FEN - EDEBİYAT FAKÜLTESİ
FACULTY OF ARTS AND SCIENCES
MATEMATİK BÖLÜMÜ
DEPARTMENT OF MATHEMATICS

ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY

DUMLUPINAR BULVARI 06800
ÇANKAYA ANKARA/TURKEY
T: +90 312 210 29 70
F: +90 312 210 29 72
odtu-math@metu.edu.tr
www.math.metu.edu.tr

REVIEW

of the foreign scientific advisor Professor Marat Akhmet for the dissertation thesis submitted by Aisulu Ataniyazova for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty 8D06102 – Computer Engineering, entitled «Assessment of soil degradation degree in Southern Kazakhstan based on remote sensing data and machine learning methods.»

The dissertation addresses the quantitative assessment and mapping of soil degradation in Kazakhstan by integrating field measurements and Earth observation data, complemented by modern machine-learning techniques. In the context of the stated specialty, the work is presented as an applied, data-intensive study that combines geospatial data pipelines, predictive modeling, and interpretability components, supported by GIS-based mapping and spatiotemporal analysis.

Research relevance and problem framing

Soil salinity is internationally recognized as a major factor in land degradation that undermines crop water uptake, nutrient availability, and overall soil functioning. The dissertation correctly frames salinization and soil degradation in southern Kazakhstan as a pressing environmental and agricultural challenge, particularly in irrigated landscapes where degradation processes can intensify over time. This relevance is strengthened by the author's emphasis on the operational need for timely, spatially explicit, and cost-effective monitoring, which traditional field-only surveys struggle to provide at scale. From an Earth observation standpoint, the selection of Sentinel-1 SAR and Sentinel-2 multispectral data aligns with current best practices for monitoring land surface processes: radar adds all-weather sensitivity to surface properties while multispectral imagery supports vegetation and soil indices; both missions provide consistent, open-access observations. The dissertation's motivation to integrate these sources with field electrical conductivity measurements is therefore conceptually well aligned with the modern remote-sensing literature on soil salinity mapping.

Key research achievements

The dissertation evaluates a set of machine-learning and regression algorithms spanning ensemble boosting and regularized linear models. Site-level results reported in the dissertation also indicate strong Ridge performance, supporting the author's conclusion that relatively "simple" regularized models can be highly competitive under limited-data conditions. An important methodological strength is the attention to model interpretability: the dissertation applies SHAP-based reasoning to examine the influence of input variables on model outputs and to support feature set optimization. This improves transparency and strengthens confidence for operational adoption, where interpretability is often required by

FEN - EDEBİYAT FAKÜLTESİ
FACULTY OF ARTS AND SCIENCES
MATEMATİK BÖLÜMÜ
DEPARTMENT OF MATHEMATICS

ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY

DUMLUPINAR BULVARI 06800
ÇANKAYA ANKARA/TURKEY
T: +90 312 210 29 70
F: +90 312 210 29 72
odtu-math@metu.edu.tr
www.math.metu.edu.tr

stakeholders. In addition to point-based predictive modeling, the dissertation presents salinity/degradation maps for selected study areas and provides a broader spatiotemporal assessment of salinization-related patterns (seasonal and multi-year), including specific geographic case studies and analyses of long-term vegetation trends.

Scientific contribution and originality

The dissertation's novelty is articulated as the development of a quantitative approach to salinization assessment in southern Kazakhstan, based on combining ground geophysical measurements with medium- to high-resolution remote sensing data. In particular, the defended statement emphasizes quantitative prediction of salinization degree (via EC) at approximately 10 m spatial resolution, and argues that combining radar, optical, relief, and temperature predictors increases mapping accuracy by about 15% relative to relying on "traditional" spectral indices alone.

From my assessment, the following aspects constitute genuine scientific and technical contributions:

First, the work provides a rational, technically sound multisource feature space for salinity prediction, highlighting the roles of radar texture descriptors and environmental covariates alongside optical indices, rather than relying solely on a single sensor family.

Second, the comparative modeling component is robust in breadth: by evaluating both flexible ensemble methods and regularized linear models, the dissertation offers a practically informative result – namely, that interpretably regularized methods can perform as well as, or better than, more complex methods in this applied geospatial setting.

Third, the transition from prediction at sampled locations to cartographic products and spatiotemporal monitoring adds applied value and demonstrates the author's ability to translate model outputs into decision-relevant geospatial insights.

Quality assessment

The dissertation is generally well-structured: it includes a substantive literature review of SAR and optical methods for soil salinity monitoring, discusses the integration of remote sensing with machine learning, and is followed by a methodology/results chapter and a dedicated spatiotemporal assessment chapter. The work is clearly motivated, and in its applied segments, it is consistent with operational realities such as cloud limitations for optical imagery, the value of SAR for continuous monitoring, and the necessity of field calibration for soil salinity proxies. The practical significance is convincingly stated: the proposed approach relies on open satellite data and can be implemented within agro-meliorative and environmental monitoring systems to support targeted interventions (irrigation/drainage planning, prioritization of degraded zones, and timely identification of salinity hotspots). This aligns with internationally promoted guidance on soil salinity monitoring and management, where improved mapping and early warning are seen as prerequisites for mitigation.

FEN - EDEBİYAT FAKÜLTESİ
FACULTY OF ARTS AND SCIENCES
MATEMATİK BÖLÜMÜ
DEPARTMENT OF MATHEMATICS

ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY

DUMLUPINAR BULVARI 06800
ÇANKAYA ANKARA/TURKEY
T: +90 312 210 29 70
F: +90 312 210 29 72
odtu-math@metu.edu.tr
www.math.metu.edu.tr

Conclusion

In summary, I evaluate this dissertation as a mature, methodologically sound, and practically meaningful piece of doctoral research situated at the intersection of machine learning, remote sensing, and applied geospatial analytics.

I conclude that Aisulu Ataniyazova's dissertation meets the core scientific and qualification requirements typically expected for the award of the PhD degree in the specialty «8D06102 - Computer Engineering», and I recommend it for defense.

Prof. Dr. Marat Akhmet
Foreign scientific advisor

DEPARTMENT OF MATHEMATICS
MIDDLE EAST TECHNICAL
UNIVERSITY
ANKARA - TURKEY

Өнер және ғылым факультеті Таяу Шығыс техникалық университеті
Математика кафедрасы

Анкара/Түркия
Т: +90 312 210 29 70
Ф: +90 312 210 29 72
odtu-math@metu.edu.tr
www.math.metu.edu.tr

8D06102 – «Компьютерлік инженерия» білім беру бағдарламасы бойынша PhD дәрежесін алу үшін ұсынылған Атаниязова Айсулу Саламатовнаның «Жерді қашықтықтан зондтау деректері мен машиналық оқыту әдістері негізінде Қазақстанның оңтүстігіндегі жер қыртысының деградация дәрежесін бағалау» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына шетелдік ғылыми кеңесшінің

ПІКІРІ

Диссертация Қазақстан аумағындағы топырақ деградациясын сандық бағалауға және картографиялауға арналған. Зерттеу далалық өлшеулерді Жерді қашықтықтан зондтау деректерімен біріктіру негізінде жүргізіліп, заманауи машиналық оқыту әдістерімен толықтырылған. Белгіленген білім беру бағдарламасы аясында жұмыс геокеңістіктік деректерді өңдеудің кешенді конвейерлерін, болжамдық модельдеуді және нәтижелердің интерпретациялануын қамтамасыз ететін компоненттерді қамтитын, ГАЖ-негізіндегі картографиялау және кеңістіктік-уақыттық талдаумен негізделген қолданбалы әрі ресурстық тұрғыдан күрделі зерттеу ретінде сипатталады.

Зерттеудің өзектілігі және есептің қойылымы
Топырақтың тұзденуы халықаралық деңгейде дақылдардың су сіңіру қабілетін, қоректік элементтердің қолжетімділігін және топырақтың жалпы функционалдық жағдайын төмендететін жер деградациясының негізгі факторларының бірі ретінде мойындалған. Диссертациялық жұмыста Қазақстанның оңтүстігіндегі топырақтың тұзденуы мен деградациясы, әсіресе суармалы агроландшафттар жағдайында уақыт өте келе күшейе түсетін үдерістер ретінде, өзекті экологиялық және ауыл шаруашылығы мәселесі тұрғысынан дұрыс негізделген. Зерттеудің өзектілігі автордың жедел, кеңістіктік тұрғыдан нақты және экономикалық тұрғыдан тиімді мониторинг жүргізудің практикалық қажеттілігін атап көрсетуімен күшейтіледі, себебі дәстүрлі тек далалық зерттеулер ауқымды аумақтарды жүйелі түрде қамтуда шектеулі мүмкіндіктерге ие. Жерді қашықтықтан зондтау тұрғысынан Sentinel-1 SAR радиолокациялық деректерін және Sentinel-2 мультиспектралды суреттерін таңдау жер беті үдерістерін мониторингтеудің заманауи озық тәжірибелеріне сәйкес келеді: радиолокациялық түсірілім ауа райына тәуелсіз беткі қасиеттерге сезімталдықты қамтамасыз етсе, мультиспектралды деректер өсімдік және топырақ индекстерін есептеуге мүмкіндік береді. Екі миссия да ашық қолжетімді және жүйелі бақылаулар ұсынады. Осы деректерді далалық электрөткізгіштік (ЕС) өлшемдерімен біріктіру жөніндегі диссертациялық жұмыстың ғылыми уәжі топырақ тұзденуын қашықтықтан зондтау негізінде картографиялау саласындағы заманауи ғылыми әдебиетпен тұжырымдамалық тұрғыдан толық үйлеседі.

Кілттік ғылыми жетістіктер
Диссертациялық жұмыста ансамбльдік бустинг алгоритмдері мен регуляризацияланған сызықтық модельдерді қамтитын машиналық оқыту және регрессиялық әдістер кешені

бағаланған. Жекелеген зерттеу учаскелері бойынша алынған нәтижелер Ridge регрессиясының жоғары тиімділігін көрсетіп, деректер көлемі шектеулі жағдайларда салыстырмалы түрде «қарапайым» регуляризацияланған модельдердің де жоғары бәсекеге қабілетті бола алатыны туралы автор қорытындысын негіздейді. Жұмыстың маңызды әдіснамалық артықшылығы – модельдердің интерпретациялануына ерекше назар аударылуы. Диссертацияда кіріс айнымалылардың модель нәтижелеріне әсерін талдау және белгілер жиынтығын оңтайландыру мақсатында SHAP-тәсілдемесі қолданылған. Бұл шешімдердің ашықтығын арттырып, практикалық енгізу барысында мүдделі тараптар үшін жиі талап етілетін түсіндірмелілікті қамтамасыз етеді. Нүктелік болжау модельдеуімен қатар, диссертацияда таңдалған зерттеу аумақтары үшін тұздану мен деградация карталары жасалып, маусымдық және көпжылдық өзгерістерді қамтитын кеңістіктік-уақыттық талдау жүргізілген. Сонымен бірге нақты географиялық кейс-зерттеулер және өсімдік жамылғысының ұзақ мерзімді динамикасын талдау арқылы тұздану үдерістерінің кең ауқымды заңдылықтары айқындалған.

Ғылыми үлес және жаңашылдығы

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы Қазақстанның оңтүстігінде топырақтың тұздану дәрежесін бағалаудың сандық тәсілін әзірлеумен негізделеді. Бұл тәсіл жерүсті геофизикалық өлшеулерді орта және жоғары кеңістіктік рұқсаттағы Жерді қашықтықтан зондтау деректерімен біріктіруге негізделген. Қорғауға ұсынылған негізгі тұжырымдардың бірі – шамамен 10 м кеңістіктік айырымдылықта электрөткізгіштік (ЕС) көрсеткіші арқылы тұздану дәрежесін сандық болжау мүмкіндігі. Сонымен қатар радиолокациялық, оптикалық, рельефтік және температуралық предикторларды біріктіру тек дәстүрлі спектралдық индекстерге сүйенген тәсілдермен салыстырғанда картографиялау дәлдігін шамамен 15%-ға арттыратыны дәлелденеді. Бағалау нәтижесінде келесі бағыттар нақты ғылыми және техникалық үлес ретінде қарастырылады:

Біріншіден, жұмыста тұздануды болжауға арналған көпдереккөзді (multisource) белгілер кеңістігі ғылыми тұрғыдан негізделген және техникалық жағынан орнықты түрде қалыптастырылған. Радиолокациялық текстуралық дескрипторлардың және қоршаған орта айнымалыларының оптикалық индекстермен бірге қолданылуы бір ғана сенсор деректеріне тәуелділікті шектеп, кешенді модельдік кеңістік құруға мүмкіндік береді.

Екіншіден, салыстырмалы модельдеу бөлімі әдістемелік ауқымы жағынан кең және мазмұнды. Икемді ансамбльдік әдістер мен регуляризацияланған сызықтық модельдерді қатар бағалау арқылы диссертация практикалық тұрғыдан маңызды қорытынды ұсынады: интерпретацияланатын регуляризацияланған модельдер бұл қолданбалы геокеңістіктік міндетте күрделі модельдермен тең деңгейде, кей жағдайда одан да жоғары нәтиже көрсете алады.

Үшіншіден, іріктелген нүктелердегі болжаудан картографиялық өнімдерге және кеңістіктік-уақыттық мониторингке көшу жұмыстың қолданбалы құндылығын арттырады. Бұл докторанттың модель нәтижелерін басқарушылық шешімдер қабылдауға бағытталған геокеңістіктік талдамалық ақпаратқа тиімді түрде трансформациялай алатынын көрсетеді.

Жұмыстың сапасын бағалау

Диссертациялық жұмыс құрылымдық тұрғыдан жүйелі және мазмұнды орындалған. Онда топырақ тұзданuын мониторингтеуде радиолокациялық (SAR) және оптикалық әдістерге арналған кең ауқымды әдеби шолу беріліп, қашықтықтан зондтау деректерін машиналық оқыту әдістерімен интеграциялау мәселелері жан-жақты қарастырылған. Бұдан кейін әдіснама мен нәтижелерге арналған тарау, сондай-ақ кеңістіктік-уақыттық бағалауға бағытталған жеке бөлім ұсынылған. Докторант оптикалық суреттер үшін бұлттылық шектеулерін, үздіксіз мониторинг жүргізудегі SAR деректерінің артықшылықтарын, сондай-ақ топырақ тұзданuының жанама көрсеткіштерін калибрлеу үшін далалық өлшеулердің қажеттілігін ескерген. Бұл зерттеудің нақты өндірістік және экологиялық

жағдайларға сәйкестігін көрсетеді. Практикалық маңыздылығы да дәлелді түрде негізделген. Ұсынылған тәсіл ашық спутниктік деректерге сүйенеді және оны агромелиорациялық әрі экологиялық мониторинг жүйелерінде мақсатты басқарушылық шешімдерді қолдау үшін енгізуге болады (суару және дренаж жүйелерін жоспарлау, деградацияланған аумақтарды басымдықпен анықтау, тұздану ошақтарын уақтылы айқындау). Мұндай бағыт топырақ тұзденуын мониторингтеу мен басқару саласындағы халықаралық тәжірибеге сәйкес келеді, онда жетілдірілген картографиялау мен ерте ескерту жүйелері алдын алу және азайту шараларының негізгі алғышарттары ретінде қарастырылады.

Қорытынды

Жалпы алғанда, ұсынылған диссертациялық жұмыс машиналық оқыту, Жерді қашықтықтан зондтау және қолданбалы геокеңістіктік талдау тоғысындағы әдіснамалық тұрғыдан жетілген, ғылыми деңгейі жоғары және практикалық маңызы айқын зерттеу ретінде бағаланады. Осыған байланысты, Айсулу Атаниязованың диссертациялық жұмысы «8D06102 – Компьютерлік инженерия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға қойылатын негізгі ғылыми және біліктілік талаптарына толық сәйкес келеді деп есептеймін және қорғауға ұсынуға болады деп қорытынды жасаймын.

м.ғ.д., профессор Марат Ахмет /қолы бар/
Шетелдік ғылыми кеңесші

/мөрі бар/