

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРРИТОРИЙ ПО РАЗНОВРЕМЕННЫМ КОСМИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Марина Александровна Плотникова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, магистрант кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (983)322-52-15, e-mail: Plotnikova-MA2018@sgugit.ru

Елена Павловна Хлебникова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (913)901-94-58, e-mail: e.p.hlebnikova@sgugit.ru

Статья посвящена анализу работоспособности методов автоматизированного выделения изменений различных типов объектов земной поверхности, обусловленными как природными быстро протекающими процессами (пожары, наводнения), так и антропогенными факторами (строительство, вырубки) по синтезированным разновременным космическим изображениям в программном продукте ERDAS IMAGINE. В работе, для обработки синтезированных разновременных изображений, использовались различные подходы. Эксперименты по обнаружению изменений предполагали использование метода главных компонент (при этом анализировались компоненты с меньшей корреляцией, которые в большей мере содержат информацию об изменениях), а также анализ синтезированного изображения с помощью пространства признаков. Реализованные методы выявления изменений показали свою эффективность, однако ни один из них не способен давать стабильно высокие результаты при выявлении изменений территорий в автоматическом режиме.

Ключевые слова: автоматизированный мониторинг территорий, синтезированные разновременные космические снимки, метод главных компонент, пространство признаков.

STUDY OF METHODS FOR IDENTIFYING TERRITORIAL CHANGES BY MULTI-TIME SATELLITE IMAGES

Marina A. Plotnikova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Photogrammetry and Remote Sensing, phone: (983)322-52-15, e-mail: Plotnikova-MA2018@sgugit.ru

Elena P. Khlebnikova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D, Associate Professor, Department of Photogrammetry and Remote Sensing, phone: (913)901-94-58, e-mail: e.p.hlebnikova@sgugit.ru

The article is devoted to the analysis of the efficiency of automated methods for distinguishing various types of objects on the earth's surface, which are both natural and rapidly occurring processes (fires, floods), as well as anthropogenic factors (construction, deforestation) in the synthesis of multi-time satellite images in ERDAS IMAGINE. Various methods were used to process synthesized multi-time images. Experiments to detect changes involved the use of the principal component method (in this case, components with less correlation were analyzed, which contain more information about

changes), as well as correlation analysis of the synthesized image using the feature space. The implemented methods of detecting changes showed their efficiency, but none of them can give consistently high results when detecting changes in territories in automatic mode.

Key words: automated monitoring of territories, synthesized multi-time satellite images, principal component analysis, feature space.

Введение

Тенденция к постоянной изменчивости территорий, обусловленных как антропогенными факторами (строительство, реконструкция, реновация, вырубки и т.п.), так и природными быстро протекающими процессами (пожары, наводнения и т.п.), обуславливает необходимость проведения комплексной системы наблюдений – мониторинга.

Для решения задач, связанных с оперативной оценкой и прогнозом изменений различных типов объектов, используются данные дистанционного зондирования Земли. Основным элементом мониторинга по космическим снимкам является выявление произошедших изменений по материалам съемок, выполненных на разные даты. На сегодняшний день разработано большое количество методов и алгоритмов автоматизированного обнаружения изменений по разновременным снимкам [1–9]. В статье рассмотрены подходы к выявлению изменений территорий, основанные на анализе синтезированных разновременных изображений.

В качестве исследуемых объектов были выбраны: тематический парк развлечений «Остров мечты» в Москве, наводнение в городе Тулун (Иркутская область), объекты растительности (последствия пожаров, вырубки) на территории Иркутской области.

Цель исследования заключается в анализе работоспособности методов автоматизированного мониторинга различных типов объектов по синтезированным космическим изображениям в программном продукте ERDAS IMAGINE.

Методы и материалы

Для мониторинга строительства тематического парка развлечений «Остров мечты» в Москве и наводнения в городе Тулун Иркутской области были получены снимки высокого пространственного разрешения PlanetScope, представленные в онлайн-сервисе Planet Explorer. Для мониторинга вырубок и пожаров в Иркутской области были получены архивные спутниковые снимки Sentinel-2 с помощью ресурса Геологической службы США (USGS) [10].

Выявить изменения по космическим снимкам можно используя различные подходы. Главным источником объективной информации об изменении объектов на поверхности Земли являются разновременные мультиспектральные снимки. Эффективным способом обнаружения изменений является анализ синтезированных изображений. Как и при создании цветосинтезированных композитных изображений, выбираются необходимые для решения конкретной задачи зоны спектра снимков, только уже за разные даты.

Для обработки синтезированных изображений целесообразно использование метода главных компонент. Выявление изменений по разновременным снимкам, преобразованным по методу главных компонент (РСА), базируется на поэлементном вычитании значений яркостей соответствующих пикселей главных компонент. При этом анализируются компоненты с меньшей корреляцией, которые в большей мере содержат информацию об изменениях [11].

Также эксперимент предполагал корреляционный анализ синтезированного изображения с помощью пространства признаков (Feature space). Пространство признаков строится по двум осям (каналам изображения). По одной оси откладывается значение пиксела одного канала (X), по другой значение пиксела от другого канала (Y). Между яркостями изображения по каналам, существует линейная статистическая взаимосвязь, то есть корреляция. В данном методе предполагается, что каждому классу соответствует определенная область в пространстве признаков. Таким образом можно определить в каждой паре каналов относительное положение областей, соответствующих изменившимся объектам земной поверхности.

Результаты

Для выявления изменений городской территории эксперимент предполагал синтез двух четырехканальных снимков PlanetScope на 2014 и 2019 гг. Затем данный восьмиканальный файл был преобразован при помощи метода РСА. Соответственно, были получены восемь компонент. Анализ данных компонент показал, что наиболее информативной с точки зрения отображения изменений оказалась четвертая компонента, что продемонстрировано на рис. 1.

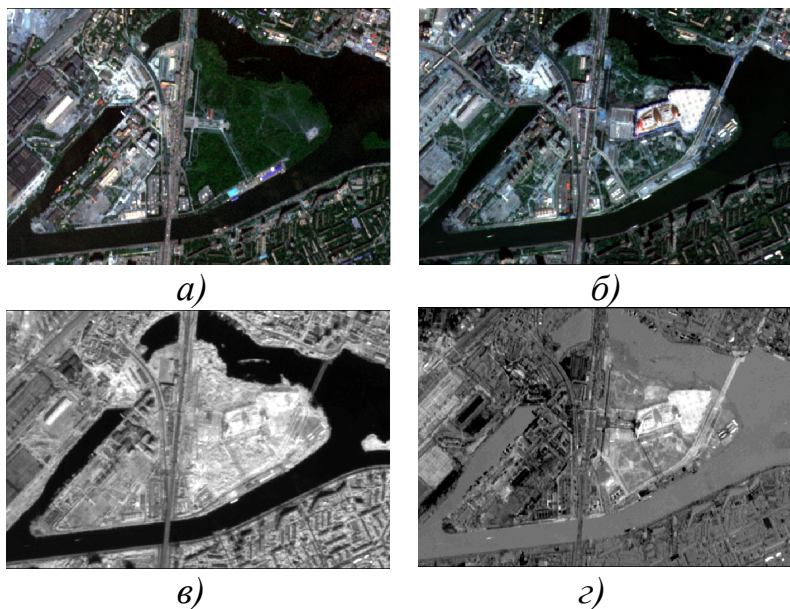


Рис. 1. Преобразование РСА:

а) снимок 2014 года; б) снимок 2019 года; в) первая компонента; г) четвертая компонента

На рис. 2 показан результат комбинации четвертой компоненты с каналами снимков 2014 и 2019 годов.

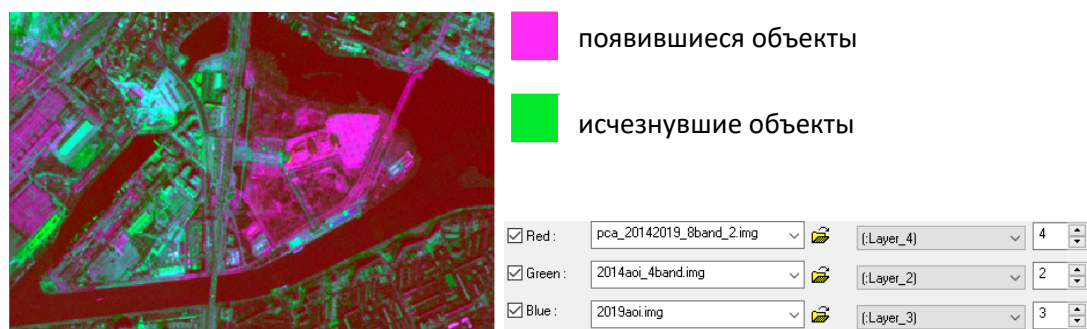


Рис. 2. Результат комбинации снимков (R: четвертая компонента; G: green (2014); B: blue (2019))

Далее данный подход к выявлению изменений был реализован для мониторинга наводнения в июне 2019 года в городе Тулун (Иркутская область).

Были синтезированы два снимка PlanetScore на даты 19.06.19 и 30.06.19. В данном случае наиболее информативной с точки зрения отображения изменений оказалась вторая компонента. Результат преобразования PCA представлен на рис. 3.

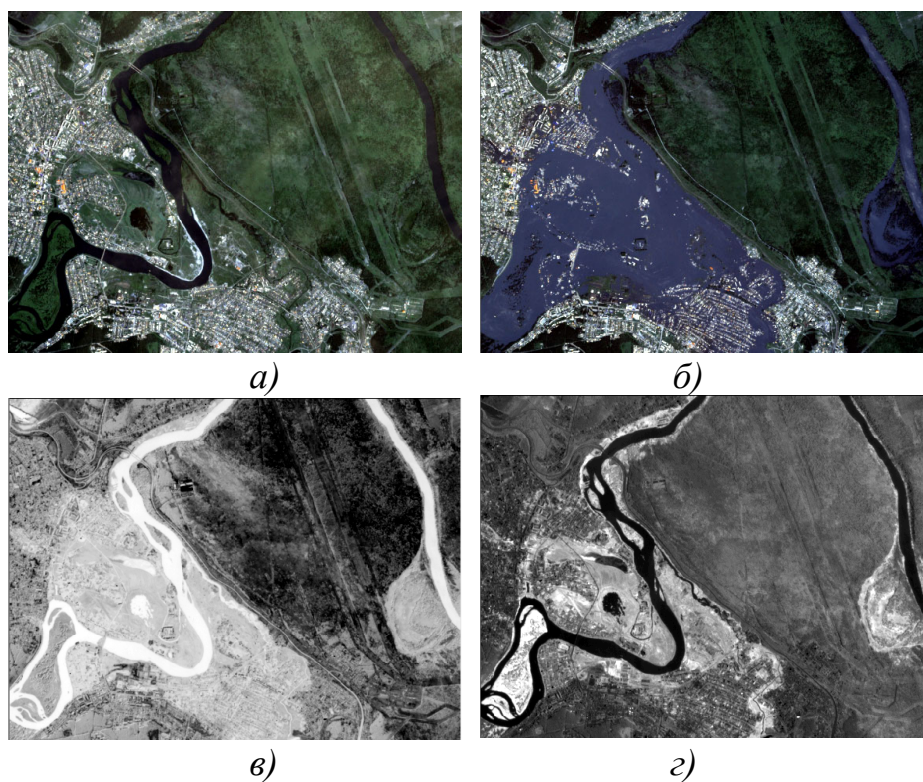


Рис. 3. Преобразование PCA:
а) снимок 19.06.19; б) снимок 30.06.19; в) первая компонента; г) вторая компонента

Результат комбинации второй компоненты с каналами снимков на даты 19.06.19 и 30.06.19 представлен на рис. 4.

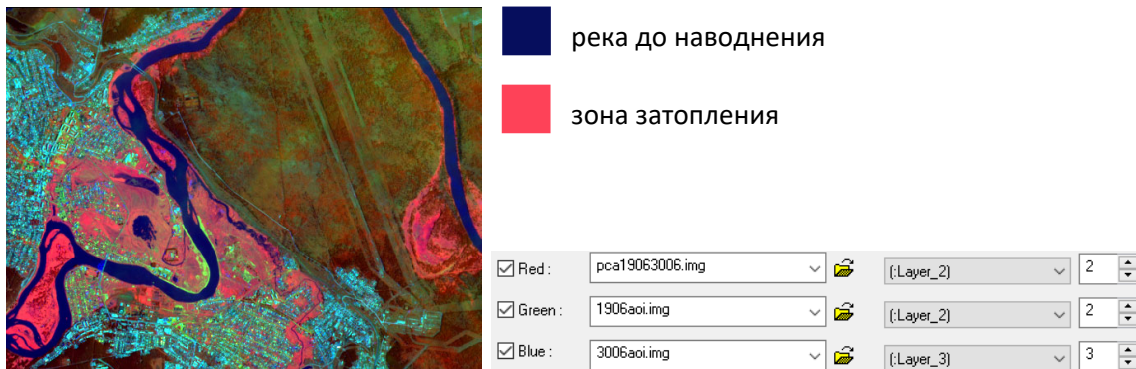


Рис. 4. Результат комбинации снимков
(R: вторая компонента; G: green (19.06.19); B: blue (30.06.19))

Для выявления изменений состояния объектов растительности вследствие рубок и пожаров были синтезированы снимки Sentinel-2 на даты 30.08.2017 и 31.07.2018. В ходе преобразования при помощи метода PCA изменения явно отобразились на четвертой компоненте, что представлено на рис. 5.

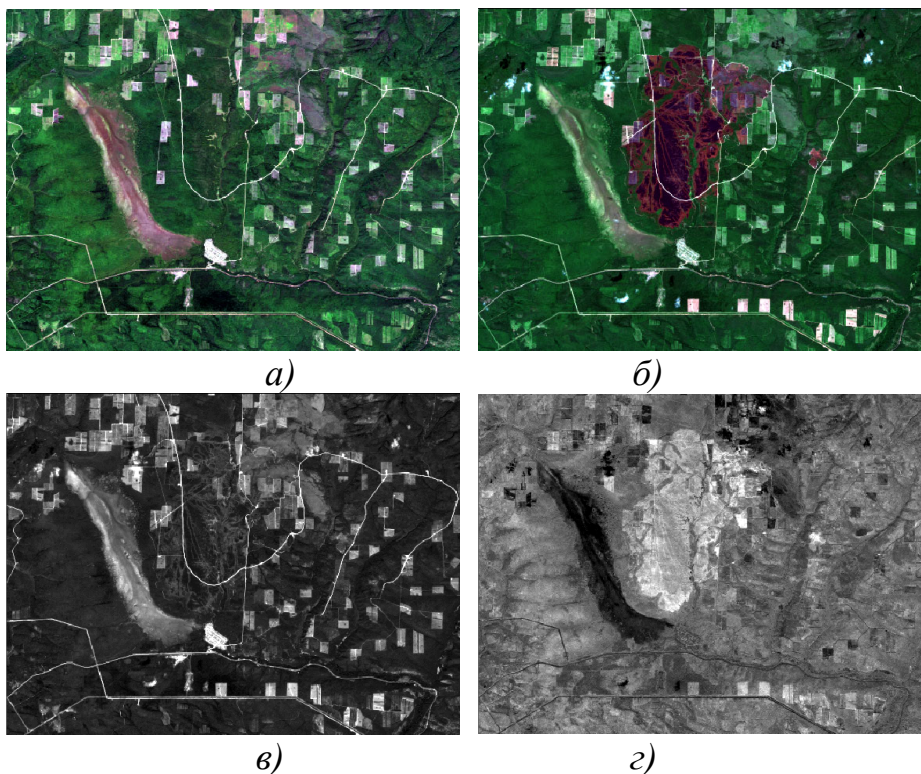


Рис. 5. Преобразование PCA:
а) снимок 30.08.2017; б) снимок 31.07.2018; в) первая компонента; г) четвертая компонента

Полученный результат синтеза четвертой компоненты с каналами снимков 2017 и 2018 годов, представлен на рис. 6.



Рис. 6. Результат комбинации снимков (R: четвертая компонента; G: green (2017); B: blue (2018))

Далее рассмотрим результаты экспериментов анализа синтезированного изображения с помощью пространства признаков для выявления изменившихся объектов.

Для мониторинга городской территории были построены пространства признаков (ПП) для синтезированного изображения. В результате были получены 28 ПП-изображений. Очевидно, что в случае, когда пространство признаков строится по каналам одного изображения степень корреляции между наборами данных выше, чем, когда ПП-изображения построены по паре каналов разных дат. На рис. 7 можно видеть, как на ПП-изображениях, построенных по паре каналов разных дат, изменения объектов привели к различным выбросам (выделены красными рамками).

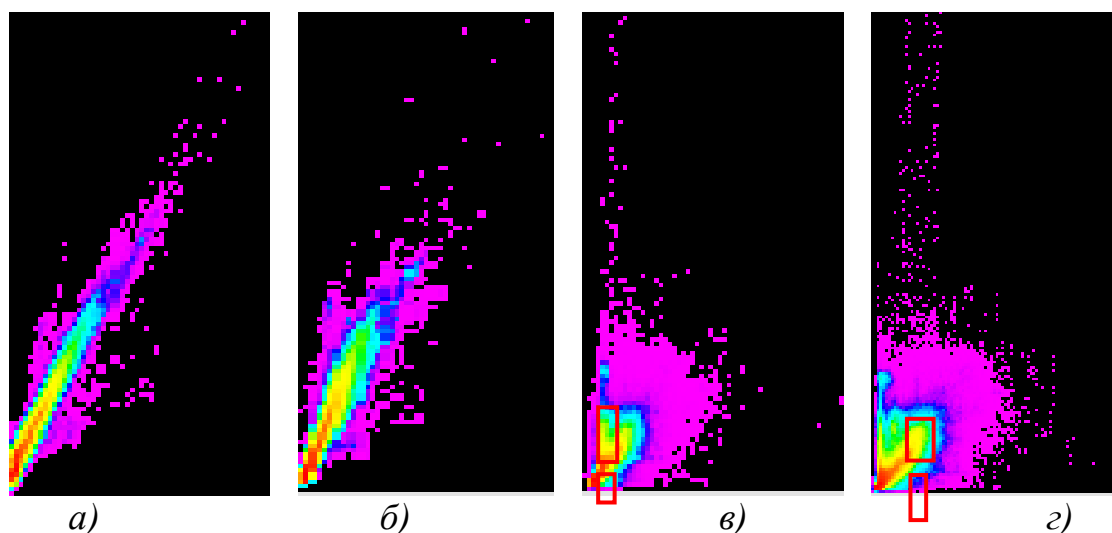


Рис. 7. ПП-изображения:

а) пара 1 и 2 канала снимка 2014; б) пара 1 и 3 канала снимка 2014; в) пара 2 канала снимка 2014 и 2 канала снимка 2019; г) пара 3 канала снимка 2014 и 3 канала снимка 2019

На рис. 8 видно, как изменения, связанные со строительством новых объектов, выявились на ПП-изображении пары 3 канала снимка 2014 года и 1 канала снимка 2019 года. Для изменений были созданы эталоны с помощью редактора эталонов (Signature Editor).

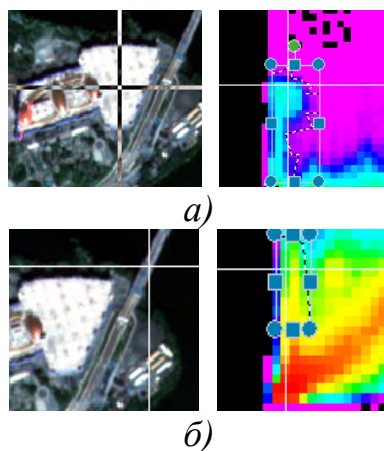


Рис. 8. Соответствие исходного и ПП-изображения:

а) изменения, связанные со строительством здания парка развлечений и его АОИ в пространстве признаков; *б)* изменения, связанные со строительством дорожной сети и ее АОИ в пространстве признаков

Результаты построения эталонов изменений городской территории в пространстве признаков представлены на рис. 9.

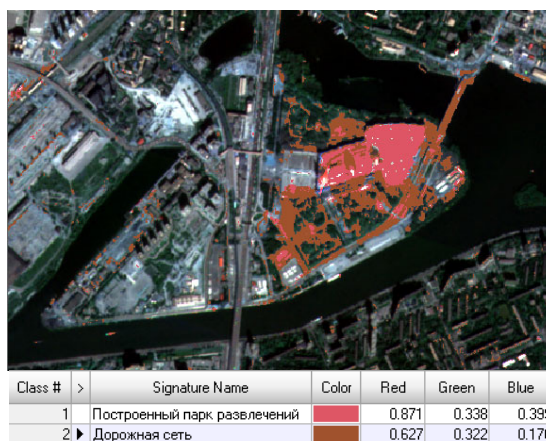


Рис. 9. Результаты построения эталонов изменений городской территории в пространстве признаков

Далее рассмотрим эффективность данного подхода для обнаружения изменений объектов растительности, а именно последствий пожаров и вырубок. С точки зрения информативности для выявления изменений последствий пожаров было выбрано ПП-изображение пары 3 канала снимка 2017 года и 1 канала

снимка 2018 года, а для вырубок – пары 3 канала снимка 2017 года и 3 канала снимка 2018. На рис. 10 представлены соответствия исходного и ПП-изображений, на которых создавались АОІ произошедших изменений.

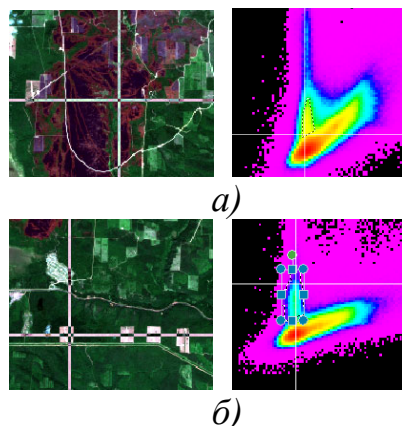


Рис. 10. Соответствие исходного и ПП-изображений:

а) последствия пожара и его АОІ в пространстве признаков; *б)* вырубки и их АОІ в пространстве признаков

Результаты построения эталонов изменений объектов растительности в пространстве признаков представлены на рис. 11.

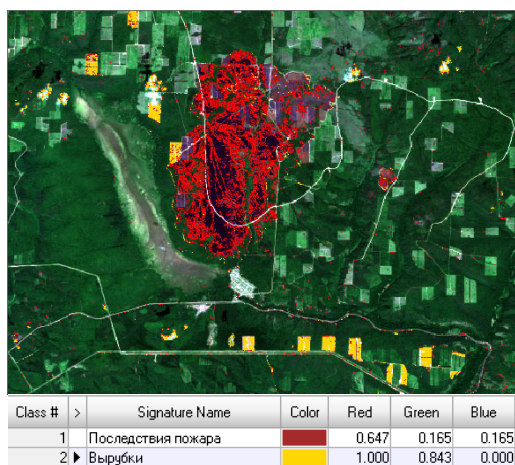


Рис. 11. Результаты построения эталонов изменений объектов растительности в пространстве признаков

В случае с выявлением зоны затопления в городе Тулун наиболее информативным оказалось ПП-изображение пары 2 канала снимка на дату 19.06.19 и 4 канала снимка на дату 30.06.19. На рис. 12 показан процесс создания АОІ в пространстве признаков.

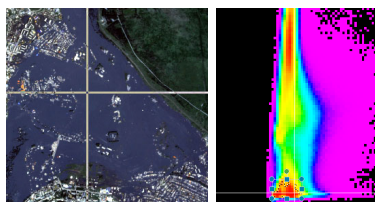


Рис. 12.Соответствие исходного и ПП-изображений: зона затопления и ее АОІ в пространстве признаков

На рис. 13 представлен результат построения эталонов зоны затопления в пространстве признаков.

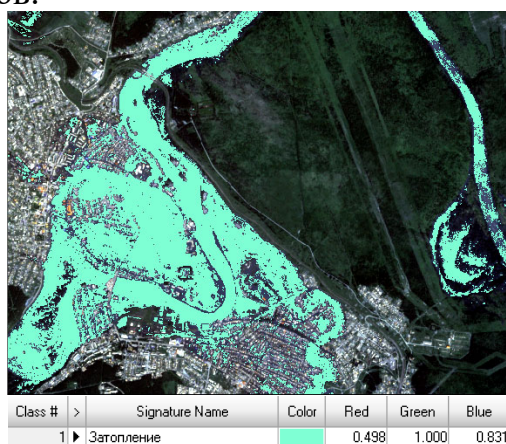


Рис. 13. Результаты построения эталонов зоны затопления в пространстве признаков

Обсуждение

Реализованные методы выявления изменений различных типов объектов, основанные на анализе синтезированных разновременных изображений, показали свою эффективность.

В случае с мониторингом городской территории наиболее эффективным оказался анализ синтезированного изображения с помощью пространства признаков. При выделении изменений по разновременным синтезированным изображениям, преобразованным по методу главных компонент (РСА) выявились фиктивные изменения, связанные с такими факторами, как разные условия съемки, которые выражаются в изменении конфигурации теней на снимках, различные углы наклона снимков и положения точек надира приводят к наличию геометрических искажений. В условиях городской застройки отдельными факторами, затрудняющими процесс автоматизированного поиска различий, являются движение автотранспорта, озеленение городских территорий (вырубка и посадка деревьев), изменения, произошедшие не с самими зданиями, а с их кровлей и т.д.

При мониторинге наводнения в городе Тулун зона затопления отчетливо выделилась при синтезе разновременных изображений с компонентой с меньшей

корреляцией. В то же время при реализации подхода обнаружения изменений с помощью пространства признаков выделились все водные объекты.

Для изменений состояния объектов растительности вследствие вырубок и пожаров сработали оба подхода. При этом стоит отметить обнаружение фиктивных изменений, связанных с наличием облачности на снимках.

Заключение

В работе проведено исследование двух подходов выделения изменений различных типов объектов земной поверхности по синтезированным разновременным космическим изображениям, обусловленными как природными, так и антропогенными факторами. Эксперименты показали работоспособность данных методов. Таким образом, каждый из подходов может служить инструментом, облегчающим ручной труд по поиску изменившихся областей на изображениях. Однако ни один из них не способен давать стабильно высокие результаты при выявлении изменений территорий в автоматическом режиме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алтухов А. И., Коршунов Д. С. Метод поиска изменений состояния земной поверхности по разновременным космическим снимкам // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2019. – Т. 19. – № 3. – С. 410–416.
2. Гук А. П., Евстратова Л. Г.. Фотограмметрическая обработка многоспектральных аэрокосмических снимков при мониторинге территорий // Геодезия, Картография, Геоинформатика и Кадастры. От идеи до внедрения. II Международная научно-практическая конференция. – Политехника СПб, 2017. – С. 136–142.
3. Гук А. П., Евстратова Л. Г. К вопросу мониторинга северных территорий по оптическим и радиолокационным космическим снимкам // Вестник СВФУ. Серия «Науки о Земле» – 2019. – № 3(15).
4. Гук А. П., Хлебникова Е. П. Методы и технологии распознавания объектов по их изображению: учебное пособие. – Новосибирск: СГУГиТ, 2019. – 138 с.
5. Гук А. П., Евстратова Л. Г., Хлебникова Е. П., Алтынцев М. А., Арбузов С. А., Гордиенко А. С., Гук А. А. Разработка методик автоматизированного дешифрирования аэрокосмических снимков. Выявление изменения состояния территорий по многозональным космическим снимкам, полученным на разные даты // Геодезия и картография. 2013. – № 8. – С. 33-41.
6. Плотникова М. А., Хлебникова Е. П. Использование разновременных космических снимков при мониторинге городских территорий // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения : сб.материалов Национальной научно-практической конференции, 12–16 ноября 2018 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГУГиТ, 2019. – С. 248–252.
7. Чабан, Л. Н. Методы и алгоритмы распознавания образов в автоматизированном дешифрировании данных дистанционного зондирования: учебное пособие. – М.: МИИГАиК, 2016. – 94 с.
8. Хлебникова Е. П., Абишева М. Т. Особенности обнаружения изменений инженерно-технических сооружений при интерпретации и анализе космических изображений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, гео-

экология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – С. 9–14.

9. Солонько Е. В., Хлебникова Е. П. Использование разновременных космических снимков для оценки развития оползневых процессов на территории города Барнаула // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр., 18–22 апреля 2016 г., Новосибирск : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 156–161.

10. Дворкин Б. А., Дудкин С. А. Новейшие и перспективные спутники дистанционного зондирования Земли // Геоматика. – 2013. – № 2 (19). – С. 16–36.

11. Плотникова М. А., Хлебникова Е. П. Мониторинг городской территории по материалам космических съемок // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 84–89.

© М. А. Плотникова, Е. П. Хлебникова, 2020