



УДК 528.88

**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ СНИМКОВ LANDSAT-8 (НА ПРИМЕРЕ
МИНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ)****MAPPING OF THE CROP AREAS STRUCTURE USING LANDSAT-8 IMAGES
(ON EXAMPLE OF THE MINSK REGION OF REPUBLIC OF BELARUS)****Е.В. Казяк¹, Э.А. Терехин²
E.V. Kazjak¹, E.A. Terekhin²**¹ *Белорусский государственный университет, Республика Беларусь, 220030, г. Минск, пр. Независимости, 4*² *Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85*¹ *Belarusian State University, 4, Nezavisimosti avenue, 220030, Minsk, Republic of Belarus*² *Belgorod State National Research University, Pobeda St., 85, Belgorod, 308015, Russia**E-mail: kоzubok@tut.by; terekhin@bsu.edu.ru*

Ключевые слова: Landsat 8, Tasseled Cap, NDVI, посевные площади, дешифрирование, классификация спектральных яркостей.

Key words: Landsat 8, Tasseled Cap, NDVI, crop areas, interpretation, classification of spectral features.

Аннотация. Приведены результаты оценки возможностей автоматизированного картографирования структуры посевных площадей на основе снимков landsat-8. Объект исследования – посевные площади на примере 155 полей в Минской области Беларуси. С применением методов геоинформационного анализа и автоматизированного дешифрирования выполнена оценка эффективности преобразований Tasseled Cap, главных компонент и вегетационного индекса NDVI для автоматического детектирования 11 типов сельскохозяйственных культур. Исследование выполнено на основе снимков Landsat-8 OLI за несколько дат вегетационного сезона. Наиболее высокая точность дешифрирования структуры посевных площадей установлена для снимков, полученных в период мая. На основе полученных результатов выполнено геоинформационное картографирование структуры посевных площадей для нескольких хозяйств Минской области на примере вегетационного сезона 2014 г.

Resume. The results evaluation of opportunities of crop areas automated mapping based on landsat-8 images were presented. The object of study – the 155 crop areas in the Minsk region. Evaluating the effectiveness of transformations Tasseled Cap, the principal component and vegetation index NDVI for the automatic detection of 11 types of crops were carried out. The study was performed on the base of Landsat-8 OLI images for several dates of the season of vegetation. The highest accuracy interpretation of the structure of crop for the images, obtained in May period. Several agriculture organizations of Minsk region were carried out, based on the example of the obtained results of the GIS-inapping of structure crop areas in 2014.

Введение

Спутниковая информация в настоящее время становится неотъемлемым компонентом в системе мониторинга сельскохозяйственных угодий [Carfagna, 2005]. Дешифрирование и картографирование структуры посевных площадей является одним из ключевых направлений анализа спутниковых данных, связанных с исследованием растительного покрова с 1970-х гг. [Misra, 1978; Bauer, 1978; Нагиев, 1986]. При этом в последнее время все большее внимание уделяется автоматизации процесса дешифрирования [Кобзева, 2008], которое может быть направлено на детектирование пахотных земель в целом [Плотников, 2010], отдельных типов посевов [Коробов, 1991], либо всей структуры посевных площадей [Барталев, 2006]. Появление качественно новых спутниковых данных обуславливает необходимость анализа их возможностей для целей изучения природных объектов и их совокупностей, включая оценку эффективности спектральных преобразований для последующего дешифрирования снимков [Казяк, 2015].

Спутники серии *Landsat*, последний из которых был запущен в феврале 2013 года, представляют особый интерес, т.к. позволяют на их основе анализировать территории с очень сложной структурой посевных площадей [Yan, 2014].

В республике Беларусь основным источником информации о выращиваемых в сельскохозяйственных организациях культурах являются книги истории полей. Однако содержащаяся в них информация не может быть признана полностью достоверной, т.к. такие книги опирают-



ся только на предоставленные агрономами данные и в силу различных причин часто бывают искажены. Для оценки эффективности аграрной политики необходима разработка методики независимого и оперативного дешифрирования видовой структуры посевов. В Республике Беларусь уже ведутся работы по внедрению разработок на основе данных дистанционного зондирования (ДДЗ) для целей сельского хозяйства. Так, на базе предприятия «Геоинформационные системы» (г. Минск) разработан программный комплекс оперативной оценки состояния посевов и урожайности сельскохозяйственных культур для территории Беларуси в разрезе областей (районов).

Вместе с тем, степень внедрения упомянутых технологий далеко не в полной мере отвечает современным потребностям растениеводства Республики Беларусь. Проблема эффективного применения технологий дистанционного зондирования в сельскохозяйственной практике остается чрезвычайно актуальной для хозяйств регионального и локального уровней. Необходимо также разработки, ориентированные на местную географическую специфику растениеводства.

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований по оценке эффективности снимков *Landsat-8* для изучения посевных площадей и автоматизированного дешифрирования видовой структуры посевов, типичных для Беларуси сельскохозяйственных культур (кукурузы, рапса озимого, тритикале озимого, пшеницы озимой, пшеницы яровой, ячменя ярового, многолетних трав).

Материалы, объекты и методы исследования

В качестве основного источника спутниковой информации выступали материалы космической съемки системы *Landsat 8* [LPDAAC]. На территорию исследования был подобран архив из 8 спутниковых сцен за период с 23 марта по 30 августа 2014 г. Тестовые поля расположены на территории двух сельскохозяйственных организаций Минской области, их общая площадь составила 14000 га (155 полей). Оценка эффективности спектральных преобразований была выполнена путем сопоставления точности дешифрирования сельскохозяйственных культур, проведенного на их основе. Спектральные преобразования заключаются в алгебраических операциях с яркостями или коэффициентами отражения каналов многозональных спутниковых данных. В программном пакете ENVI 5.2. по трем безоблачным сценам *Landsat* (за 19.05.2014, 29.07.2014 и 14.08.2014) были рассчитаны следующие спектральные показатели: нормализованный разностный вегетационный индекс (*NDVI*), преобразование *Tasseled Cap* и главных компонент (*PCA*). После этого на основе наземных данных была проведена оценка точности автоматизированного дешифрирования культур на их основе.

Автоматизированное ГИС-картографирование посевных площадей было выполнено с применением авторской методики, основанной на использовании временных рядов изображений *Landsat-8*. На 8 дат в течение вегетационного периода на территорию каждого из полей было рассчитано среднее значение вегетационного индекса и составлены графики его сезонного хода. Ключевым элементом методики исследования являлось комплексное использование трендов *NDVI* и различных спектральных преобразований многозональных снимков для повышения эффективности результатов распознавания.

Результаты и их обсуждение

Исходные снимки и картограммы спектральных индексов послужили основой для классификации спектральных признаков культур. Для этого на каждый тип анализируемой сельскохозяйственной растительности было создано несколько спектральных эталонов. Процесс создания эталонов заключался в обозначении на спутниковом изображении области, с заранее известной информацией о сельскохозяйственной культуре (данные из книги истории полей, уточненные в результате визуального анализа снимков).

После этого для трех исходных снимков, а затем для индексных изображений проводилась контролируемая классификация и проверка ее точности. Необходимо отметить, что для достоверного сопоставления эффективности индексов следует использовать одни и те же эталонные области на изображениях, а также пользоваться одинаковыми правилами классификации спектральных признаков. В нашем случае классификация проводилась по правилу максимального правдоподобия. Точность классификации оценивалась как процент правильно распознанных полей той или иной культуры. Кроме того, по итогам дешифрирования оценивалась суммарная точность классификации культур по снимку и значениям каждого индекса (табл. 1).



Таблица 1
Точность дешифрирования сельскохозяйственных культур по исходному снимку и картограммам его спектральных преобразований, (%)

The accuracy of crop interpretation based on the original image and cartograms of spectral transformations, (%)

| Дата съемки/ спектр. индекс | 19.05.2014 | | | | 29.07.2014 | | | | 14.08.2014 | | | |
|--------------------------------|-----------------|------|--------------|------|-----------------|------|--------------|------|-----------------|------|--------------|------|
| | Исходный снимок | NDVI | Tasseled Cap | PCA | Исходный снимок | NDVI | Tasseled Cap | PCA | Исходный снимок | NDVI | Tasseled Cap | PCA |
| Пшеница озимая | 100 | 38.9 | 100 | 100 | 100 | 38.9 | 100 | 100 | 73.4 | 46.1 | 70.6 | 73.4 |
| Рожь озимая | 100 | 31.5 | 100 | 100 | 100 | 31.5 | 100 | 100 | 85.6 | 25.7 | 84.4 | 85.6 |
| Тритикале | 99.7 | 32.0 | 99.3 | 99.6 | 99 | 31.9 | 99.3 | 99.6 | 74.0 | 9.76 | 71.7 | 74.0 |
| Рапс | 100 | 82.9 | 100 | 100 | 100 | 82.8 | 100 | 100 | 100 | 38.9 | 100 | 100 |
| Пшеница яровая | 98.8 | 43.1 | 97.6 | 98.8 | 97 | 43.0 | 97.0 | 98.8 | 90.5 | 33.1 | 89.8 | 90.6 |
| Ячмень | 99.6 | 81.4 | 99.6 | 99.6 | 96 | 81.3 | 98.1 | 99.6 | 69.9 | 22.9 | 69.6 | 70.0 |
| Овес | 100 | 53.4 | 98.7 | 100 | 100 | 53.4 | 98.6 | 100 | 82.0 | 15.8 | 76.2 | 82.0 |
| Гречиха | 94.9 | 65.1 | 96.2 | 94.9 | 94.9 | 65.1 | 96.2 | 94.9 | 82.5 | 8.98 | 68.4 | 82.6 |
| Зернобобовые | 95.5 | 35.5 | 96.4 | 95.6 | 95.6 | 35.4 | 96.4 | 95.6 | 32.4 | 0.00 | 33.7 | 32.5 |
| Кукуруза | 100 | 87.7 | 99.7 | 100 | 100 | 87.7 | 99.7 | 100 | 83.2 | 26.8 | 79.9 | 83.3 |
| Многолетние травы | 100 | 93.0 | 100 | 100 | 100 | 93.0 | 100 | 100 | 88.2 | 78.2 | 84.3 | 88.3 |
| Суммарная точность | 93.2 | 64.9 | 94.4 | 94.0 | 90.2 | 62.8 | 91.4 | 91.9 | 77.0 | 35.5 | 75.7 | 77.4 |

Как видно из таблицы, суммарная точность дешифрирования культур по исходному снимку, картограммам спектральных преобразований *Tasseled Cap* и главных компонент имеет примерно одинаково высокие показатели (более 93 %). Применение спектральных преобразований незначительно повысило суммарную точность дешифрирования сельскохозяйственных культур. При этом следует отметить, что точность классификации значительно зависит не только от выбранного метода спектральных преобразований, но и от даты съемки, на которую был взят космический снимок. Наибольшая точность дешифрирования отмечена для изображений за 19.05.2014. Это можно объяснить тем, что в данный период отражательные характеристики растительных культур максимально различаются между собой (характерно для периода конца мая - первой половины июня). На основе августовского снимка получены менее точные результаты дешифрирования. Анализ снимков в программном продукте *ENVI* с последующей обработкой в ГИС-приложениях позволил выполнить картографирование структуры посевов (рис. 1) и сравнить результаты со статистической информацией (рис. 2).

При этом можно предположить, что ошибки были допущены при внесении информации в книгу истории полей, а не по результатам классификации, о чем свидетельствуют высокие показатели точности распознавания. Сравнение полученных результатов с результатами исследований по оценке эффективности спектральных преобразований для картографирования структуры посевных площадей, проведенными по снимкам *Landsat-5* [Терехин, 2012], показало, таким образом, более высокие возможности снимков *Landsat-8* для анализа структуры посевов.

Заключение

Исследование возможностей картографирования структуры посевных площадей на основе *Landsat-8* показало высокую эффективность этого типа спутниковых данных для изучения структуры посевных площадей, типичных для республики Беларусь. Наибольшая точность дешифрирования отмечена для майских снимков. Анализ эффективности спектральных преобразований показал незначительное повышение суммарной точности дешифрирования при использовании *Tasseled Cap* по сравнению с исходным снимком. На примере вегетационного сезона 2014 года суммарная точность дешифрирования посевов составила 94.4% для 19 мая, 91.4% для 29 июля и 75.7% для 14 августа. При этом точность дешифрирования оказалась примерно равной точности оценки на основе изображения, преобразованного по методу главных компонент. Выполнено дешифрирование и геоинформационное картографирование посевов



для двух тестовых участков на территории Минской области, которое показало возможности оценки структуры посевных площадей на основе снимков *Landsat-8*.

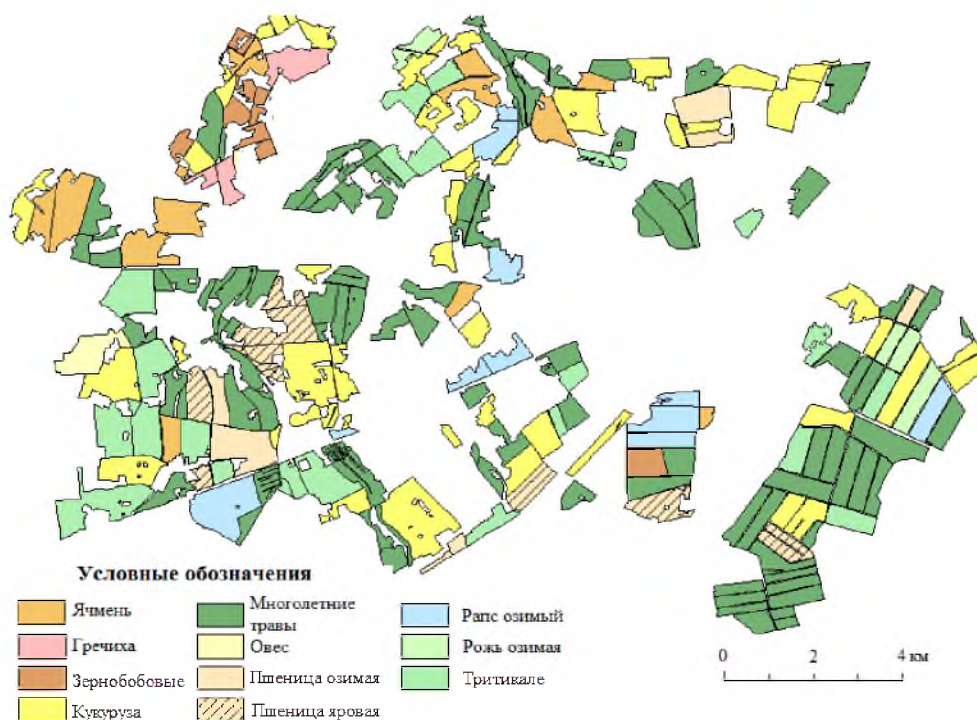


Рис. 1. Структура посевов сельскохозяйственных культур, полученная по результатам дешифрирования космических снимков
 Fig. 1. The structure of crops based on the result of interpretation

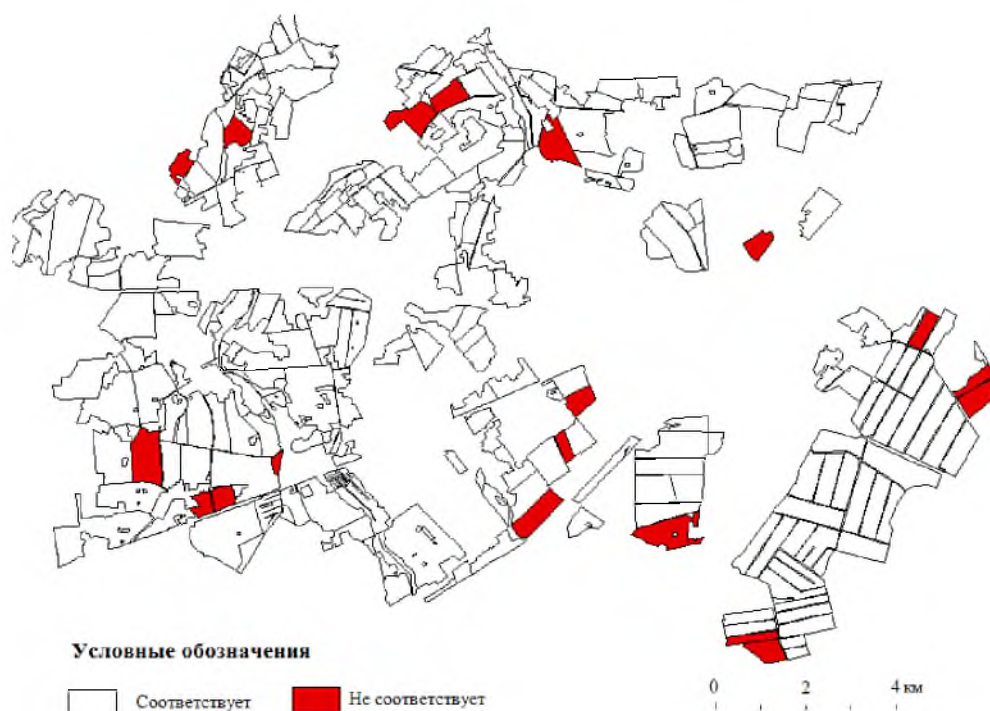


Рис. 2. Картограмма несоответствия результатов дешифрирования и данных из книги истории полей
 Fig. 2. Map of discrepancy of interpretation results and the data from the history fields books



Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ мол_пр, № 15-35-51243.

**Список литературы
References**

1. Барталев С.А., Лупян Е.А., Нейштатт И.А., Савин И.Ю. 2006. Классификация некоторых типов сельскохозяйственных посевов в южных регионах России по спутниковым данным MODIS, Исследование Земли из космоса, 3: 68–75.
Bartalev S.A., Lupyán E.A., Neyshtadt I.A., Savin I.Yu. 2006. Gropland Area Classification in South Regions of Russia Using MODIS Satellite Data. Issledovanie Zemli iz kosmosa [Earth Observation and Remote Sensing], 3: 68–75. (in Russian)
2. Казяк Е.В., Лещенко А.В. 2015. Спектральные преобразования космических снимков landsat-8 для картографирования растительности агроэкосистем. Интерэкспо Гео-Сибирь, 4 (1): 79–83.
Kazyak E.V., Leshchenko A.V. 2015. Spectral transformation of space images landsat 8 for agroecosystems vegetation mapping. Interekspo Geo-Sibir', 4 (1): 79–83.
3. Кобзева Е.А., Поздина К.А. 2008. Автоматизация дешифрирования спутниковых снимков: опыт и проблемы, Геодезия и картография, 6: 40–44.
Kobseva E.A., Posdina K.A. 2008. The automation of satellite – photointerpretation: experience and problems. Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography], 6: 40–44 (in Russian).
4. Коробов Р.М., Райлян В.Я., Войнов О.А. 1991. Использование линейного дискриминантного анализа для спектральной классификации полей озимой пшеницы различного состояния, Исследование Земли из космоса, 3: 39–48.
Korobov R.M., Raylyan V.Ya., Voynov O.A. 1991. Using linear discriminant analysis for the spectral classification of different fields of winter wheat condition. Issledovanie Zemli iz kosmosa [Earth Observation and Remote Sensing], 3: 39–48. (in Russian).
5. Нагиев П.Ю., Гусейнов К.К., Джафаров Э.М. и др. 1986. Автоматизированная классификация сельскохозяйственных объектов по материалам сканерной аэросъемки, Исследование Земли из космоса, 2: 96–101.
Nagiyeu P.Yu., Guseynov K.K., Dzhafarov E.M. 1986. Automated classification of agricultural projects based on aerial surveys of scanner. Issledovanie Zemli iz kosmosa [Earth Observation and Remote Sensing], 2: 96–101. (in Russian).
6. Плотников Д.Е., Барталев С.А., Лупян Е.А. 2010. Признаки распознавания пахотных земель на основе многолетних рядов данных спутникового спектрометра MODIS. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 7 (1): 330–34.
Plotnikov D.E., Bartalev S.A., Lupyán E.A. 2010. The recognition features to map arable lands based on multi-annual MODIS Earth observation data. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Current problems in remote sensing of the Earth from space], 7 (1): 330–34. (in Russian).
7. Терехин Э.А. 2012. Информативность спектральных вегетационных индексов для дешифрирования сельскохозяйственной растительности. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 9 (4): 243–248.
Terekhin E.A. 2012. The Efficiency of Spectral Indices for Interpretation Agricultural Vegetation. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Current problems in remote sensing of the Earth from space], 9 (4): 243–248. (in Russian).
8. Bauer M.E., Hixson M.M., Davis B.J., Etheridge J.B. 1978. Area estimation of crops by digital analysis of Landsat data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 44: 1033–1043.
9. Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC). Available at: <https://lpdaac.usgs.gov> (accessed 18 May 2015).
10. Misra P.N., Wheeler S.G. 1978. Crop classification with LANDSAT multispectral scanner data. Pattern Recognition, 10 (1): 1–13.
11. Carfagna E., Gallego F.J. 2005. Using remote sensing for agricultural statistics. International Statistical Review, 73 (3): 389–404.
12. Yan L., Roy D.P. 2014. Automated crop field extraction from multi-temporal Web Enabled Landsat Data. Remote Sensing of Environment, 144: 42–64.