«8D06102 – Компьютерлік инженерия» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған Атаниязова Айсулу Саламатовнаның «Жерді қашықтықтан зондтау деректері мен машиналық оқыту әдістері негізінде Қазақстанның оңтүстігіндегі жер қыртысының деградация дәрежесін бағалау» 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: 1) диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірін көрсету); 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.	Ізденушінің «Жерді қашықтықтан зондтау деректері мен машиналық оқыту әдістері негізінде Қазақстанның оңтүстігіндегі жер қыртысының деградация дәрежесін бағалау» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы ғылымды дамытудың басым бағыттарына сәйкес келеді. Диссертациялық жұмыс мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын «Қазақстанның оңтүстігіндегі топырақтың тұзденуі мен ауыл шаруашылығы алқаптарының тозуын сандық бағалауға арналған ГАЖ және ғарыштық мониторинг» – мемлекеттік тіркеу №0121РК00830, 2021–2023 жж. нысаналы бағдарлама аясында орындалған.
2.	Ғылым үшін маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады/қоспайды, ал оның маңыздылығы ашылған/ашылмаған.	Диссертациялық жұмыс ЖҚЗ деректері мен машиналық оқыту әдістерін біріктіру арқылы топырақ тұзденуын бағалаудың өзекті ғылыми мәселесін шешуге бағытталған. Оның ғылыми

			маңыздылығы – әртүрлі деректерді интеграциялау негізінде дәлдігі жоғары жаңа әдістеменің ұсынылуында. Практикалық тұрғыдан бұл әдіс ауыл шаруашылығы жерлерінің жағдайын жедел бағалауға және тиімді басқару шешімдерін қабылдауға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері жер ресурстарын мониторингтеу мен цифрландыру жүйелерін дамытуға нақты үлес қосады.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) жоғары; 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған.	Диссертация құрылымы жүйелі, ғылыми стиль сақталған, ұғымдық аппарат бірізді, әдістемелік бөлімдер мен нәтижелер қисынды баяндалған. Автор зерттеу логикасын өзектіліктен бастап әдіснама, тәжірибелік тексеру және қорытындыға дейін дәйекті түрде ашады. Бұл жұмыс мазмұнының тұтастығы мен академиялық жазу мәдениетінің жеткілікті жоғары екенін көрсетеді.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1) негізделген; 2) ішінара негізделген; 3) негізделмеген.	Диссертация тақырыбының өзектілігі Қазақстанның оңтүстігінде топырақ деградациясының, әсіресе тұздану үдерісінің күшеюі жағдайында, оны жедел әрі дәл бағалаудың қажеттілігімен негізделген. Бұл қажеттілік дәстүрлі әдістердің шектеулілігі және кең аумақтарды

			қамтитын заманауи тәсілдердің жеткіліксіздігімен айқындалады. Осыған байланысты ЖҚЗ деректері мен машиналық оқыту әдістерін біріктіру ғылыми тұрғыдан негізделген және тиімді шешім ретінде қарастырылады. Сонымен қатар, зерттеу бағыты жер ресурстарын цифрландыру және тұрақты басқару бойынша мемлекеттік басымдықтарға сәйкес келеді.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды:	Диссертация мазмұны тақырыпқа толық сәйкес келеді: бірінші бөлімде әдеби шолу, екінші бөлімде топырақ тұзданuын машиналық оқыту арқылы бағалау, үшінші бөлімде кеңістіктік-уақыттық талдау берілген.
		1) айқындайды;	
		2) ішінара айқындайды;	
		3) айқындамайды.	
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:	Жұмыстың мақсаты далалық өлшеулер мен ЖҚЗ деректерін біріктіру негізінде топырақ тұзданuын бағалау әдісін әзірлеуге және картаға түсіруге бағытталған. Зерттеу міндеттері әдеби шолудан бастап деректер жиынын құру, модельдерді оқыту, салыстырмалы бағалау, SHAP талдауы және картографиялауға дейін мақсатты толық ашады.
		1) сәйкес келеді;	
		2) ішінара сәйкес келеді;	
		3) сәйкес келмейді.	
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан:	Әдеби шолуда анықталған ғылыми алғышарттар келесі бөлімде нақты әдістемелік шешімдерге ұласады, ал
		1) толық байланысқан;	

		2) ішінара байланысқан;	үшінші бөлімде алынған әдістердің кеңістіктік-уақыттық қолданылуы көрсетілген. Қорғауға ұсынылған тұжырым негізгі нәтижелермен және қорытындылармен мазмұндық тұрғыдан өзара байланысқан.
		3) байланыс жоқ.	
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:	Ұсынылған әдіс оптикалық деректерге, оптикалық және радарлық деректер үйлесіміне негізделген қолданыстағы әдістермен салыстырылған. Интерпретация әдісін қолдану арқылы, VH белгілері, температура және ылғалдылық факторларының модель болжамына ықпалы түсіндірілген.
		1) сыни талдау бар;	
		2) талдау ішінара жүргізілген;	
		3) талдау өз пікіріне емес, басқа авторлардың сілтемелерінѐ негізделген;	
		4) талдау жоқ.	
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен ережелер жаңа ма?	Спутниктік деректер, спектрлік индекстер, GLCM және машиналық оқыту алгоритмдерін біріктіретін кешенді бағалау әдісі Қазақстанның оңтүстігіндегі нақты табиғи-географиялық жағдайға бейімделіп, бірыңғай интеграцияланған конвейер ретінде қолданылуы, далалық өлшеулермен калибрленуі және аймақтық қолданбалы нәтиже беруі зерттеудің жаңалығын қамтамасыз етеді.
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма?	Қорытындыда нәтижелер ЭӨ өлшемдері мен Sentinel деректерін кешенді өңдеу арқылы тұздануды сандық бағалау мәселесінің шешімі ретінде қарастырылады. Бұл ретте
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	

			аймақ/деректер жиыны үшін мазмұндық тұрғыдан жаңа қорытындылар ұсынылып, сонымен қатар заманауи тәсілдермен әдістемелік сабақтастық сақталғаны көрсетіледі.
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?	Технологиялық шешім «өріс-зертхана → Sentinel-1/2 өңдеу → белгілерді қалыптастыру (индекстер, GLCM, геофизика) → МО модельдерін оқыту → валидация → картаға түсіру» логикалық қайталанатын конвейер ретінде жасалған және оның дұрыстығы метрикалық кестелермен және деректер конфигурацияларын салыстырмалы талдаумен расталған. Нәтижені тәжірибеге бағдарланған бекіту ұсынылған шешімнің қолданбалы сипатын қосымша көрсетеді.
		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).	Негізгі қорытындылар 203 топырақ сынамасына, зертханалық электр өткізгіштік өлшемдеріне, спутниктік деректердің бірнеше түріне, оқыту және тестілік деректер таңдамасына бөлу және ShuffleSplit айқаспалы валидациясына, R^2, RMSE, MAPE бағалау метрикаларына және SHAP түсіндірмесіне сүйеніп шығарылған.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет:	7.1 Ереже дәлелденді ме? Ереже далалық өлшеулер, зертханалық талдау, спутниктік және
		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.	қосымша геодеректер, модельдерді валидациялау, сапа метрикалары және салыстырмалы нәтижелер арқылы негізделген. 7.2 Тривиалды ма? Жоқ, бұл тұжырым белгілі спутниктік индекстерді жай қолданумен шектелмейді; онда әртекті деректерді біріктіру, ақпараттық белгілерді шығару, модельдерді салыстыру және өңірлік калибрлеу қарастырылған. 7.3 Жаңа ма? Тұжырымның жаңашылдығы Қазақстанның оңтүстігі жағдайында радарлық, оптикалық, рельефтік және температуралық деректерді бір деректер қорына біріктіріп, 10 м дәлдікте топырақтың электр өткізгіштігін болжау, тұздану дәрежесін зерттеу аймағы бойынша кеңістіктік бағалау, оны карталар түрінде визуалды ұсынудың артықшылығын сандық түрде растаумен көрсетілген. 7.4 Қолдану деңгейі: орташа. Диссертацияда ұсынылған әдіс суармалы ауыл шаруашылығы аймақтарында топырақ тұзденуын бағалау және картографиялау үшін тиімді. Алайда оны қолдану белгілі бір кәсіби дағдыларды талап етеді, атап айтқанда: қашықтықтан

			зондтау деректерін өңдеу, геоақпараттық жүйелермен (ГАЖ) жұмыс істеу, машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану және нәтижелерді интерпретациялау. Сонымен қатар, әдіс спутниктік және далалық деректердің қолжетімділігіне тәуелді. 7.5 Мақалада дәлелденген бе? Иә, қорытынды Scopus/Web of Science және ҒЖБССҚК ұсынған журналдарда жарияланған мақалаларда машиналық оқыту модельдерін бағалау метрикаларының нақты көрсеткіштерімен дәлелденген, бұл егізгі нәтижелердің жария ғылыми кеңістікте апробациядан өткенін көрсетеді.
8.	Дәйектілік қағидаты.	8.1 Әдіснаманы таңдау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған:	Әдіснамада деректерді жинау, алдын ала өңдеу, GLCM белгілерін шығару, спектрлік индекстерді есептеу, машиналық оқыту модельдерін қолдану және картографиялау кезеңдері нақты берілген.
	Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	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:	Диссертация жұмысының нәтижелерін алу үшін спутниктік деректерді өңдеу, геоақпараттық жүйемен жұмыс, GLCM текстуралық талдауы, машиналық оқыту, SHAP интерпретациясы және көп мәртелік валидация сияқты
		1) ия;	
		2) жоқ.	

			заманауи сандық әдістер қолданылған.
		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):	Диссертация автордың жеке эксперименттік өлшемдер массивіне (203 сынама; 1:5 протоколы және 24 сағаттық тұндыру арқылы электр өткізгіштігін зертханалық анықтау) негізделеді және қорытындылардың модельдік расталуын көп мәрте айқаспалы валидация арқылы көрсетеді, нәтижелік кестелерде сандық метрикалар ұсынылған. Маңыздысы, деректерді біріктірудың тиімділігі туралы қорытынды декларативті сипатта емес: «оптикадан» «оптика+SAR»-ға, әрі қарай «оптика+SAR+геофизикалық факторларға» көшу кезінде сапаның жақсаруы көрсетілген, сондай-ақ жекелеген аудандар бойынша тұздану карталары ұсынылған.
		1) ия;	
		2) жоқ.	
		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған / ішінара расталған / расталмаған.	Негізгі әдістемелік ережелер (мысалы, спектрлік индекстерді есептеу және GLCM текстуралық талдауын сипаттау) тиісті дереккөздерге сілтемелермен бірге беріледі, ал құралдық бөлім (параметрлер, машиналық оқыту алгоритмдері, сапа метрикаларының формулалары) библиографиялық негіздері көрсетілген кестелер түрінде рәсімделеді.

		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті/жеткіліксіз.	Тұздану мәселесін зерттеуде аймақтық және жаһандық тәжірибелер кеңінен қамтылған. Әдеби шолу бөлімінде 83 дереккөзге сілтеме жасалған, одан бөлек зерттеу әдісінің сенімділігін растау, нәтижелерді талқылау үшін 37 ғылыми әдебиет пайдаланылған. Осындай пәнаралық сипаттағы міндеттер үшін бұл көлемді әдеби шолу жасауға және тәсілдерді таңдауды негіздеуге жеткілікті.
9	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы:	Жұмыстың теориялық маңызы тұздануды сандық бағалауға арналған интеграцияланған тәсілді формализациялауда көрінеді: ол көпсенсорлы белгілердің (Sentinel-1 SAR + Sentinel-2 оптика + геофизикалық факторлар) сызықтық емес функциясы ретінде қарастырылады. Сонымен қатар, модельдерді негізделген салыстыру нәтижесінде берілген деректер құрылымында Ridge-регрессияның анағұрлым «күрделі» ансамбльдермен салыстырғанда ұқсас немесе жоғары дәлдік көрсете алатыны дәлелденген. Теориялық интерпретацияны едәуір күшейтетін фактор ретінде параметрлердің үлесін талдауға арналған SHAP әдісін қолдану аталады, бұл модель
		1) бар;	
		2) жоқ.	

			нәтижелерін түсіндірілетін тәуелділіктер деңгейіне көшіреді.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:	Диссертацияның практикалық құндылығы ашық спутниктік деректерге бағдарланумен, агро- және экологиялық-мелиорациялық практикада мониторинг және басқару шешімдері үшін жарамды аудандар бойынша тұздану карталары түріндегі түпкілікті өнімді шығарумен айқындалады.
		1) ия;	
		2) жоқ.	
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма?	Практикалық ұсынымдар әлемдік деңгейде кеңінен танылған қағидаттарға негізделген, алайда диссертацияда олар Қазақстанның оңтүстігінің мақсатты аймақтары үшін технологиялық тұрғыда рәсімделген және эмпирикалық тұрғыда тексерілген кешен ретінде ұсынылған, сондай-ақ дереккөздерді біріктіру кезінде сапаның артуы көрсетілген. Конфигурацияларды сандық салыстырудың және қорытынды карталардың болуы «практикалық жаңалық бейімдеу мен верификация ретінде» деген аргументті күшейтеді.
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы:	Жұмыс құрылымдалған, ғылыми баяндау сақталған, терминологиясы бірізді, кесте, сурет, формула және әдістемелік сипаттамалар жеткілікті деңгейде рәсімделген.
		1) жоғары;	
		2) орташа;	
		3) орташадан төмен;	
		4) төмен.	

11.	Диссертацияға ескертулер		ЖҚЗ деректерінің маусымдық өзгерістерінің әсері талданғанымен, олардың модель нәтижесіне ықпалы тереңірек сандық тұрғыда көрсетілсе, жұмыстың сапасы артар еді. Машиналық оқыту модельдерінің параметрлерін таңдау процесін қысқаша толықтыру жұмыстың әдістемелік бөлігін күшейтер еді. Бұл ескертулер ғылыми нәтижелердің айқындығын арттыру сипатында және диссертациялық жұмыстың сапасына нұқсан келтірмейді.
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. Amirgaliyev Y., Mukhamediev R., Merembayev T., Kuchin Y., Ataniyazova A. Remote sensing and machine learning algorithms to predict soil salinity in southern Kazakhstan // Discover Sustainability. – 2024. – Vol. 5. – Article 363. – DOI: 10.1007/s43621-024-00594-8. Бұл мақаланы негізгі жұмыстардың бірі ретінде көрсетілген, ал диссертацияның әдіснамалық өзегі мақаланың тақырыбы мен мазмұнына сәйкес келеді. 2. Ataniyazova A., Merembayev T. Spatiotemporal assessment of soil salinity in irrigated agricultural lands of Kazakhstan using remote sensing // Journal of Problems in Computer Science and Information Technologies.

			– 2025. – Vol. 3, No. 3. – DOI: 10.26577/jpcsit2025332. Диссертацияда кеңістіктік-уақыттық талдау блогы және NDSI спутниктік индикаторының ЕС-мен корреляциясы бар, бұл тақырыптық түрде жарияланған мақалаға сәйкес келеді. 3. Амиргалиев Е., Атаниязова А., Мерембаев Т., Черикбаева Л., Касымова Д. Картирование засоленности почвы юга Казахстана на основе спутниковых изображений Sentinel-2 // Вестник КазАТК. – 2024. – Т. 132, № 3. – С. 194–205. – DOI: 10.52167/1609-1817-2024-132-3-194-205. Негізгі әдістеме мен нәтижелер Sentinel-деректер мен ML-модельдеуді кестелік көрсеткіштермен және валидациямен жүзеге асырады. 4. Omarova P., Amirgaliyev Y., Kozbakova A., Ataniyazova A. Application of physics-informed neural networks to river silting simulation // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13. – Article 11983. – DOI: 10.3390/app132111983. 5. Omarova P., Yang T., Ataniyazova A., Kozbakova A., Yedilkhan D. Assessment of air quality in the urban environment taking into account

			vegetation and building geometry // Journal of Ecological Engineering. – 2026. – Vol. 27, No. 2. – DOI: 10.12911/22998993/211688. Автордың заманауи модельдеу және МО әдістеріндегі құзыреттілігін растайды; диссертациямен байланысы пәндік емес, әдістемелік болып табылады, диссертацияға қосқан үлесі ілеспе (экологиялық мониторинг/кеңістіктік талдау) ретінде қарастырылады.
13.	Ресми рецензенттің шешімі (осы Үлгі ереженің 28-тармағына сәйкес)		«8D06102 – Компьютерлік инженерия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға лайық деп санаймын.

Ресми рецензент:
PhD, қауымдастырылған профессор
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Орынбасарова Эльмира Орынбасаровна