«8D06102 – Компьютерлік инженерия» білім беру бағдарламасы 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.	Ғылымды дамытудың басым бағыттарына сәйкес. Диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын келесі нысаналы бағдарлама аясында орындалған: «Қазақстанның оңтүстігіндегі топырақтың тұзденуы мен ауыл шаруашылығы алқаптарының тозуын сандық бағалауға арналған ГАЖ және ғарыштық мониторинг» – мемлекеттік тіркеу №0121РК00830, 2021–2023 жж. Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының – «Озық өндіріс, цифрлық және ғарыштық технологиялар» басым бағытына сәйкес келеді.
2.	Ғылым үшін маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады/қоспайды, ал оның маңыздылығы ашылған/ашылмаған.	Зерттеу жұмысының ғылыми үлесі қолданбалы ғылыми мәселені әдістемелік тұрғыдан толық шешумен айқындалады: спутниктік деректерді біріктіру және факторларды талдау негізінде топырақтың электрөткізгіштігі бойынша тұзденуды бағалау; гетерогенді деректерді қолдану арқылы дәлдіктің артуын көрсету және тұздану карталарын құру. Зерттеудің маңыздылығы топырақтың деградациясы мәселесін тұжырымдау және үлкен

			аумақтардағы дәстүрлі мониторингтің шектеулері арқылы көрсетіледі.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) жоғары; 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған.	Диссертациялық жұмыста далалық жұмыстар негізінде сынамалар алу, зертханалық өлшемдер, датасет құру, модельдерді оқыту және нәтижелерді картаға түсіру сипатталған. Одан бөлек, спутниктік деректер мен машиналық оқытуды топырақ тұзdануы есебін шешуде қолдану бойынша әдеби шолу кеңінен қамтылған. Бұл докторанттың зерттеу бағытын айқындай білу қабілеті мен жеке ізденісі негізінде өзі жазу деңгейінің жоғары екендігін көрсетеді.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1) негізделген; 2) ішінара негізделген; 3) негізделмеген.	Диссертациялық жұмыстың өзектілігі дәстүрлі далалық әдістердің еңбек, уақыт және қаржы шығыны жағынан шектеулілігін ескере отырып, топырақтың тұздану дәрежесін бағалауда қашықтықтан зондтау мен машиналық оқыту әдістерін қолданудың қажеттілігімен негізделген. Зерттеу тақырыбының ғылыми ғана емес, практикалық және мемлекеттік деңгейдегі маңызы да ашылған.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды: 1) айқындайды; 2) ішінара айқындайды; 3) айқындамайды.	Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды. Кіріспеде зерттеу мақсаты мен міндеттері нақты қойылып, әдеби шолу бөлімінде теориялық негіз қалыптастырылған. Екінші бөлімде деректер мен машиналық оқыту модельдері негізінде практикалық нәтижелер алынған. Үшінші бөлімде бұл нәтижелер кеңістіктік-уақыттық талдау арқылы жалғасын тапқан.
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: 1) сәйкес келеді; 2) ішінара сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді.	Зерттеу жұмысының міндеттері диссертация тақырыбының мазмұнын жан-жақты қамтиды және қойылған мақсатқа қол жеткізуге бағытталған.
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан:	Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері бір-бірін толықтырып, зерттеу идеясының бірізді және жүйелі дамуын қамтамасыз етеді. Жұмыстың негізгі нәтижелері екінші бөлімде

		1) толық байланысқан; 2) ішінара байланысқан; 3) байланыс жоқ.	ұсынылған, онда бірінші бөлімде берілген теориялық базаға сүйене отырып, деректер жинау, модель құру және нәтижелер алу мәселелері қарастырылған. Үшінші бөлімде алынған нәтижелердің кеңістіктік-уақыттық талдауы жасалып, зерттеудің практикалық және талдамалық жалғасы ретінде берілген.
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған: 1) сыни талдау бар; 2) талдау ішінара жүргізілген; 3) талдау өз пікіріне емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген; 4) талдау жоқ.	Жұмыста бірнеше регрессиялық модельдердің бірдей метрикалар негізінде жүйелі салыстырмалы талдауы жүргізілген. Сонымен қатар, кіріс деректер конфигурациялары (оптикалық деректер, оптика және радар деректері, оптикалық және радарлық деректердің контекстік айнымалылармен үйлесімі) өзара салыстырылып қарастырылған. Әртүрлі аудандар бойынша модель сапасындағы айырмашылықтардың себептері (ландшафттың күрделілігі, маусымдылық/ылғалдылық, тұздану дәрежесінің кеңістіктік әркелкілігі) жан-жақты талқыланған.
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен ережелер жаңа ма? 1) толығымен жаңа; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	Ғылыми нәтиже белгілі бір деректер көздері мен белгілердің үйлесімінде тұздануды сандық бағалау әдісін әзірлеу және тексеру ретінде тұжырымдалады, зерттеу барысында қолданылған алгоритмдер әлемдік тәжірибеде кеңінен танымал болғанымен, зерттелетін аймақ контекстінде және мәлімделген деректер жиынтығы үшін бұл жаңа нәтиже болып табылады.
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма? 1) толығымен жаңа; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	Қорытындылар диссертациялық жұмыста алынған нәтижелерге сүйене отырып жасалған. Әртүрлі типті деректерді қамтитын жаңа датасет жиналып, ұсынылған әдіс оптикалық деректерге негізделген бағалау әдісімен салыстырылған. Салыстыру нәтижесінде тұздану дәрежесін бағалау дәлдігі 15%-ға жоғары екендігі сандық көрсеткіштермен расталған
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе? 1) толығымен жаңа; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері ішінара жаңа болып табылады. Диссертациялық жұмыста ұсынылған шешімдер радиолокациялық және оптикалық деректерді рельеф пен температура параметрлерімен біріктіру тұздану процестерін кешенді бағалау

		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	мүмкіндігін арттырғанын көрсетеді. GLCM негізіндегі радиолокациялық микротекстуралық белгілердің ақпараттылығы дәлелденіп, олардың электр өткізгіштік көрсеткіштерімен сенімді байланысы анықталды.
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).	Барлық қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде негізделген. Ізденуші заманауи әдістер мен бағдарламалық құралдарды пайдаланып, нәтижесін көрсеткен. Қорытындылары диссертацияға қойылған міндеттерге сәйкес келеді.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет: 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:	7.1 Ереже дәлелденді ме? Диссертацияда ұсынылған әдістің дәлдігінің жоғары екендігі төрт датасет (Алакөл, Қонаев, Шелек зерттеу аймағы бойынша және біріктірілген датасет) үшін сандық дәлелдермен көрсетілген. 7.2 Тривиалды ма? Жоқ, зерттеу барысында далалық өлшеулер негізінде жаңа деректер жиыны қалыптастырылып, ол қашықтықтан зондтау деректерімен біріктірілген. Сызықтық және күрделі машиналық оқыту модельдерінің нәтижелері салыстырылып, SHAP әдісі арқылы модельдің түсіндірмелі талдауы жүргізілген. 7.3 Жаңа ма? Тұжырымның жаңалығы мультисенсорлық деректерді біріктіру арқылы жоғары кеңістіктік дәлдіктегі сандық бағалауды кешенді түрде іске асырумен және оның дәстүрлі әдістерден (спектрлік индекстер) артықшылығын сандық тұрғыда (~15%) дәлелдеумен негізделеді. 7.4 Қолдану деңгейі: орташа. Ұсынылған әдіс топырақ тұзденуін жедел әрі салыстырмалы түрде жоғары дәлдікпен бағалауға мүмкіндік береді, сондай-ақ оны ұқсас табиғи-географиялық жағдайларда қолдану әлеуеті жоғары. Дегенмен, әдісті тиімді қолдану үшін қашықтықтан зондтау деректерін өңдеу, машиналық оқыту алгоритмдерін құру және

		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.	геоақпараттық жүйелермен жұмыс істеу бойынша арнайы кәсіби білім мен дағдылар талап етіледі. 7.5 Мақалада дәлелденген бе? Иә, қорытынды отандық және халықаралық басылымдарда жарияланған мақалаларда сандық салыстырмалы талдау және нақты дәлдік/қателік көрсеткіштерімен расталған.
8.	Дәйектілік қағидаты.	8.1 Әдіснаманы таңдау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған:	Жұмыста деректер түрлері, Sentinel-1/2 спутниктік суреттерін өңдеу кезеңдері, модельдерді таңдау логикасы (шағын деректер жиынына байланысты терең оқытудан бас тартуды қоса алғанда), машиналық оқыту моделінің сапасын бағалау көрсеткіштерінің тізімі, валидация параметрлері, сондай-ақ интерпретацияға көзқарас егжей-тегжейлі жазылған.
	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:	Заманауи Жерді қашықтықтан зондтау және машиналық оқытуды өңдеу платформалары мен құралдары қолданылған (атап айтқанда, спутниктік деректер каталогтарымен жұмыс, индекстер мен белгілерді есептеу, модельдерді оқыту және түсіндіру). Спутниктік деректердің үлкен массивтерін өңдеу үшін геоплатформаларды қолдану жер бетін бақылаудағы қазіргі зерттеу тәжірибесіне сәйкес келеді.
		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):	Эксперименттік негіз ретінде электрөткізгіштік мәнінің зертханалық өлшемдері және оларды модельдердің болжамдарымен салыстыру жүреді; рельефтің рөлі, температура факторлары сияқты заңдылықтар статистика мен картографиялық талдаумен расталады. Спектрлік индекстер бойынша кеңістіктік-уақыттық талдаудың жеке блогы маусымдық және көпжылдық динамиканың заңдылықтарын эмпирикалық тексеруді кеңейтеді.
		1) ия;	
		2) жоқ.	
		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған / ішінара расталған / расталмаған.	Маңызды тұжырымдар мен енгізілген ұғымдар ізденуші тарапынан сенімді дереккөздер мен стандарттарға сілтемелер арқылы расталған. Дәлелсіз немесе күмәнді тұжырымдар анықталған жоқ, тіпті технологиялық аспектілер (мысалы, индекстердің параметрлері) де әдістемелік дереккөздермен дәйектелген.
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті/жеткіліксіз.	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті. Зерттеу барысында 120 ғылыми дереккөзге, оның ішінде Scopus деректер базасына кіретін жоғары рейтингті ғылыми мақалаларға, халықаралық конференция материалдарына, ҚР ҒЖБССҚК ұсынған ғылыми басылымдарда жарияланған мақалаларға сілтеме жасалған, бұл тақырыптың толық әрі жан-жақты зерттелгенін көрсетеді. Бұл дереккөздер зерттеу тақырыбының қазіргі ғылыми деңгейіне сай келеді және жұмыстың теориялық-әдістемелік негізін жеткілікті дәрежеде қамтамасыз етеді.
9	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы:	Диссертацияның теориялық маңызы спутниктік белгілерге тәуелді ӨӨ регрессиялық бағалауын ресімдеуден, машиналық оқытудың сызықтық регуляризация және градиенттік бустинг модельдерін салыстырмалы талдауынан, сондай-ақ факторларды SHAP әдісін қолдану арқылы интерпретациялаудан көрінеді, бұл деректерге қатысты қабылданған болжамдарды ескере отырып, модельдің болжамдық қабілетімен қатар оның түсіндірмелілігін де қамтамасыз етеді.
		1) бар;	
		2) жоқ.	

		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:	Диссертацияның практикалық маңызы ашық спутниктік деректерді және қайталанатын есептеу контурын пайдалануға байланысты. Тұздану карталары мен анықталған заңдылықтар агроэкологиялық мониторинг, тұздану ошақтарын ерте анықтау, мелиорациялық іс-шараларға басымдық беру және жер жағдайының динамикасын бағалау үшін қолдану мүмкіндігін арттырады.
		1) ия;	
		2) жоқ.	
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма?	Жұмыста ұсынылған тұздану карталарын құру әдістемесі, ауыл шаруашылығы алқаптарын көпжылдық және маусымдық бақылау әдісі, мелиорациялық шараларды жоспарлауға арналған деректер негізі сияқты практикалық шешімдер нақты қолданбалы бағытқа ие.
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы:	Диссертациялық жұмыс мәтінінің мазмұны сауатты және логикалық тұрғыдан үйлесімді, ғылыми терминдер дұрыс қолданылады. Жұмыс нәтижелерді қабылдауды жеңілдететін кең иллюстрациялық материалмен (43 сурет, 23 кесте) қамтамасыз етілген. Формулалар мен белгілер нақты көрсетілген, пайдаланылған дереккөздердің толық тізімі бар.
		1) жоғары;	
		2) орташа;	
		3) орташадан төмен;	
		4) төмен.	
11.	Диссертацияға ескертулер		Сонымен қатар жұмыста бірқатар ескертулер мен ұсыныстарды атап өткен жөн. Жұмыста жекелеген грамматикалық және орфографиялық қателер кездеседі, алайда олар жүргізілген зерттеулердің ғылыми мазмұны мен нәтижелеріне елеулі әсер етпейді. Зерттеу әдісі мен нәтижелері сипатталған бөлімде алдын ала өңдеу кезеңдерінің барлық қадамдары мен қолданылған параметрлерін жүйелейтін кестені енгізу орынды деп санаймын. Қосымшада машиналық оқыту моделінің «беріктігін» тексеру жоспарын (белгілер бойынша ablation-талдау, тәуелсіз немесе стратификацияланған валидация) ұсыну, сондай-ақ модельге тән типтік қателерге қысқаша талдау беру жұмыстың әдіснамалық негізділігін күшейтер еді. Бұл ескертулер жұмыстың айқындылығын арттыруға бағытталған және ғылыми нәтижелердің сапасына әсер етпейді.

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)		Докторант мақалаларының зерттеу тақырыбы бойынша ғылыми деңгейі жоғары. Ізденушінің жарияланымдық белсенділігі Scopus халықаралық дерекқорларында индекстелетін мақалаларды, сондай-ақ ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналдардағы жарияланымдарды қамтиды. Бұл диссертацияны қорғауға қойылатын белгіленген нормативтік талаптарға толық сәйкес келеді.
13.	Ресми рецензенттің шешімі (осы Үлгі ереженің 28-тармағына сәйкес)		Атаниязова Айсулу Саламатовнаның «Жерді қашықтықтан зондтау деректері мен машиналық оқыту әдістері негізінде Қазақстанның оңтүстігіндегі жер қыртысының деградация дәрежесін бағалау» атты диссертациялық жұмысы ғылыми жаңалығы, практикалық маңызы және нәтижелерінің негізділігі бойынша «8D06102 – Компьютерлік инженерия» PhD дәрежесіне сай келеді. Жұмыс ізденушінің біліктілігін дәлелдейтін, теориялық және практикалық мәні зор зерттеу болып табылады. Осыған орай, Атаниязова Айсулу Саламатовнаға PhD дәрежесін беруді ұсынамын.

Ресми рецензент:
PhD, «Ионосфера институты» ЖШС директоры **Нуракынов Серик Маратович**