

«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 жұмысы (ҒЗЖ) аясында 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 қосады /қоспайды, ал оның маңыздылығы ашылған /ашылмаған.	Диссертациялық жұмыста жүргізілген зерттеулер сымсыз сенсорлық желілерде мобильді түйіндердің орнын анықтау дәлдігін арттыру мәселесіне елеулі ғылыми үлес қосады және оның өзектілігі жан-жақты негізделген. Жұмыста ұсынылған RSSI деректерін секторизациялау, шектеулі өлшеулер негізінде радиокартаны қалпына келтіру және салмақталған центроидтық локализация әдісін

			машиналық оқыту модельдерімен біріктіру тәсілдері локализация саласындағы маңызды ғылыми нәтижелер болып табылады. Зерттеудің маңыздылығы ұсынылған әдістердің локализация қателігін азайтуға, өлшеу деректерін тиімді пайдалануға және ашық әрі жабық кеңістіктегі LoRaWAN жүйелерінің практикалық қолдану мүмкіндігін арттыруға бағытталуымен расталады.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) <u>жоғары;</u> 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған.	Ізденуші зерттеуді өз бетінше жүргізіп, алынған нәтижелерді теориялық тұрғыдан талдау, модельдеу және ғылыми негізде түсіндіру жұмыстарын сауатты жүзеге асырған. Жұмыстың құрылымы, материалды баяндау нақтылығы және тұжырымдардың дәлелділігі автордың академиялық жазу деңгейінің жоғары екенін көрсетеді.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1) <u>негізделген;</u> 2) ішінара негізделген; 3) негізделмеген.	Диссертациялық жұмыстың өзектілігі ашық және жабық кеңістіктегі сымсыз сенсорлық желілерде мобильді түйіндердің орнын анықтау IoT жүйелері, ақылды ғимараттар, ақылды қала инфрақұрылымы және мобильді робототехника үшін ерекше маңызды болып табылуымен байланысты. Зерттеуде ұсынылған RSSI деректерін секторизациялау, шектеулі өлшеулер негізінде радиокартаны қалпына келтіру тәсілдері локализация қателігін азайтуға, өлшеу деректерін тиімді пайдалануға және күрделі орта жағдайларында модельдердің тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді. Жалпы алғанда, диссертациялық жұмыс сымсыз сенсорлық желілер мен LoRaWAN негізіндегі локализация жүйелерін одан әрі дамытуға бағытталған сұранысқа ие ғылыми және практикалық шешімдерді ұсынатындықтан өзекті болып табылады.

		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды:	Диссертациялық жұмыстың мазмұны таңдалған тақырыпқа сәйкес дәйекті әрі логикалық құрылымда баяндалған. Бөлімдер арасындағы өзара байланыс сақталып, зерттеу мәселесі жан-жақты ашылған, бұл жұмыстың ғылыми мазмұнының толықтығы мен негізділігін растайды.
		1) <u>айқындайды;</u>	
		2) ішінара айқындайды;	
		3) айқындамайды.	
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:	Зерттеу барысында қойылған мақсат пен міндеттер диссертация тақырыбына толық сәйкес келеді.
		1) <u>сәйкес келеді;</u>	
		2) ішінара сәйкес келеді;	
		3) сәйкес келмейді.	
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан:	Диссертациялық жұмыстың құрылымы жүйелі түрде жасалған, әрбір бөлім алдыңғы бөліммен логикалық байланыста жалғасып, зерттеудің мазмұнын біртұтас ғылыми еңбек ретінде толық ашады.
		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 ұсынылған әдістер мен нәтижелер теориялық және тәжірибелік тұрғыдан негізделіп, қолданыстағы шешімдермен салыстыру арқылы бағаланған. Алынған нәтижелерге сыни талдау жүргізіліп, олардың ғылыми және практикалық маңыздылығы айқындалған.
		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 сымсыз сенсорлық желілерде мобильді түйіндердің орнын анықтау дәлдігін арттыруға бағытталған жаңа әдістемелік тәсілдер ұсынылған. Ұсынылған шешімдер RSSI деректерін тиімді өңдеуге, радиокартаны шектеулі өлшеулер негізінде қалпына келтіруге және ашық әрі жабық кеңістіктегі LoRaWAN желілерінде
		1) <u>толығымен жаңа;</u>	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	

			локализация сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Осылайша, алынған ғылыми тұжырымдар сымсыз сенсорлық желілердегі локализация әдістерін жетілдірудің жаңа бағыттарын айқындайды.
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма?	Диссертацияда алынған қорытындылар жаңа және олар импакт-факторы жоғары ғылыми журналдарда жарияланған зерттеу нәтижелерімен расталады.
		1) <u>толығымен жаңа;</u>	
		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 2026 жылғы 31 наурыздағы № 69347 авторлық куәлікпен расталған.
		1) <u>толығымен жаңа;</u>	
		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 <u>негізделген</u> /негізделмеген (qualitative research (куолитатив ресеч) және өнер және гуманитарлық ғылымдар бойынша даярлық бағыттары үшін).	Диссертациялық жұмыста ұсынылған негізгі қорытындылар жеткілікті ғылыми дәлелдерге сүйене отырып негізделген және теориялық талдау, модельдеу нәтижелері мен эксперименттік деректер арқылы расталған, бұл олардың ғылыми сенімділігін көрсетеді.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет:	Тұжырымдама №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
		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;	Тұжырымдама №2 - Жабық кеңістікте радиокартаны қалпына келтіру кезінде локалды салмақталған регрессияны (Locally Weighted Regression, LWR) қолдану дәстүрлі интерполяция әдісіне қарағанда қабылданған 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 Тұжырымдама №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 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.	
8.	Дәйектілік қағидаты. Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	8.1 Әдіснаманы таңдау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған:	Диссертациялық жұмыстың зерттеу әдіснамасы нақты айқындалып, мақсат пен міндеттерге сәйкес таңдалған. Онда RSSI деректерін өңдеу, радиокартаны қалпына келтіру және машиналық оқытуға негізделген локализация әдістері қолданылған.
		1) ия;	
		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 деректерді өңдеу, радиокартаны қалпына келтіру және мобильді түйіндердің орнын болжау машиналық оқыту әдістері негізінде орындалған. Атап айтқанда, Python ортасында RSSI деректерін өңдеу, локалды салмақталған регрессия және машиналық оқытуға негізделген гибридті локализация модельдері қолданылып, зерттеу нәтижелерінің сенімділігі мен ғылыми негізділігі қамтамасыз етілген.
		1) <u>ия;</u>	
		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):	Зерттеу барысындағы теориялық қорытындылар мен модельдер, сондай-ақ анықталған негізгі заңдылықтар модельдеу және эксперименттік деректер негізінде ғылыми тұрғыдан негізделіп, расталған.
		1) <u>ия;</u>	
		2) жоқ.	
9	Практикалық құндылық қағидаты	8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен <u>расталған</u> / ішінара расталған / расталмаған.	Диссертациялық жұмыста келтірілген негізгі тұжырымдар өзекті ғылыми әдебиеттерге және сенімді дереккөздерге сүйене отырып расталған.
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға <u>жеткілікті</u> /жеткіліксіз.	Диссертациялық жұмыста пайдаланылған әдебиеттер тізімі зерттеу тақырыбын жан-жақты ашуға мүмкіндік беретін өзекті әрі тиісті ғылыми дереккөздерден тұрады.
		9.1 Диссертацияның теориялық маңызы:	Жұмыстың теориялық маңыздылығы RSSI деректерін өңдеу, радиокартаны қалпына келтіру және машиналық оқытуға негізделген гибридті локализация әдістерін ұсыну және негіздеуде жатыр. Алынған нәтижелер сымсыз сенсорлық желілерде локализация дәлдігін арттыруға қатысты ғылыми түсініктерді толықтырады.
		1) <u>бар;</u>	
		2) жоқ.	

		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:	Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді нақты қолдану әлеуеті жоғары. Атап айтқанда, ұсынылған әдістерді IoT, ақылды ғимараттар, мобильді робототехника және LoRaWAN негізіндегі қалалық мониторинг жүйелерінде мобильді түйіндердің орнын дәл анықтау, радиокартаны қалпына келтіру және локализация жүйелерінің тиімділігін арттыру үшін пайдалануға болады.	
		1) <u>ия;</u>		
		2) жоқ.		
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма?		Диссертациялық жұмыста ұсынылған практикалық шешімдер жаңа әрі өзекті болып табылады, олар сымсыз сенсорлық желілерде мобильді түйіндердің орнын дәл анықтауға, шектеулі өлшеулер жағдайында радиокартаны тиімді қалпына келтіруге және LoRaWAN негізіндегі жүйелердің қолданбалы мүмкіндіктерін кеңейтуге бағытталған.
		1) <u>толығымен жаңа;</u>		
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);		
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).		
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы:	Диссертациялық жұмыс академиялық жазу талаптарына сай орындалған, материалдар түсінікті, дәл әрі ғылыми баяндау стиліне сәйкес ұсынылған.	
		1) <u>жоғары;</u>		
		2) орташа;		
		3) орташадан төмен;		
		4) төмен.		
11.	Диссертацияға ескертулер	Диссертациялық жұмыста ұсынылған әдістердің әртүрлі кеңістіктік масштабтар мен радиожилік орта жағдайларындағы қолданылу ерекшеліктерін болашақ зерттеулерде кеңірек қарастыруға болады. Сонымен қатар, ұсынылған әдістердің ұзақ мерзімді эксперименттік деректер негізіндегі тұрақтылығын және радиожилік ортаның динамикалық өзгерістеріне бейімделу мүмкіндігін қосымша зерттеу, ғылыми және практикалық қолданылу аясын кеңейтуге мүмкіндік береді. Бұл ескертулер ұсыныстық сипатта және олар зерттеу сапасына, жұмыстың ғылыми жаңалығына немесе нәтижелердің жарамдылығына кері әсерін тигізбейді.		

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)	Ізденушінің жарияланымдары ғылыми деңгейінің жоғарылығымен ерекшеленеді және заманауи ғылыми басылымдарға қойылатын талаптарға сәйкес дайындалған.
13.	Ресми рецензенттің шешімі (осы Үлгі ереженің 28-тармағына сәйкес)	Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, Болатбек Асхат Бауыржанұлына «8D06201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беру ұсынылады.

Ресми рецензент:

Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті,
Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
кафедрасының меңгерушісі, техника ғылымдарының
кандидаты, қауымдастырылған профессор



Бахтиярова Елена Ажибековна

