

В. П. Ступин¹

ГИС-анализ спектрозональных снимков в целях картографо-космического мониторинга вырубок и гарей таежных лесов Приангарья

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск,
Российская Федерация
*e-mail: stupinigu@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты анализа возможностей компьютерного дешифрирования нарушенности таежных лесов Приангарья средствами SAGA-GIS в интересах их картографирования и мониторинга. Проанализированы преимущества и недостатки различных методов сегментации и классификации снимков Landsat-8 без обучения (способы ISODATA и К-средних) и с обучением (способы минимального расстояния, максимального правдоподобия, спектрального угла) при идентификации состояния лесов, вырубок и гарей. Рассмотрены спектральные кривые ареалов растительного покрова разной степени нарушенности. Оценены дальнейшие перспективы автоматизированного дешифрирования нарушенности таежных ландшафтов.

Ключевые слова: ГИС-анализ лесов, данные ДЗЗ, компьютерное дешифрирование

V. P. Stupin¹

GIS analysis of spectral images for the purpose of cartographic and space monitoring of deforestation and burning of the taiga forests of the Angara region

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation
*e-mail: stupinigu@mail.ru

Abstract. The results of the analysis of the possibilities of computer decryption of the disturbance of the taiga forests of the Angara region by means of SAGA-GIS in the interests of their mapping and monitoring are presented. The advantages and disadvantages of various methods of segmentation and classification of Landsat-8 images without training (ISODATA and K-means methods) and with training (methods of minimum distance, maximum likelihood, spectral angle) in identifying the state of forests, cuttings and burnings are analyzed. Spectral curves of vegetation areas of varying degrees of disturbance are considered. The further prospects of automated decoding of the disturbance of taiga landscapes are evaluated.

Keywords: GIS analysis of forests, remote sensing data, computer decryption

Введение

Теория и практика получения достоверной, полной и актуальной информации о состоянии растительного покрова по материалам дистанционного зондирования Земли являются важнейшими направлениями мониторинга раститель-

ности во всем мире, в России и ее регионах [1,2]. Особенно важно отслеживать проявления нарушенности лесов, основными из которых являются гари (65%) и вырубки (30 %) [3]. Эту задачу можно решить только путем организации оперативного картографо-космического мониторинга лесов, начиная с регионального уровня [4, 5]. Важнейшим инструментом такого мониторинга является автоматизированное дешифрирование спектрально-зональных снимков, которому, на примере территории таежного Приангарья, и посвящено данное исследование.

Методы и материалы

В основу исследования положены методы одного из важнейших направлений компьютерного анализа снимков – дешифрирования и интерпретации кубов синтезированных изображений, полученных по спектрально-зональным снимкам из космоса. Другое важное направление компьютерного анализа снимков – получение и интерпретация индексных изображений [6] в данной статье почти не рассматривается, так как его результаты изложены ранее в [7], где были проанализированы карты вегетационных индексов, сгенерированные на территорию исследований.

В исследовании были задействованы спектрально-зональные снимки со спутника Landsat-8 с номером P136R021, полученные 31 июля 2018 г. Выбор этого набора изображений обусловлен тем, что на нем отображено правобережье Братского водохранилища Иркутской области, на территории которого велись и ведутся интенсивные рубки таежных лесов и имеется много старых и новых вырубок. Кроме того, на снимках отображена известная гарь у пос. Мамырь, которая осталась после крупного таежного пожара 26–28 июня 2018 г., произошедшего буквально за месяц до получения снимков. Также на снимках видны несколько более старых гарей в разной стадии восстановления.

Указанный выше набор спектрально-зональных снимков и данных был получен с помощью инструмента Operational Land Imager (OLI), который генерирует изображения в девяти диапазонах видимого и ближнего инфракрасного спектра с разрешением 30 м на пиксель. В исследовании не использовали коротковолновый 1-ый и длинноволновый 9-й каналы, которые сильно искажают изображение поверхности Земли и предназначены для изучения аэрозолей и перистых облаков, соответственно. Номера использованных каналов, их названия и длина диапазона волн приведены ниже:

2 канал; синий (Blue); 0,450-0,515 мкм;

3 канал; зелёный (Green); 0,525-0,600 мкм;

4 канал; красный (Red); 0,630-0,680 мкм;

5 канал; ближний ИК (Near Infrared, NIR); 0,845-0,885 мкм;

6 канал; ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR2); 1,560-1,660 мкм;

7 канал; ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR3); 2,100-2,300 мкм.

Снимок 8-го панхроматический канала, полученный в диапазоне 0,515-0,896 с пространственным разрешением 15 м на пиксель, использовался для паншарпенинга остальных каналов.

Обработка данных в целях решения задач исследования выполнялась с использованием открытой настольной ГИС SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) версии 9.3.2 (64 bit).

Автоматизированное компьютерное дешифрирование в любой ГИС, по сути, сводится к классификации – последовательному разделению пикселей изображения на классы и группы. Существуют различные методы такой классификации и в связи с этим одной из основных задач исследования стал сравнительный анализ возможностей этих методов в области выявления наличия и определения различных характеристик нарушенности лесного покрова вырубками и горями.

В исследовании с помощью SAGA ГИС были апробированы основные модули компьютерного дешифрирования, предоставляющие различные возможности классификации изображений.

Модуль Object Based Image Segmentation объединяет в себе ряд инструментов для объектно-ориентированной сегментации изображений путем определения объектов в виде полигонов [8]. Сегментация выполняется с использованием алгоритма «Увеличения области». Полученные полигоны могут быть сгруппированы с помощью неконтролируемой классификации (кластерный анализ с использованием k -средних) или контролируемой классификации, когда в качестве дополнительных входных данных требуются классифицированные образцы объектов. И то и другое выполняется на основе статистики пиксельной сетки для каждого полигонального объекта (рис. 1).

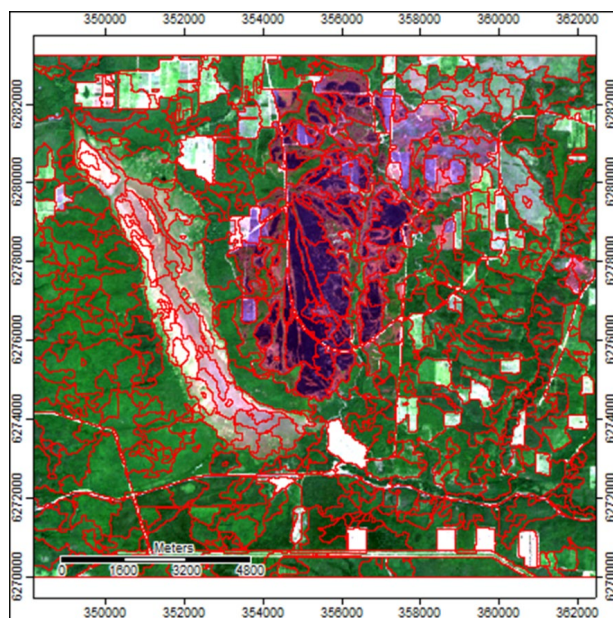


Рис. 1. Сегментация куба изображений (Landsat-8, каналы 2-7)

Модуль Unsupervised Classification позволяет выполнять неконтролируемую классификацию (кластеризацию) методами ISODATA и K -средних. Метод ISODATA использует алгоритм неконтролируемой классификации и кластеризации на основе итеративного самоорганизующегося анализа данных [9]. Метод

позволяет автоматически корректировать количество кластеров в ходе итерации путем объединения похожих кластеров и разделения кластеров с большими стандартными отклонениями (рис. 2).

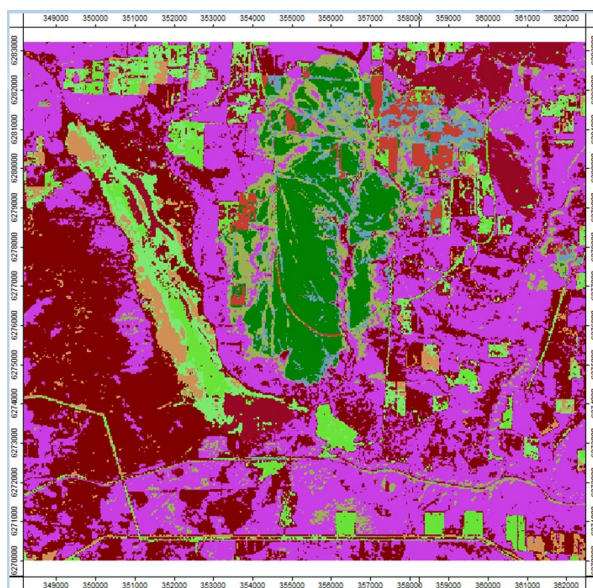


Рис.2. Классификация методом ISODATA

Метод К-средних [10] реализует наиболее популярный вид кластерного анализа растров (рис. 3).

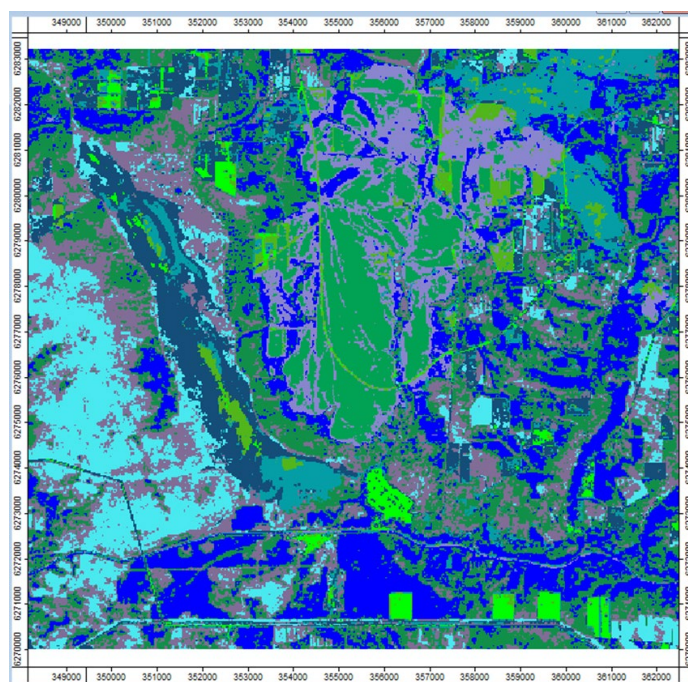


Рис. 3. Классификация методом К-средних

Модуль Supervised Image Classification включает стандартные методы контролируемой классификации изображений: минимального расстояния, максимального правдоподобия, спектрального угла [11]. Классификаторы могут быть обучены по областям, определенным с помощью векторных полигонов, образцов, представленных в виде таблиц, или статистических данных (рис. 4).

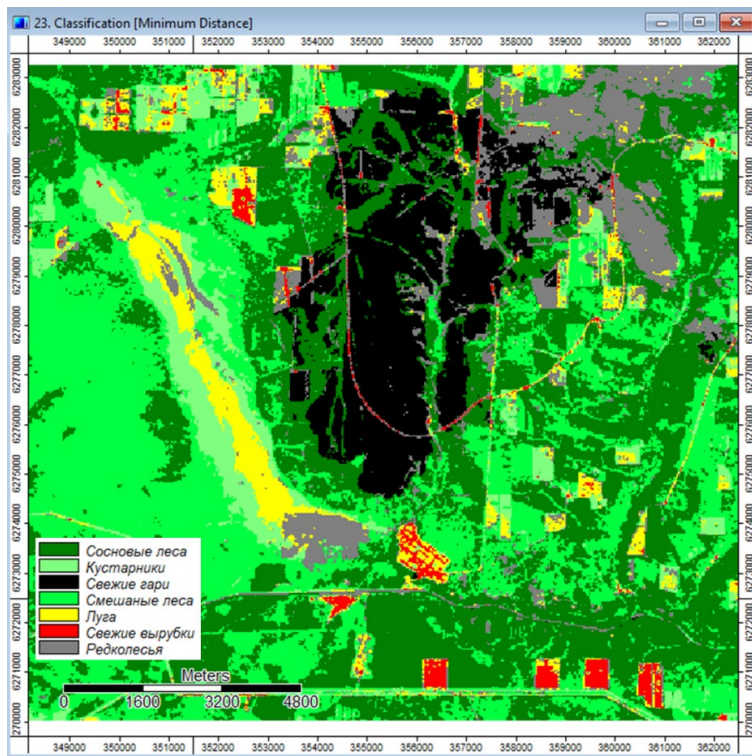


Рис.4. Классификация с обучением

Для анализа и верификации результатов компьютерного дешифрирования были построены спектральные образы исследуемых объектов (рис. 5).

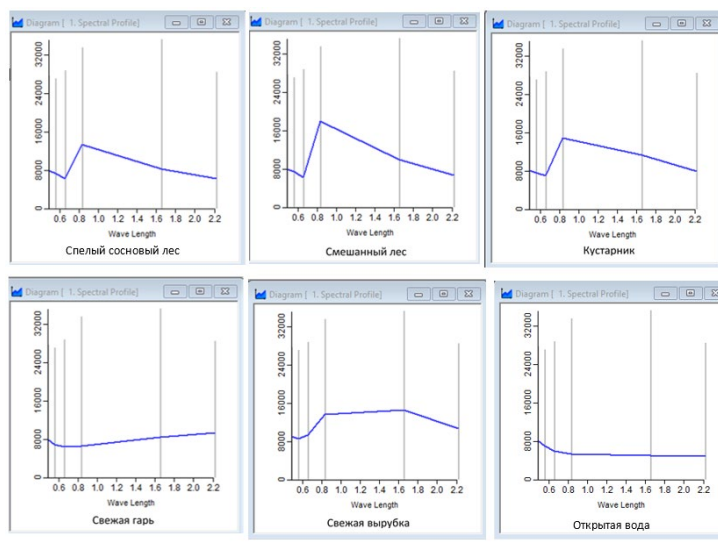


Рис. 5. Спектральные образы некоторых объектов тайги Приангарья

Для уточнения положения вырубок и гарей также использовался нормализованный индекс гарей NBRI (рис. 6).

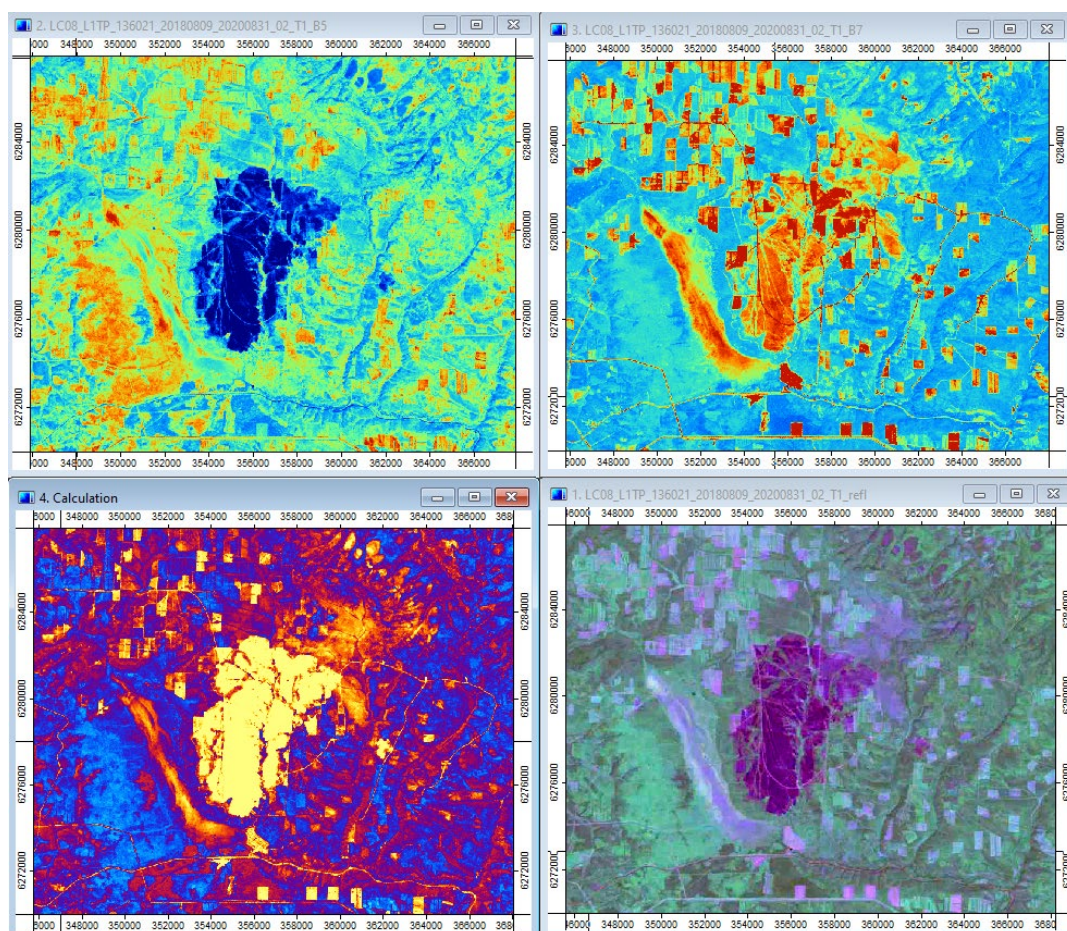


Рис. 6. Фрагменты снимка LC08: а) NIR диапазон, б) SWIR диапазон, в) индекс NBRI, д) композит RGB

Результаты и обсуждение

Сегментация и классификация без обучения (особенно способ К-средних), дает лучшие результаты при выявлении ограниченного числа однородных ареалов в интересах дальнейшей классификации с обучением.

При классификации с обучением корректность результатов возрастает с увеличением количества выборок для каждого класса.

Топографическая коррекция перед классификацией обязательна, за исключением случаев использования метода спектрального угла, на результат которого влияет только направление векторов пикселей в пространстве признаков, но не влияет их длина [12].

Атмосферная коррекция при одновременных снимков не обязательна, так как она не влияет на относительные различия яркостей на разных каналах.

Свежие рубки и особенно гари достаточно уверенно идентифицируются при всех видах классификации вследствие их низкой отражательной способно-

сти в видимой и NIR зонах спектра. По мере их зарастания их идентификация ухудшается. Лесовосстановление на гарях и вырубках сопровождается ростом коэффициента отражения в зоне NIR за счет первичного зарастания осинкой и березой и снижение в зоне SWIR, за счет сокращения площадей открытого грунта.

Контроль гистограмм классифицированных снимков на соответствие распределению Гаусса – обязательный этап оценки качества дешифрирования.

Пространственного разрешения снимков Landsat недостаточно для визуального распознавания типа и возраста растительности, поэтому для этого следует привлекать ее спектральные образы – графики зависимости отражательной способности объектов от длины волны.

Хорошие результаты по выявлению вырубок и гарей на фоне остальной тайги дают карты NBRI. И хотя они незначительно различаются между собой по величине самого индекса, но легко различаются по своим очертаниям. Гари выявляют по сложной форме, отсутствию прямых углов, некоторой вытянутости по направлению ветра; вырубки имеют прямоугольную геометрическую форму и связаны с лесовозными дорогами.

Компьютерные методы идентификации не могут полностью заменить визуальные. И классификация с обучением и классификация без обучения требуют экспертного сопровождения. Таким образом, интерактивные методы – пока являются наиболее оптимальной стратегией дешифрирования.

Заключение

Космические снимки со спутников среднего разрешения Landsat, Sentinel, SPOT, Канопус-В по сочетанию своего территориального охвата и детальности оптимальны для выявления вырубок и гарей таежных территорий Приангарья, идентификации выборочных, постепенных и сплошных рубок, дешифрирования примыкающих, чересполосных, кулисных и шахматных лесосек шириной от 50 м и площадью от нескольких га, а также определения степени их зарастания и восстановления.

В то же время, получение полной информации о местоположении, характеристиках и динамике вырубок и гарей только по результатам компьютерного дешифрирования пока затруднительно. Необходимо использовать снимки в комплексе с другими источниками информации: картографическими материалами, данными наземной таксации лесов и другими справочными источниками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барталев и др. Спутниковое картографирование растительного покрова России. / С.А. Барталев, В.А. Егоров, В.О. Жарко, Е.А. Лупян, Д.Е. Плотников, С.А. Хвостиков, Н.В. Шабанов - М.: ИКИ РАН, 2016. - 208 с.
2. Исаев А.С. и др. Спутниковое зондирование — уникальный инструмент мониторинга лесов России / А.С. Исаев, С.А. Барталев, Е.А. Лупян, Н.В. Лукина // Вестник Российской Академии Наук. 2014. Т. 84. № 12. С. 1073–1079.
3. Krylov A., Potapov P., Loboda T., Tyukavina A., Turubanova S., Hansen M.C., McCarty J.L. Remote sensing estimates of stand-replacement fires in Russia, 2002–2011 // Environmental Research Letters. 2014. Vol. 9 (10).

4. Пластинин Л.А., Ступин В.П. Картографо-космический мониторинг зоны воздействия водохранилищ ангарского каскада (Монография) / Иркутск: Изд-во ИрННТУ. – 2018 г. – 180 с.
5. Пластинин Л.А., Ступин В.П. Хамедов В.А. Методология и методическое обоснование картографо-космического мониторинга растительного покрова Сибири / Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли. Материалы X Международной научной конференции. Красноярск, 12–15 сентября 2023 г. – Красноярск, изд-во СФУ, 2023 – С. 261-265.
6. Silleos, Nikolaos G., Alexandridis, Thomas K., Gitas, Ioannis Z. and Perakis, Konstantinos (2006) 'Vegetation Indices: Advances Made in Biomass Estimation and Vegetation Monitoring in the Last 30 Years', *Geocarto International*, 21:4, 21-28.
7. Ступин В.П., Пластинин Л.А. Идентификация растительности по результатам ГИС-анализа данных ДЗЗ в интересах картографирования растительного покрова Сибири / Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVII Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск: СГУГиТ, 2023. Т. 1. – С. 74-81.
8. Bechtel, B., Ringeler, A. & Boehner, J. (2008): Segmentation for Object Extraction of Trees using MATLAB and SAGA. In: Boehner, J., Blaschke, T., Montanarella, L. [Eds.]: SAGA - Seconds Out. *Hamburger Beitrage zur Physischen Geographie und Landschaftsoekologie*, 19:59-70.7. Adams, R. & Bischof, L. (1994): Seeded Region Growing. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.16, No.6, p.641-647.
9. Memarsadeghi, N., Mount, D. M., Netanyahu, N. S., Le Moigne, J. (2007): A Fast Implementation of the ISODATA Clustering Algorithm. *International Journal of Computational Geometry and Applications*, 17, 71-103.
10. Rubin, J. Optimal classification into groups: an approach for solving the taxonomy problem. *J. Theoretical Biology*, 15:103-144.
11. R. Nishii, S. Eguchi, Supervised image classification of multispectral images based on statistical machine learning, *Signal and Image Processing for Remote Sensing*, CRC Press, 2006.
12. Егоров В.А., Барталев С.А. Метод радиометрической коррекции искажений отражательных характеристик земного покрова в данных спутниковых измерений, вызванных влиянием рельефа местности / Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 5. С. 192–201

© В. П. Ступин, 2024