

ОТЗЫВ

**зарубежного научного консультанта на диссертационную работу
Акылбекова Олжаса Наурызбаевича на тему: «Разработка и
исследование методов анализа пространственных данных в системах
территориального планирования с применением алгоритмов машинного
обучения»**

Современная цифровизация территориального планирования требует использования интеллектуальных систем, способных обрабатывать спутниковые изображения, цифровые модели рельефа, кадастровые слои, климатические и инфраструктурные данные. В условиях ускоренной урбанизации, 3D-планирования, сложной инженерной инфраструктуры и необходимости рационального использования земельных ресурсов значительную актуальность приобретают алгоритмы машинного обучения (ML) и геопространственный искусственный интеллект (GeoAI). В этом контексте диссертационная работа Акылбекова Олжаса Наурызбаевича посвящена разработке моделей интеллектуального анализа пространственных данных с целью поддержки архитектурно-градостроительных решений, что обладает высокой научной, теоретической и практической значимостью.

Объект исследования — система интеллектуального анализа пространственных данных для моделирования и поддержки градостроительных решений с использованием алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей.

Методы исследования включают машинное обучение, глубокие нейронные сети (MLP, CNN, U-Net, SegFormer), методы пространственной статистики, цифровую картографию, метрическое моделирование и геоинформационную аналитику; применены Python, QGIS, MLflow, TensorFlow, Scikit-learn. Выполнены эксперименты с моделями CNN, U-Net, SegFormer, MLP, LightGBM и XGBoost.

Научная новизна работы состоит в разработке адаптированной архитектуры GeoAI для анализа пространственных данных, интегрирующей спутниковые, кадастровые, инфраструктурные и климатические слои; предложении гибридной модели территориальной классификации на основе CNN–MLP;



Контакты:

Адрес: 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, корп. В, каб. 207

Эл. почта: gda-kuban@mail.ru

создании алгоритма построения цифровых 3D-карт пригодности земель с метрической оценкой (IoU, RMSE, MAPE, F1-score, Cohen's Kappa); модификации XGBoost под задачи территориального планирования, обеспечившей устойчивость и точность классификации в условиях географической неоднородности данных.

Основные результаты. Автором разработан программный модуль GeoAI-аналитики, обеспечивающий обработку пространственных данных, их классификацию, визуализацию и формирование цифровых карт пригодности по градостроительным сценариям. Получены высокие показатели точности: Ассурасу до 0.88, F1-score до 0.90, IoU — 0.83. Наиболее стабильной и точной оказалась модель XGBoost благодаря способности эффективно учитывать нелинейные пространственные зависимости и устойчивости к шуму и неоднородности данных. Разработанный цифровой геопортал апробирован на примере Алатауского городского округа Республики Казахстан для оценки пригодности территорий под жилищную застройку, инфраструктурные объекты и зоны ограничения строительства.

Практическая ценность подтверждается применением разработанных методов в рамках гранта AP25793497 «Automatic Detection of Pipeline Leaks Using Thermal Imagery from Fixed-Wing Drones and CNN», использованием полученных моделей при анализе инфраструктуры (3D analysis, QGIS, MLflow) и перспективами внедрения в информационные системы муниципального управления, геопорталы архитектуры и цифровые двойники городов.

Вклад автора выражается в самостоятельной постановке задач, адаптации архитектур ML-моделей под геоданные, разработке экспериментальных сценариев анализа пространственных данных, написании программных модулей, глубокой интерпретации результатов, а также публикациях в журналах Scopus/Web of Science. Автор проявил высокий уровень научной самостоятельности, способность интегрировать искусственный интеллект и геоинформационные технологии, участвовать в международных проектах и научно-инженерных разработках.



Контакты:

Адрес: 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, корп. В, каб. 207

Эл. почта: gda-kuban@mail.ru

Заключение. Диссертационная работа отличается актуальностью, логичностью, научной глубиной, теоретической и практической значимостью, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD). Считаю, что Акылбеков Олжас Наурызбаевич заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 8D06102 – Machine Learning & Data Science.

Зарубежный научный консультант,

кандидат технических наук, доцент

Кубанский государственный технологический университет

Кубанский государственный аграрный университет

Российская Федерация

 Д.А. Гура



Гура Д.А.
Подпись _____ удостоверяю
начальник отдела
кадров сотрудников
Руссу Е.И. Руссу
04 » 12 2025 г.



Контакты:
Адрес: 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, корп. В, каб. 207
Эл. почта: gda-kuban@mail.ru

ПІКІР

**шетелдік ғылыми кеңесші Акылбеков Олжас Наурызбаевичтің
«Жасанды интеллект алгоритмдерін қолдану арқылы аумақтық
жоспарлау жүйелерінде кеңістіктік деректерді талдау әдістерін әзірлеу
және зерттеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына**

Қазіргі уақытта цифрлық трансформация, «ақылды қала» тұжырымдамасын енгізу, кеңістіктік деректер негізіндегі болжау және жоспарлау жүйелерін жетілдіру — урбанизациясы жылдам қарқынмен дамып келе жатқан елдер үшін аса өзекті міндеттердің бірі. Кеңістіктік деректерді (спутниктік суреттер, цифрлық бедер модельдері, кадастрлық және инфрақұрылымдық ақпарат), жасанды интеллект және машиналық оқыту технологияларын біріктіру аумақтық жоспарлау мен урбанистикалық шешімдерді қолдайтын интеллектуалды жүйелерді іске асыруға мүмкіндік береді. Осы тұрғыда диссертациялық жұмыстың өзектілігі айқын көрінеді, себебі ол GeoAI (Geospatial Artificial Intelligence) әдістерін Қазақстан жағдайына бейімдеп, аумақтық жоспарлауда шешім қабылдауды қолдайтын ғылыми негізделген тәсілдер ұсынады.

Зерттеу нысаны — машиналық оқыту және нейрондық желілерді пайдалана отырып, аумақтық жоспарлау және шешім қабылдауды қолдауға арналған кеңістіктік деректерді интеллектуалды талдау жүйесі.

Зерттеу әдістері. Автор кеңістіктік статистика, геоаналитика, машинамен оқыту (Decision Trees, Random Forest, Gradient Boosting), терең оқыту (CNN, U-Net, MLP, SegFormer), метрикалық бағалау әдістері (IoU, RMSE, F1-score, Cohen's Kappa), сондай-ақ Python, QGIS, MLflow, TensorFlow, Scikit-learn негізіндегі эксперименттік модельдеу әдістерін қолданды.

Ғылыми жаңалығы диссертацияда кеңістіктік деректерді өңдеудің қазақстандық контекске бейімделген GeoAI архитектурасын әзірлеу, CNN–MLP гибридік моделіне негізделген аумақтық классификация әдісін ұсыну, 3D-картографиялық модельдеу арқылы жердің жарамдылық карталарын автоматты құрастыру, сондай-ақ XGBoost моделін кеңістіктік деректердің географиялық әркелкілігін және сыныптардың тепе-тең еместігін ескеріп



Контакты:

Адрес: 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, корп. В, каб. 207

Эл. почта: gda-kuban@mail.ru

жетілдіру арқылы жоғары дәлдіктегі нәтижелерге қол жеткізуімен ерекшеленеді.

Негізгі нәтижелер. Автор аумақтық жоспарлауға арналған кеңістіктік мәліметтерді өңдейтін GeoAI жүйесінің бағдарламалық модулін әзірледі, оған спутниктік суреттерді, цифрлық бедер моделін, инфракұрылымдық, климаттық және кадастрлық қабаттарды біріктіру, классификациялау, визуализациялау және жарамдылық карталарын құрастыру функциялары кіреді. Эксперименттік нәтижелер жоғары дәлдікті көрсетті: Accuracy – 0.88, F1-score – 0.90, IoU – 0.83. Талдау барысында **XGBoost** моделі **ең тұрақты және нақты нәтиже көрсеткені анықталды**, себебі ол кеңістіктік деректердегі жасырын заңдылықтарды, сынып теңсіздігін және деректердегі «шуды» тиімді есепке ала алады. Жүйе Алатау қаласы аумағында апробацияланды және құрылысқа жарамды аумақтарды анықтау, инфракұрылымдық объектілерді орналастыру және құрылысы шектеулі аймақтарды автоматты түрде белгілеу міндеттерін орындады.

Практикалық маңызы. Зерттеу нәтижелері аумақтық жоспарлау, Smart City, цифрлық геопорталдар, кадастрлық жүйелер және муниципалды басқару саласында қолдануға жарамды. Әдістер AP25793497 «Automatic Detection of Pipeline Leaks Using Thermal Imagery from Fixed-Wing Drones and CNN» ғылыми гранты шеңберінде сәтті қолданылды.

Автордың үлесі. Акылбеков О.Н. ғылыми міндеттерді өз бетінше қойып, ML модельдерін кеңістіктік деректерге бейімдеп, эксперименттік зерттеулерді орындап, нәтижелерді ғылыми тұрғыдан интерпретациялап, Scopus және Web of Science журналдарында мақалалар жариялаған. Автор зерттеу нәтижелерін халықаралық деңгейде қорғап, инженерлік және аналитикалық міндеттерді кәсіби деңгейде шеше алатынын дәлелдеді.

Қорытынды. Диссертациялық жұмыс ғылыми жаңалықтары, теориялық негізділігі және практикалық маңыздылығы жағынан PhD деңгейіне толық сәйкес келеді, ал оның нәтижелері Қазақстанның аумақтық жоспарлау саласына тікелей қолдануға болады. **Акылбеков Олжас Наурызбаевичка 8D06102 – Machine Learning & Data Science мамандығы бойынша**



Контакты:

Адрес: 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, корп. В, каб. 207

Эл. почта: gda-kuban@mail.ru

философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін беру қолайлы деп есептеймін.

Шетелдік ғылыми кеңесші,
техника ғылымдарының кандидаты, доцент
Кубань мемлекеттік технологиялық университеті
Кубань мемлекеттік аграрлық университеті
Ресей Федерациясы



Д.А. Гура



Подпись Гура Д.А. удостоверяю
Начальник отдела
кадров сотрудников
Руссу Е.И. Руссу
« 04 » 12 20 25



Контакты:
Адрес: 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, корп. В, каб. 207
Эл. почта: gda-kuban@mail.ru

REVIEW

by the foreign scientific adviser on the PhD thesis of Olzhas Nauryzbayevich Akylbekov entitled “Development and investigation of spatial data analysis methods in territorial planning systems using machine learning algorithms”

The rapid pace of urbanization, increasing complexity of engineering infrastructure, and the transition to Smart City and digital planning concepts require the application of machine learning and geospatial artificial intelligence technologies (GeoAI) for spatial data analysis. Integration of satellite imagery, digital elevation models, cadastral, climatic, and infrastructural layers with intelligent analytical methods plays a key role in optimizing territorial planning, improving decision-making, and enhancing sustainability in urban development. In this context, the dissertation of Olzhas Akylbekov is highly relevant and timely, as it focuses on designing GeoAI-based analytical models for land suitability assessment and data-driven territorial planning in the Republic of Kazakhstan.

Object of the research is an intelligent system for geospatial data analysis designed to support territorial planning, using machine learning algorithms and neural network architectures.

Methods of research include machine learning (Random Forest, LightGBM, Gradient Boosting, XGBoost), deep neural networks (CNN, U-Net, SegFormer, MLP), spatial statistics, geospatial analysis, 3D cartographic modeling, and metric evaluation (IoU, RMSE, F1-score, Cohen’s Kappa). Experimental modeling was performed using QGIS, Python, MLflow, TensorFlow, and Scikit-learn.

Scientific novelty lies in the development of an adapted GeoAI analytical architecture that integrates spatial, cadastral, climatic, and infrastructural data for territorial planning; designing a hybrid CNN–MLP model for land surface classification; modifying the XGBoost algorithm for geospatial heterogeneity and imbalanced data; proposing a method for automatic construction of 3D land suitability maps based on machine learning models; and creating a prototype of decision-support software for urban planning authorities.



Контакты:

Адрес: 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, корп. В, каб. 207

Эл. почта: gda-kuban@mail.ru

Key results. The author developed an intelligent geospatial analytics system capable of processing and integrating multisource spatial data and generating high-accuracy land suitability maps. Experimental results demonstrated high performance: Accuracy = 0.88, F1-score = 0.90, IoU = 0.83. Among all models, **XGBoost demonstrated the most stable and robust performance**, due to its ability to effectively capture nonlinear spatial relationships, resist noise, and manage class imbalance in geospatial forecasting. The developed system was successfully tested using real territorial datasets of the Alatau district, enabling classification of construction-permitted zones, infrastructure allocation areas, and land use restriction regions.

Practical significance is evidenced by the application of the developed methods within the research project AP25793497 “Automatic Detection of Pipeline Leaks Using Thermal Imagery from Fixed-Wing Drones and CNN” and their potential use in municipal geoportals, smart urban analytics systems, and architecture and planning departments of Kazakhstan.

Author’s contribution. Olzhas Akyzbekov demonstrated a high level of research maturity, independently formulating scientific tasks, developing geospatial ML models, adapting architectures for real-world data, conducting experiments, interpreting results, and publishing in reputable Scopus and Web of Science journals. The author actively participated in international projects, showing strong analytical and engineering competencies.

Conclusion. The dissertation demonstrates scientific novelty, theoretical depth, methodological consistency, and practical value. It meets all the requirements established for PhD theses in the specialty **8D06102 – Machine Learning & Data Science**, and therefore, **I fully support awarding Olzhas Nauryzbayevich Akyzbekov the degree of Doctor of Philosophy (PhD).**

Foreign scientific adviser,

Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor

Kuban State Technological University

Kuban State Agrarian University

Russian Federation



Контакты:

Адрес: 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, корп. В, Каб. 207

Эл. почта: gda-kuban@mail.ru

