

УДК 528.9:629.7

DOI: 10.33764/2411-1759-2020-25-2-151-159

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ПО МАТЕРИАЛАМ МНОГОЗОНАЛЬНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Виктор Борисович Непоклонов

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, Россия, г. Москва, Гороховский пер., 4, доктор технических наук, научный руководитель университета, тел. (499)261-69-53, e-mail: vbner@miigaik.ru

Денис Андреевич Хабаров

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, Россия, г. Москва, Гороховский пер., 4, аспирант кафедры космического мониторинга и экологии, тел. (499)267-27-72, e-mail: khabarov177@yandex.ru

Ирина Андреевна Хабарова

Государственный университет по землеустройству, 105064, Россия, г. Москва, ул. Казакова, 15, кандидат технических наук, доцент кафедры городского кадастра, тел. (499)362-66-91, e-mail: irakhabarova@yandex.ru

Целью статьи является разработка графических схем технологических процессов реализации основной и альтернативной геоинформационной методики при исследовании замещения структуры землепользования территорий по материалам многозональной космической съемки. Методами исследования являются геоинформационный и сравнительный анализ. В статье выполнен обзор научных публикаций по теме исследования, предложены ключевые показатели, на их основе проведен сравнительный анализ реализации предложенных геоинформационных методик. С помощью предложенных методик определения изменения структуры землепользования территорий как по материалам многозональной космической съемки, так и по данным из национальных докладов о состоянии и использовании земель в Российской Федерации становится возможным судить о динамике урбанизации определенных территорий, а также делать прогноз изменений в структуре землепользования.

Ключевые слова: геоинформационная система, структура землепользования, оценка степени урбанизации, космическая съемка, геоинформационная методика, сравнительный анализ, рациональное природопользование.

Введение

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) стали жизненно важными для картографирования особенностей земных ландшафтов и инфраструктур, управления природными ресурсами и изучения изменения окружающей среды. Благодаря созданию более совершенных технологий получения и автоматизированного тематического дешифрирования ДЗЗ, материалы космических съемок высокого разрешения стали одним из наиболее оперативных, надежных и эффективных источников информации для мониторинга состояния и динамики

ческих изменений в землепользовании. Применение дешифрирования разновременных космических снимков в целях картографирования структуры землепользования является весьма востребованным, так как оно обеспечивает качественное изучение изменений исследуемого объекта для дальнейшего создания баз данных.

Структура земельного фонда в Российской Федерации ежегодно изменяется. По разновременным космическим изображениям возможно определить степень изменения структуры землепользования, а затем дать прогноз по дальнейшим изменениям.

Изменения в землепользовании – важный компонент глобальных изменений окружающей среды. Анализ и прогнозирование изменений, связанных с использованием земельных ресурсов, имеют большое значение для регионального развития и управления землепользованием в интересах устойчивого развития. Также, согласно распоряжению Правительства Российской Федерации от 08.11.2018 № 2418-Р «О плане мероприятий по совершенствованию правового регулирования земельных отношений» именно разработка методик применения и внедрения данных дистанционного зондирования в том числе для организации рационального природопользования является одной из приоритетных направлений [1].

Основные термины и определения

Категория земель — это часть земельного фонда, выделяемая по основному целевому назначению и имеющая определенный правовой режим пользования и охраны. Земли в Российской Федерации по целевому назначению подразделяются на следующие категории: земли сельскохозяйственного назначения, земли населенных пунктов, земли промышленности и иного специального назначения, земли особо охраняемых территорий и объектов, земли лесного фонда, земли водного фонда, земли запаса [2].

Конверсию (замещение) видов землепользования можно охарактеризовать взаимоисключающими состояниями землепользования, которые покрывают полный спектр изменений землепользования [3].

Обзор научных публикаций по теме

Данная тема исследований рассматривалась в работах В. А. Малинникова, А. П. Сизова, П. В. Ключина, Д. А. Шаповалова, В. А. Широковой и др.

Так, В. А. Малинников и В. Н. Нгуен в своей работе рекомендуют использование цепей Маркова для прогнозирования конверсии видов землепользования [3].

В работе А. П. Сизова и Д. А. Хабарова процесс изъятия земель и возврата земель предлагается рассчитывать путем построения всевозможных вариантов

изменения состояния земель (антропогенной нагрузки) при различных вариантах перевода земель из категории в категорию. Построенная авторами матрица позволяет в дальнейшем органам, имеющим достоверную информацию о количестве переведенных земель из одних категорий в другие за ряд лет, эффективнее анализировать динамику биосферно-экологических показателей пространственного развития Российской Федерации [4].

П. В. Ключин, П. А. Лепехин, В. М. Столяров и др. в своих работах затрагивают современные проблемы эффективного землепользования. Авторами устанавливается, что система рационального использования земель должна носить природоохранный, ресурсосберегающий характер и предусматривать сохранение почв, ограничение воздействий на растительный и животный мир, геологические породы и другие компоненты окружающей среды. Также даются рекомендации по организации рационального природопользования на выбранной территории исследования [5–8].

В Модельном законе о стратегическом прогнозировании и планировании социально-экономического развития, принятом Международной Ассамблеей государств – участников Содружества Независимых Государств (от 28.11.2014 № 41–10) также затрагивается тема выбранного исследования. В частности, в данном законе говорится, что биосферно-экологические показатели и критерии имеют зональный характер и определяются физико-географическими условиями, специфическими в разных регионах планеты и государств [9].

Работы [10, 11] также посвящены оценке степени урбанизации территорий с использованием многозональных космических снимков. Установлено, что если водопроницаемой поверхности в городе более 40 % от общей территории, это является значительной угрозой для окружающей среды, в частности, под угрозой состояние водных ресурсов и городского воздуха. В работах [12, 13] показана возможность определения изменения структуры землепользования с использованием многозональных космических снимков.

Основная часть

В данной статье последовательные этапы применения системы QGIS для оценки степени замещения структуры землепользования территорий по материалам многозональной космической съемки представляют собой основную геоинформационную методику.

На рис. 1 показана графическая схема технологических процессов реализации основной геоинформационной методики. На рис. 2 показана графическая схема технологических процессов реализации альтернативной геоинформационной методики.



Рис. 1. Графическая схема технологических процессов реализации основной геоинформационной методики

Решаемую задачу возможно достигнуть и без применения ГИС – на основании ежегодных Национальных докладов «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации», в которых отображается изменение в структуре земельного фонда в стране по семи категориям земель (с указанием, из какой категории земель в какую была переведена земля). А. П. Сизовым и Д. А. Хабаровым было установлено, что процесс изъятия земель и возврата земель возможно рассчитать путем построения всевозможных вариантов изменения состояния земель (антропогенной нагрузки) при различных вариантах перевода земель из категории в категорию.

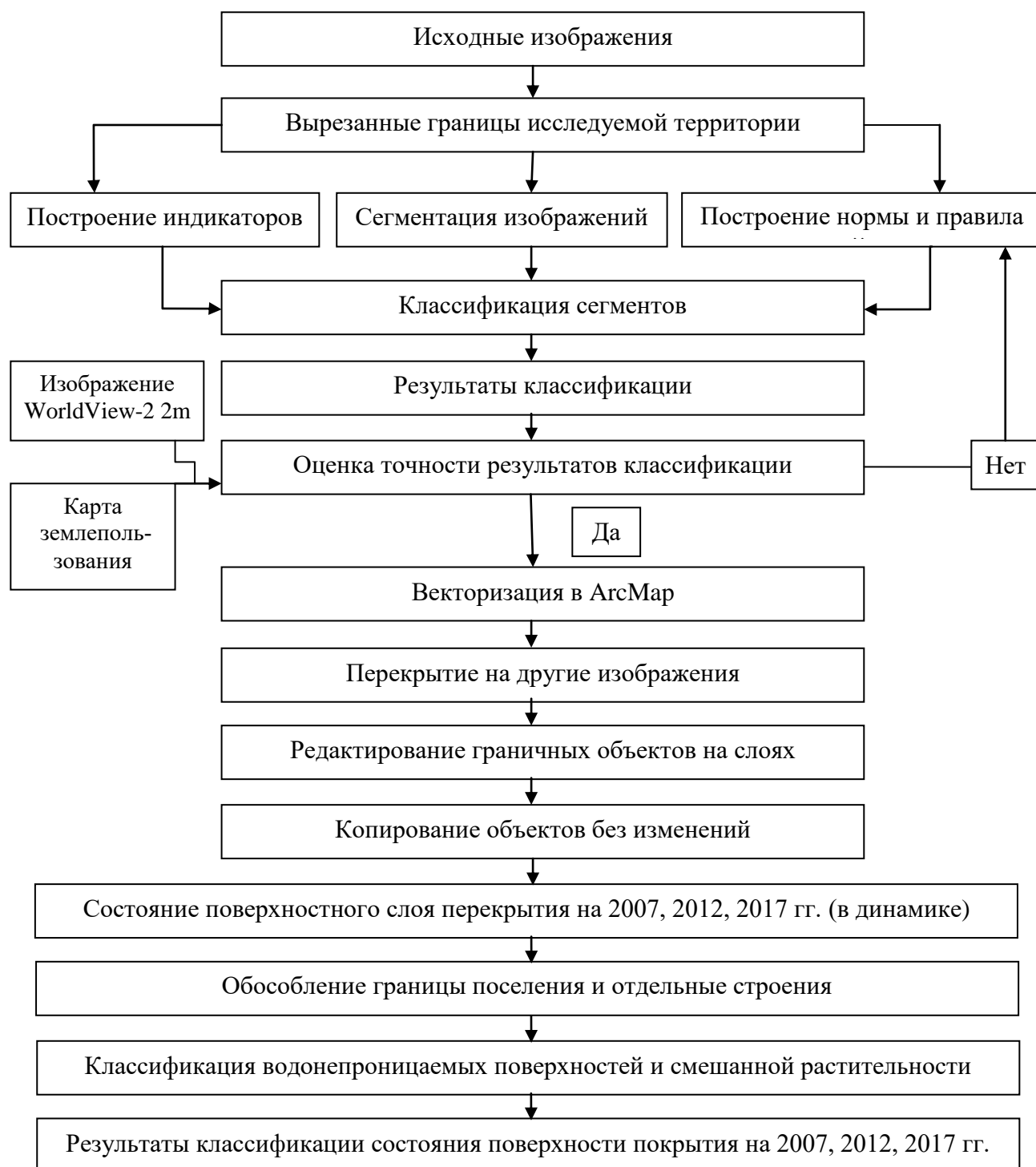


Рис. 2. Графическая схема технологических процессов реализации альтернативной геоинформационной методики

С помощью построенной матрицы и динамики изменения структуры землепользования также можно проводить оценку урбанизации территорий [4].

Сравнение основной и альтернативной методики

Для сравнения основной и альтернативной методики предлагаются следующие ключевые показатели: используемые при реализации методики ГИС, способ получения программного обеспечения, метод обработки изображения, достоверность результатов дешифрирования. На их основе проведен сравнительный анализ реализации основной и альтернативной методики при исследовании замещения структуры землепользования территорий по материалам многозональной космической съемки, как показано в таблице.

Сравнительный анализ применения реализации основной и альтернативной методик при исследовании замещения структуры землепользования территорий по материалам многозональной космической съемки

Ключевой показатель	Основная методика	Альтернативная методика
Используемые при реализации методики ГИС	QGIS	ArcMap, eCognition, IDRISI Selva
Способ получения программного обеспечения	бесплатный	платный
Метод обработки	спектральный	спектральный + текстурный
Достоверность результатов дешифрирования	80–85 %	85–90 %

При исследовании замещения видов землепользования территорий по материалам многозональной космической съемки возможно применять различные ГИС, такие как QGIS, ENVI, ERDAS Imagine и др. Предложенные методики достижения поставленной цели имеют одинаковый конечный результат, в дальнейшем возможен прогноз изменения структуры землепользования путем построения цепей Маркова с использованием программного обеспечения IDRISI Selva®.

Заключение

В данной статье рассмотрены основные термины и определения, выполнен обзор научных публикаций по теме, разработаны графические схемы технологических процессов реализации основной и альтернативной геоинформационной методики, предложены ключевые показатели, на их основе проведен сравнительный анализ реализации основной и альтернативной методики при исследовании замещения структуры землепользования территорий по материалам многозональной космической съемки. С использованием ГИС связан высокий аналитический потенциал, необходимый при обработке данных. В этом заклю-

чается актуальность использования ГИС в землеустроительных целях и природопользовании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении плана мероприятий по совершенствованию правового регулирования земельных отношений [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства РФ от 08.11.2018 № 2413-р. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Земельный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 02.08.2019). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Малинников В. А., Нгуен В. Н. Использование цепей Маркова и данных ДЗЗ для прогнозирования конверсии видов землепользования в крупных городских агломерациях // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2017. – № 5. – С. 99–105.
4. Хабаров Д. А., Сизов А. П. Использование динамики баланса земель Российской Федерации для анализа их средоформирующих свойств // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2017. – № 3. – С. 57–61.
5. Эффективное землепользование в Северо-Кавказском федеральном округе / П. В. Ключин, П. А. Лепехин, Г. В. Ломакин, С. В. Савинова, В. М. Столяров, М. Р. Мусаев // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию ФГБОУ ВО ДГТУ. – Махачкала : Дагестанский государственный университет, 2018. – С. 52–57.
6. Жарников В. Б. Рациональное использование земель и основные условия его реализации // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 3. – С. 171–179.
7. Экология землепользования сельскохозяйственных угодий в Северо-Кавказском федеральном округе / М. Р. Мусаев, Д. А. Шаповалов, П. В. Ключин, С. В. Савинова // Юг России: экология, развитие. – 2016. – Т. 11, № 2. – С. 132–142.
8. The solutions of the agricultural land use monitoring problems / V. V. Vershinin, A. A. Murasheva, V. A. Shirokova, A. O. Khutorova, D. A. Shapovalov, V. A. Tarbaev // International Journal of Environmental and Science Education. – 2016. – V. 11, No.12. – P. 5058–5069.
9. Модельный закон о стратегическом прогнозировании и планировании социально-экономического развития, принятый Международной Ассамблеей государств – участников Содружества Независимых государств [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
10. Бобров Е. А. Социально-экологические проблемы крупных городов и пути их решения // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки. – 2011. – № 15 (110). – С. 199–208.
11. Тиганова И. А. Водонепроницаемые покрытия: Эволюция инженерного благоустройства города // Архитектон: известия вузов. – 2015. – № 51. – С. 8.
12. Lu D., Weng Q. and Li G. Residential population estimation using a remote sensing derived impervious surface approach // International Journal of Remote Sensing. – 2006. – Vol. 27 (16). – P. 35–53.
13. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: A review / P. Coppin, I. Jonckheere, K. Nackaerts, B. Muys, E. Lambin // International Journal of Remote Sensing. – 2004. – Vol. 25 (9). – P. 1565–1596.

Получено 14.01.2020

© В. Б. Непоклонов, Д. А. Хабаров, И. А. Хабарова, 2020

APPLICATION OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF CHANGES IN THE STRUCTURE OF LAND USE OF TERRITORIES BY MATERIALS OF MULTI-ZONE SPACE IMAGING

Victor B. Nepoklonov

Moscow State University of Geodesy and Cartography, 4, Gorokhovskiy Per. St., Moscow, 105064, Russia, D. Sc., Senior Researcher, Consonant Head of the University, phone: (499)261-69-53, e-mail: vbnep@miigaik.ru

Denis A. Khabarov

Moscow State University of Geodesy and Cartography, 4, Gorokhovskiy Per. St., Moscow, 105064, Russia, Ph. D. Student, Department of Space Monitoring and Ecology, phone: (499)267-27-72, e-mail: khabarov177@yandex.ru

Irina A. Khabarova

The State University of Land Use Planning, 15, Kazakova St., Moscow, 105064, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Urban Cadastre, phone: (499)362-66-91, e-mail: irakhbarova@yandex.ru

The aim of the article is to develop graphical schemes of technological processes for the implementation of the main and alternative geoinformation methods in studying the replacement of the land use structure of territories based on the materials of multizonal space imaging. The research methods are geoinformation and comparative analysis. The article provides a review of scientific publications on the research topic, key indicators are proposed, on their basis a comparative analysis of the implementation of the proposed geographic information techniques is carried out. Using the proposed methods for determining changes in the land use structure of territories, both from materials from multizone satellite imagery and from data from national reports on the state and use of land in the Russian Federation, it becomes possible to judge the dynamics of urbanization of certain territories, as well as to make a forecast of changes in the land use structure.

Key words: geoinformation system, land use structure, assessment of the degree of urbanization, satellite imagery, geoinformation methodology, comparative analysis, rational nature management.

REFERENCES

1. Decree of the Government of the Russian Federation of 08.11.2018 No. 2413-r. On approval of the action plan for improving the legal regulation of land relations. Retrieved from http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_310650/ [in Russian].
2. The Land Code of the Russian Federation of October 25, 2001 No. 136-ФЗ (as amended on August 2, 2019). Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
3. Malinnikov, V. A., & Nguen, V. N. (2017). The use of Markov chains and Earth remote sensing data for predicting the conversion of land uses in large urban agglomerations. *Izvestiia vuzov. Geodeziia i aerofotosiema* [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography], 5, 99–105 [in Russian].
4. Khabarov, D. A., & Sizov, A. P. (2017). Using the dynamics of the land balance of the Russian Federation to analyze their environment-forming properties. *Izvestiia vuzov. Geodeziia i aerofotosiema* [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography], 3, 57–61.
5. Klyushin, P. V., Lepikhin, P. A., Lomakin, G. V., Savinova, S. V., Stolyarov, V. M., & Musaev, M. R. (2018). Efficient land use in the North Caucasus Federal Orkug. In *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 45-letiyu FGBOU VO DGTU* [Proceedings of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference

dedicated to the 45th anniversary of the FSBEI HE DSTUJ (pp. 52–57). Makhachkala: Dagestan State University Publ. [in Russian].

6. Zharnikov, V. B. (2017). Rational land use and basic condition of its realization. *Vestnik SGUGiT [Vestnik of SSUGT]*, 22(3), 171–179 [in Russian].

7. Musaev, M. R., Shapovalov, D. A., Klyushin, P. V., & Savinova, S. V. (2016). Ecology of land use of agricultural land in the North Caucasus Federal District. *Iug Rossii: ekologiya, razvitie [South of Russia: Ecology, Development]*, 11(2), 132–142 [in Russian].

8. Vershinin, V. V., Murasheva, A. A., Shirokova, V. A., Khutorova, A. O., Shapovalov, D. A., & Tarbaev, V. A. (2016). The solutions of the agricultural land use monitoring problems. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(12), 5058–5069.

9. Model Law on Strategic Forecasting and Planning for Socio-Economic Development, adopted by the International Assembly of States Parties to the Commonwealth of Independent States. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

10. Bobrov, E. A. (2011). Socio-environmental problems of large cities and their solutions. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences]*, 15(110), 199–208 [in Russian].

11. Tiganova, I. A. (2015). Waterproof coatings: The evolution of urban engineering. *Arhitekton: izvestiya vuzov [Arhitekton: Izvestiya Vuzov]*, 51, P. 8 [in Russian].

12. Lu, D., Weng, Q., & Li, G. (2006). Residential population estimation using a remote sensing derived impervious surface approach. *International Journal of Remote Sensing*, 27(16), 35–53.

13. Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., & Lambin, E. (2004). Digital change detection methods in ecosystem monitoring: A review. *International Journal of Remote Sensing*, 25(9), 1565–1596.

Received 14.01.2020

© V. B. Nepoklonov, D. A. Khabarov, I. A. Khabarova, 2020