты RSSI деректеріне ғана негізделген әдістермен салыстырғанда локализация дәлдігін 19%-ға дейін арттыруға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, жабық кеңістікте шектеулі өлшеулер негізінде радиокартаны қалпына келтіру үшін локалды салмақталған регрессия әдісі қолданылып, оның дәстүрлі интерполяция әдістерімен салыстырғанда RSSI орташа қателігін 32%-ға төмендететіні дәлелденді. Ашық кеңістіктегі LoRaWAN желілерінде автор салмақталған центроидты локализация әдісін машиналық оқыту модельдерімен толықтырылған гибриді тәсіл ретінде ұсынып, бұл әдістің тек машиналық оқытуға негізделген тікелей болжау модельдерімен салыстырғанда түйіндердің орнын анықтаудың орташа қателігін 29%-ға төмендететінін көрсетті.
		1) <u>толығымен жаңа;</u>	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма?	

		1) <u>толығымен жаңа;</u>	Диссертациялық жұмыстың қорытындылары толығымен жаңа және импакт факторы жоғары ғылыми журналдарда жарияланған деректермен расталған.
		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?	
		1) <u>толығымен жаңа;</u>	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	Техникалық, технологиялық және әдістемелік шешімдері толықтай жаңа және 2026 жылғы № 69347 авторлық куәлікпен расталған.
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық негізгі қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде <u>негізделген</u> /негізделмеген (qualitative research (куолитатив ресеч) және өнер және гуманитарлық ғылымдар бойынша даярлық бағыттары үшін).	Диссертациялық жұмыстың қорытындылары зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып ғылыми тұрғыдан негізделген, қолданылған әдістемелік тәсілдер өзара логикалық байланыста жүйеленген және алынған деректерге сәйкес нақты тұжырымдалған.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет:	Тұжырым №1 • LoRaWAN сымсыз сенсорлық желілерінде секторизация әдісі жабық кеңістіктегі мобильді түйіндердің орнын болжау дәлдігін қозғалыс траекториясының күрделілігіне байланысты 19%-ға дейін арттырады. 7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 ия 7.4 кең 7.5 ия Тұжырым №2 • Жабық кеңістікте радиокартаны қалпына келтіру кезінде локалды салмақталған регрессияны (Locally Weighted Regression, LWR) қолдану дәстүрлі интерполяция әдісіне қарағанда қабылданған
		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;	сигнал қуаты көрсеткішінің (Received Signal Strength Indicator, RSSI) орташа қателігін 32%-ға төмендетеді. 7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 ия 7.4 кең 7.5 ия Тұжырым №3 • Салмақталған центроидты локализация (Weighted Centroid Localization, WCL) әдісін қолдану ашық кеңістіктегі LoRaWAN желі түйіндерінің орнын болжаудың орташа қателігін 29%-ға төмендетеді. 7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 ия 7.4 кең 7.5 ия
		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.	
8.	Дәйектілік қағидаты. Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	8.1 Әдіснаманы таңдау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған:	Диссертациялық жұмыста қолданылған әдіснама жан-жақты негізделіп, зерттеу мақсаты мен міндеттеріне сәйкес нақты жазылған.
		1) ия;	
		2) жоқ.	Диссертациялық жұмыс барысында сигналдың таралуын модельдеу, радиокартаны қалпына келтіру және нәтижелерді талдау RSSI деректерін секторизациялау, локалды салмақталған регрессия, салмақталған центроидты локализация және Python ортасындағы машиналық оқыту модельдері қолдану негізінде жүзеге асырылған.
		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.	

		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, модельдер және анықталған өзара байланыстар мен заңдылықтар тәжірибелік зерттеулер нәтижелерімен дәлелденген, ал зерттеудің нәтижелері 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 және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған.
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті /жеткіліксіз.	Әдеби шолу үшін пайдаланылған әдебиеттер тізімі толығымен жеткілікті. Диссертациялық жұмыстағы сілтемелердің жалпы саны – 107.
9	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы:	Диссертациялық жұмыстың теориялық маңыздылығы жоғары деңгейде, себебі зерттеу нәтижелерін сымсыз сенсорлық желілерде RSSI деректерін өңдеу, радиокартаны қалпына келтіру және машиналық оқытуға негізделген гибридті локализациялау модельдерін құру барысында қолдануға болады.
		1) бар;	
		2) жоқ.	
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:	Диссертациялық жұмыстың практикалық маңыздылығы бар, себебі алынған нәтижелерді ашық және жабық кеңістіктегі сымсыз сенсорлық желілерде мобильді түйіндердің орнын болжау дәлдігін арттыруда, радиокартаны қалпына келтіруде және LoRaWAN негізіндегі локализация жүйелерін әзірлеуде пайдалануға болады.
		1) ия;	
		2) жоқ.	
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма?	Диссертациялық жұмыста көрсетілген практикалық ұсыныстар жаңа, ашық және жабық кеңістіктегі сымсыз сенсорлық желілерде мобильді түйіндердің
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	

		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	орнын анықтау дәлдігін арттыруға, шектеулі өлшеулер негізінде радиокартаны қалпына келтіруге және LoRaWAN желілеріндегі локализация жүйелерінің тиімділігін жақсартуға елеулі үлес қосады.
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы: 1) жоғары; 2) орташа; 3) орташадан төмен; 4) төмен.	Диссертациялық жұмыс ғылыми-техникалық терминдерді қолдана отырып, түсінікті түрде жазылған. Жұмыстың академиялық жазу сапасы жоғары деңгейде орындалған.
11.	Диссертацияға ескертулер	Диссертациялық жұмысқа 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)	Диссертациялық жұмыс негізінде орындалған ғылыми мақалалардың деңгейі жоғары.	
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 Болатбек Асхат Бауыржанұлының «Ашық және жабық кеңістіктегі сымсыз сенсорлық желілердің мобильді түйіндерінің орнын болжауға арналған жүйе» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы философия докторы (PhD) дәрежесін беру ережелерінің талаптарына сәйкес келеді. Болатбек Асхат Бауыржанұлына философия докторы (PhD) дәрежесін беру ұсынылады.	

Ресми рецензент:

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар
кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD



Досбаев Жандос Махсұтулы