ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCE

CENTRAL ASIAN SCIENTIFIC JOURNAL
ISSN 3135-3061
2026. №4 (32), Том 3. С. 7–14
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.24505208
Сайт журнала: https://cajournal.kz

УДК 332.3:[528.8+004.9]

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ ЗЕМЛЯМИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

К.Г. Петров
Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан

Петров Кирилл Геннадьевич — магистрант 1 курса образовательной программы, «7М07314 Технологии геодезических и кадастровых работ», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан.

Научный руководитель: Жуманазаров Касымхан Бекбауович — К.э.н., ассоциированный профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан.

© К.Г. Петров, 2026

Аннотация: Рассмотрено применение ГИС и ДЗЗ для учета, проектирования и контроля использования земель общего пользования населенных пунктов. Проанализированы примеры из Казахстана, Турции и Китая, возможности и ограничения методов. Отмечена необходимость сопоставления данных съемки с документами о границах и назначении участков.

Ключевые слова: земли общего пользования, населенные пункты, геоинформационные системы, дистанционное зондирование Земли, землепользование

Введение

С быстрым развитием технологий наблюдения Земли за последние десятилетия пространственное и спектральное разрешение спутниковых снимков постоянно улучшается, а большие объемы дистанционных зондированных изображений стали легче получать и обрабатывать.

Быстрая и неконтролируемая урбанизация усиливает нагрузку на сельские земли и городские экосистемы, особенно в развивающихся странах. Расширение городов нередко сопровождается нерегулируемой промышленной деятельностью, непродуманной застройкой, фрагментацией природных местообитаний и углублением социальных разрывов. Одновременно растут загрязнение воздуха и воды и потребление ресурсов [1]. В этих условиях устойчивое развитие населенных пунктов требует пространственного планирования и применения инструментов поддержки принятия решений, которые помогают определить подходящее распределение земель для разных видов использования [2].

Рост населения в развивающихся странах вызывает экономические, социальные и физические преобразования населенных пунктов. В пространстве города они проявляются как увеличение его площади и изменение характера уже освоенных территорий. Первое отражает городской рост, второе – качественные изменения городской среды. Оба процесса связаны с преобразованием землепользования и земного покрова.

Прогнозирование расширения городов в сторону сельских территорий занимает заметное место в исследованиях изменений землепользования. При этом особое внимание уделяется тому, насколько земли подходят для будущего освоения [3]. Оценка пригодности позволяет установить, может ли территория в ее нынешнем состоянии или после определенных улучшений использоваться для намеченных целей. Результаты такой оценки служат основой для безопасного и устойчивого планирования землепользования.

Для оценки пригодности земель применяют многокритериальные системы поддержки принятия решений (MCDS). Они позволяют учитывать физические, социально-экономические и экологические условия в рамках одной задачи. Их объединение с географическими информационными системами (ГИС) повышает точность пространственного анализа и помогает выбирать территории для различных видов землепользования [4]. Однако условия освоения различаются даже в пределах одного города, поэтому в литературе подчеркивается необходимость отдельной оценки каждого района. Помимо рельефа, свойств почв и геологического строения, при такой оценке учитывают дорожную сеть, транспортную доступность и расположение коммерческих и промышленных зон.

Данные дистанционного зондирования позволяют проследить, как меняются землепользование и земной покров – LULC (land use/land cover). Информацию о типах покрова получают путем классификации спектральных характеристик спутниковых снимков, сочетая программную обработку с визуальной интерпретацией. Сопоставление изображений за разные даты, в том числе различий в отражательной способности пикселей, помогает выявлять произошедшие изменения [5].

Наблюдение за динамикой LULC и прогнозирование ее дальнейшего развития необходимы для обоснованного планирования городских территорий. Модели, широко применяемые в последние два десятилетия, используют сведения о прошлых изменениях землепользования и земного покрова для построения сценариев будущего роста городов. Такие прогнозы позволяют заранее учитывать риск деградации окружающей среды при подготовке планов освоения земель.

Материалы и методы

Исследование основано на анализе научных публикаций и нормативных документов Республики Казахстан, регулирующих использование земель населенных пунктов. Проведено сравнение опубликованных примеров применения ГИС, спутниковых снимков и материалов беспилотной съемки в Казахстане, Турции и Китае. Рассмотренные подходы сгруппированы по трем задачам: инвентаризация земель, оценка вариантов их использования и контроль изменений. При сравнении учитывались исходные данные, способы обработки, полученные результаты и ограничения их применения к землям общего пользования.

Результаты и обсуждение

Земли общего пользования населенных пунктов в Казахстане представляют собой территории, занятые улицами, дорогами, площадями, тротуарами, парками и другими объектами, предназначенными для удовлетворения общественных нужд. Их проектирование предполагает определение границ, размещения и организации использования, а управление - обеспечение рационального использования и охраны, учет состояния и контроль происходящих изменений [6].

Информационной основой этих процессов служат геоинформационные системы (ГИС) и дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ). ГИС обеспечивают сбор, хранение, анализ и отображение пространственно привязанных сведений о земельных участках [7]. ДЗЗ позволяет получать информацию о земной поверхности без непосредственного контакта с ней посредством спутниковой и воздушной съемки [8]. Совместное применение этих технологий позволяет уточнять расположение и площади территорий общего пользования, выявлять изменения их фактического использования и обосновывать решения по планировке, благоустройству и земельному контролю.

© Central Asian Scientific Journal, 2026

Понимание городов требует постоянного мониторинга городских преобразований и их взаимодействия с окружающей средой. Дистанционное зондирование предоставляет согласованные, глобальные данные для устранения этих пробелов в знаниях. С ростом доступности датчиков, дронов и умных устройств городское зондирование и моделирование стали значительно более продвинутыми. С момента запуска ERTS-1 и последующих миссий Landsat данные дистанционного зондирования сыграли ключевую роль в устойчивом управлении городскими землями. К декабрю 2024 года более 505 научных статей, индексированных в WoS, исследовали этот вопрос и прогнозировали рост городов [10]. Дж. И. Патино и Дж. К. Дуке [11] подчеркнули, что благодаря снижению затрат доступность данных наблюдения Земли значительно возросла в XXI веке.

Уникальные характеристики данных, включая цикличность, широкое покрытие площади и возможность фиксировать поверхность Земли в различных спектральных полосах, облегчают исследование и проверку гипотез и моделей, связанных с городскими районами, а также разработку новых теорий для анализа и решения проблем урбанизации. Кроме того, растущее пространственное разрешение спутниковых снимков имеет решающее значение для изучения городских поселений, поскольку теперь позволяет идентифицировать отдельные объекты, такие как типы зданий, уличные детали, деревья и открытые пространства. Изображения дистанционного зондирования включают изображения среднего разрешения (например, Landsat MSS, TM, ETM+, ASTER, IRS), высокого разрешения (например, SPOT, Sentinel) и очень высокого разрешения, такие как WorldView-3, QuickBird и IKONOS panchromatic [12].

Приложения на основе искусственного интеллекта (ИИ) полезны для анализа изображений и связывания гетерогенных наборов данных. Однако исследователи утверждают, что современные алгоритмы часто не дают достаточно доступных, надежных и надежных результатов для поддержки городского принятия решений. Для решения этих задач С. Ван и др. [13] предложили объединить географические принципы с единой системой интерпретации изображений дистанционного зондирования. Это требует надежной интерпретации, которая учитывает пространство, время и атрибуты для понимания сложных географических областей. С. Ванг и др. [13] тестировали технологии на различных масштабах, включая визуальное восприятие на уровне пикселей, количественный анализ на уровне геоучастков и интерпретацию географии на уровне сцены. Система интерпретации больших данных с семантическим парсингом поддерживает точные приложения через совместную работу на периферии облака. Тем не менее, классификация изображений под надзором по-прежнему сталкивается с трудностями в отношении надежности обучающих данных. Ручная интерпретация вводит субъективность, что негативно влияет на точность классификации.

По мере развития технологий менялись и способы кадастрового картографирования. Измерение расстояний шагами сменилось использованием мерных цепей и лент, а затем электронных дальномеров, спутниковых навигационных систем и материалов аэросъемки. Сегодня для кадастровых работ широко применяют глобальные навигационные спутниковые системы (GNSS) и данные съемки с воздуха. Эти технологии дополняют друг друга: GNSS позволяет быстро и точно определять координаты точек на местности, а снимки дают представление о территории и помогают установить границы земельных участков. По ним также можно оценить характер землепользования, состояние растительности, рельеф и другие особенности местности.

Съемка с самолетов и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), как и спутниковая съемка, позволяет охватывать большие площади и получать данные о труднодоступных территориях. При этом GNSS используется и при подготовке самих снимков. Беспилотники часто оснащают приемниками GNSS, а наземные измерения служат для определения координат опорных и контрольных точек. Эти данные необходимы для пространственной привязки снимков и проверки точности картографических материалов [14].

В кадастровом картографировании чаще всего используют ортомозаики, созданные по снимкам БПЛА, аэрофотоснимки с самолетов и спутниковые изображения. Их применение поддерживает подход FFPLA, в котором способы земельного администрирования выбирают с учетом конкретных задач. Относительно невысокая стоимость съемки и возможность расширять территорию работ делают такие материалы подходящими для массовой регистрации земель [15].

FFPLA направлен на ускорение регистрации участков и укрепление защищенности земельных прав, в том числе у малообеспеченных групп населения. Его задача – сделать систему земельного администрирования доступной для всех и обеспечить людям и сообществам возможность пользоваться ее преимуществами. Для этого пространственные, правовые и организационные основы системы должны учитывать местные условия, допускать участие населения и предусматривать постепенное совершенствование по мере появления ресурсов [16].

При таком подходе полнота охвата и возможность расширения работ имеют большее значение, чем достижение максимально высокой точности во всех случаях. Это не означает, что FFPLA допускает заведомо неточные измерения: требования к ним определяются целью работ, а не только техническими стандартами [17]. Вместе с тем распространение данных дистанционного зондирования высокого разрешения, особенно снимков БПЛА, позволяет получать материалы, точность которых сопоставима с требованиями традиционного кадастрового картографирования.

Несмотря на развитие технологий БПЛА и спутниковой съемки, их возможности в земельном администрировании используются не в полной мере [18]. Особенно заметно это в развивающихся странах, где необходимо ускорить регистрацию земель. Ранее применение данных дистанционного зондирования сдерживалось недостаточным разрешением снимков и связанной с ним ограниченной точностью определения границ. Современные технологии позволяют получать более детальные и надежные изображения, однако это пока не привело к их широкому распространению. Причины ограниченного внедрения БПЛА требуют изучения, в том числе с учетом возможностей их совместного использования с GNSS при регистрации участков и решении других задач управления землей.

Применение снимков высокого разрешения зависит не только от технических возможностей, но и от условий доступа к ним. Полеты БПЛА, позволяющих получать такие изображения, строго регулируются из-за особенностей этих аппаратов и разнообразия способов их применения [19]. Если съемка не входит в государственный проект, действующие правила нередко ограничивают ее сельскими и пригородными территориями. Получение разрешения на полеты в городе может занимать много времени и быть настолько сложным, что использование беспилотников становится практически невозможным.

При выборе материалов для картографирования обычно исходят из того, что плотная городская застройка требует снимков высокого разрешения, а для сельских территорий достаточно менее детальных изображений. Однако такое разделение не всегда отражает реальные условия. В городах встречаются участки с сельским характером землепользования, а в сельской местности – плотно застроенные и густонаселенные поселения. Поэтому пригодность снимков следует оценивать с учетом особенностей конкретной территории.

Необходимость такой оценки определяет задачу исследования: установить, какие виды материалов дистанционного зондирования подходят для картографирования сельских, пригородных и городских территорий с формальной и неформальной застройкой. Отдельного внимания требуют причины слабого распространения БПЛА в развивающихся странах. Ограничения на полеты особенно существенны в городах, где плотность застройки повышает потребность в детальных снимках, а получить их с помощью беспилотников сложнее всего.

Опыт опубликованных исследований позволяет выделить три задачи, связанные с землями общего пользования: учет территории, оценку вариантов ее использования и контроль изменений.

© Central Asian Scientific Journal, 2026

В Алматинской области Ж. Т. Турегалиева использовала материалы съемки БПЛА и ArcGIS для создания тематических слоев земельных участков и сопоставления их с учетными сведениями. В исследовании отдельно рассмотрены земли общего пользования и внутренние дороги. По данным автора, площадь внутренних дорог составила 390,89 га [20]. Этот пример показывает, зачем представлять улицы и проезды площадными объектами: такой учет позволяет определить занимаемую ими территорию, тогда как сведения о протяженности дорог этого не дают.

Для проектирования полезен пример Мерсина, Турция. И. Сахин и соавторы объединили классификацию снимков Landsat с многокритериальной оценкой земель в ГИС. Полученная карта разделяет территорию по степени пригодности для городского развития (рисунок 1). При оценке учитывались существующее использование земель, геологические условия, рельеф и доступность инфраструктуры [21]. Исследование относится к городским землям в целом. Применительно к землям общего пользования этот подход можно использовать для сравнения вариантов размещения объектов, дополнив анализ сведениями о границах участков и ограничениях их использования.

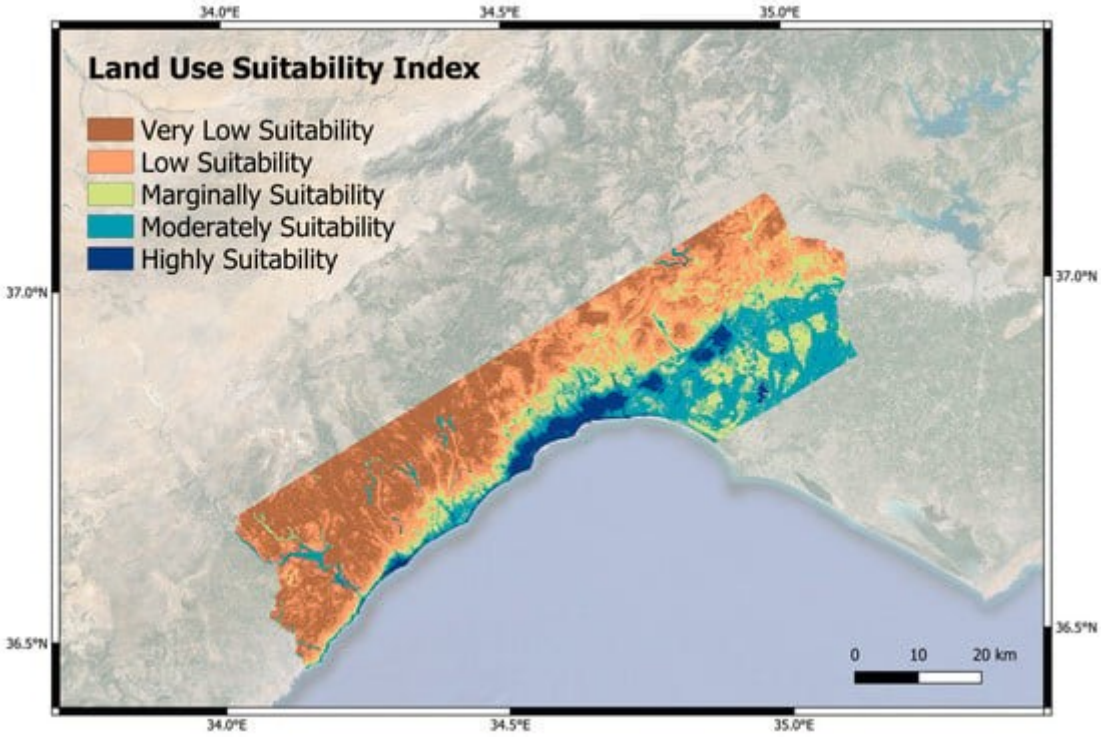

Рисунок 1 - Оценка пригодности земель для городского развития в Мерсине. Источник: Sahin E. et al. [21]

Пример земельного контроля представлен в исследовании города Сямэнь, Китай. C. Li и соавторы объединили спутниковые снимки, границы участков и материалы полевых обследований в ГИС-платформе. Анализ данных за 2018–2023 годы выявил скопления предполагаемых нарушений землепользования и строительства, в том числе на переходе между городской и сельской территориями (рисунок 2) [22]. Такие карты помогают выбирать участки для первоочередного обследования. Для земель общего пользования аналогичный анализ может применяться при проверке изменений застройки и использования территорий улиц, проездов и площадей.

© Central Asian Scientific Journal, 2026

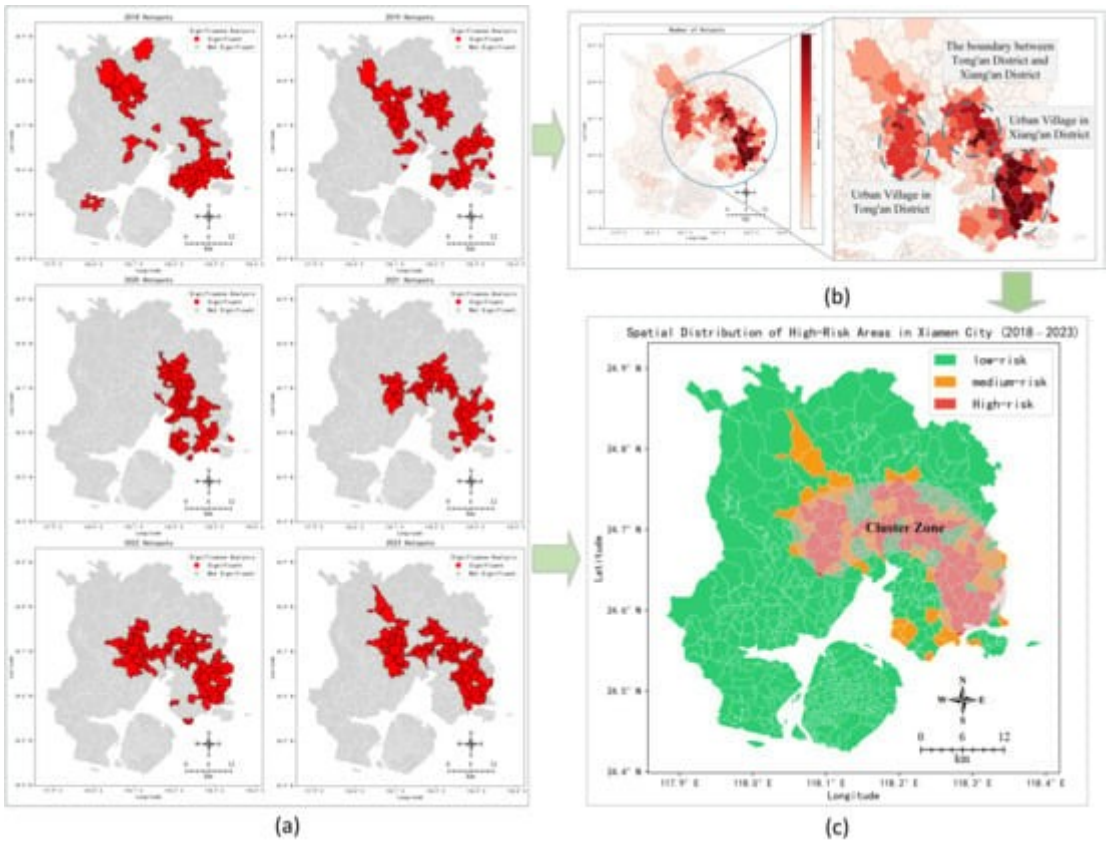

Рисунок 2 - Пространственное распределение и устойчивые скопления предполагаемых нарушений землепользования в Сямэне за 2018–2023 годы. Источник: Li C. et al. [22]

Рассмотренные примеры показывают последовательность работы: съемка позволяет описать фактическое состояние территории, ГИС - сопоставить его с учетными данными, рассчитать площади и выделить участки для проектирования или обследования. Для земель общего пользования результаты такого анализа следует связывать с документами, устанавливающими границы и назначение участков. Это позволяет отделить обнаруженное изменение территории от подтвержденного нарушения ее использования.

Заключение

Совместное применение ГИС и ДЗЗ позволяет анализировать состояние земель общего пользования и отслеживать изменения их использования. Спутниковая и беспилотная съемка дают сведения о фактическом состоянии территории, а ГИС позволяют сопоставлять их с учетными и планировочными данными. Рассмотренные исследования показывают возможности этих технологий для расчета площадей, сравнения вариантов размещения объектов и выбора участков для обследования. Точность результатов зависит от разрешения снимков, качества исходных сведений и способа обработки данных. Обнаруженные изменения требуют проверки по документам и, при необходимости, на местности. Для населенных пунктов Казахстана такой подход может служить основой обновления сведений о землях общего пользования и подготовки решений по их планировке, благоустройству и охране.

Список литературы:

1. Sahin, E. Remote Sensing-Enabled Urban Growth Simulation Overlaid with AHP-GIS-Based Urban Land Suitability for Potential Development in Mersin Metropolitan Area, Türkiye / E. Sahin, M. C. Iban, S. S. Bilgilioglu // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14, no. 8. – Art. 3484. – DOI: https://doi.org/10.3390/app14083484.

2. Construction land suitability assessment in rapid urbanizing cities for promoting the implementation of United Nations sustainable development goals: a case study of Nanchang, China / R.

Huang, Y. Nie, L. Duo [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – Vol. 28, no. 20. – P. 25650–25663. – DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-020-12336-0. Springer Nature Link

3. A comparative assessment of land suitability evaluation methods for agricultural land use planning at village level / D. Vasu, R. Srivastava, N. G. Patil [et al.] // Land Use Policy. – 2018. – Vol. 79. – P. 146–163. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.007. sciencedirect.com

4. Bilgilioğlu, S. S. Site selection for radioactive waste disposal facility by GIS based multi criteria decision making / S. S. Bilgilioğlu // Annals of Nuclear Energy. – 2022. – Vol. 165. – Art. 108795. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.anucene.2021.108795. sciencedirect.com

5. Iban, M. C. Monitoring land use and land cover change near a nuclear power plant construction site: Akkuyu case, Turkey / M. C. Iban, E. Sahin // Environmental Monitoring and Assessment. – 2022. – Vol. 194. – Art. 724. – DOI: https://doi.org/10.1007/s10661-022-10437-6. Springer Nature Link

6. Земельный кодекс Республики Казахстан : Кодекс Республики Казахстан от 20 июня 2003 года № 442 // Информационно-правовая система «Әділет». – URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/K030000442_ (дата обращения: 23.11.2026).

7. Appendix A: Terminology // National Spatial Data Infrastructure Framework Handbook / Federal Geographic Data Committee. – URL: https://www.fgdc.gov/initiatives/framework/handbook/appendixA (дата обращения: 23.11.2026).

8. What is remote sensing and what is it used for? // U.S. Geological Survey. – URL: https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used (дата обращения: 23.11.2026).

9. Sustainable Urban Land Management Based on Earth Observation Data–State of the Art and Trends / E. Bielecka, A. Markowska, B. Wiatkowska, B. Calka // Remote Sensing. – 2025. – Vol. 17, no. 9. – Art. 1537. – DOI: https://doi.org/10.3390/rs17091537.

10. Seto, K. C. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools / K. C. Seto, B. Güneralp, L. R. Hutyra // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2012. – Vol. 109, no. 40. – P. 16083–16088. – DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109. pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

11. Patino, J. E. A review of regional science applications of satellite remote sensing in urban settings / J. E. Patino, J. C. Duque // Computers, Environment and Urban Systems. – 2013. – Vol. 37. – P. 1–17. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.06.003. asterweb.jpl.nasa.gov

12. Semantic segmentation of slums in satellite images using transfer learning on fully convolutional neural networks / M. Wurm, T. Stark, X. X. Zhu [et al.] // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2019. – Vol. 150. – P. 59–69. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.02.006. elib.dlr.de

13. Trustworthy remote sensing interpretation: Concepts, technologies, and applications / S. Wang, W. Han, X. Huang [et al.] // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2024. – Vol. 209. – P. 150–172. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2024.02.003. sciencedirect.com

14. Photogrammetry Using UAV-Mounted GNSS RTK: Georeferencing Strategies without GCPs / M. Štroner, R. Urban, J. Seidl [et al.] // Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13, no. 7. – Art. 1336. – DOI: https://doi.org/10.3390/rs13071336. mdpi.com

15. Taiwo, I. O. Comparison between aerial imagery and conventional cadastral mapping methods in Ekiti State Nigeria; towards a fit-for-purpose approach / I. O. Taiwo, O. M. Ibitoye, S. O. Oladejo // Survey Review. – 2025. – Vol. 57, no. 402. – P. 244–257. – DOI: https://doi.org/10.1080/00396265.2024.2390237. tandfonline.com

16. An Analysis of Land Demarcation Practices in Africa at the Emergence of FFP Approaches / I. Taiwo, M. Nyangkori, E. Kezia [et al.] // FIG Congress 2022: Volunteering for the Future – Geospatial Excellence for a Better Living, Warsaw, Poland, 11–15 September 2022. – 2022. – Paper 11700. – URL: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2022/papers/ts04b/TS04B_taiwo_nyangkori_et_al_11700.pdf (дата обращения: 23.11.2026). fig.net

17. Enemark, S. Fit-For-Purpose Land Administration: Guiding Principles for Country Implementation / S. Enemark, R. McLaren, C. Lemmen. – Nairobi : UN-Habitat : Global Land Tool Network, 2016. – 120 p. – URL: https://unhabitat.org/fit-for-purpose-land-administration-guiding-principles-for-country-implementation (дата обращения: 23.11.2026). vbn.aau.dk

18. Furthering Automatic Feature Extraction for Fit-for-Purpose Cadastral Updating: Cases from Peri-Urban Addis Ababa, Ethiopia / M. T. Metaferia, R. M. Bennett, B. K. Alemie, M. Koeva // Remote Sensing. – 2023. – Vol. 15, no. 17. – Art. 4155. – DOI: https://doi.org/10.3390/rs15174155. mdpi.com

19. Alvarez-Vanhard, E. UAV & satellite synergies for optical remote sensing applications: A literature review / E. Alvarez-Vanhard, T. Corpetti, T. Houet // Science of Remote Sensing. – 2021. – Vol. 3. – Art. 100019. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.srs.2021.100019. doi.org

20. Турегалиева, Ж. Т. Совершенствование методики учета земельных участков на основе современных технологий / Ж. Т. Турегалиева // Молодой ученый. – 2026. – № 10 (613). – URL: https://moluch.ru/archive/613/134144 (дата обращения: 23.11.2026).

21. Sahin, E. Remote Sensing-Enabled Urban Growth Simulation Overlaid with AHP-GIS-Based Urban Land Suitability for Potential Development in Mersin Metropolitan Area, Türkiye / E. Sahin, M. C. Iban, S. S. Bilgilioglu // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14, no. 8. – Art. 3484. – DOI: https://doi.org/10.3390/app14083484.

22. A GIS-Based Platform for Efficient Governance of Illegal Land Use and Construction: A Case Study of Xiamen City / C. Li, Y. He, Y. Zheng [et al.] // Land. – 2026. – Vol. 15, no. 2. – Art. 209. – DOI: https://doi.org/10.3390/land15020209.

© Central Asian Scientific Journal, 2026