

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПО МАТЕРИАЛАМ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЪЕМКИ

Ю. С. Давидович¹⁾, Е. С. Фруль²⁾, А. Н. Червань³⁾, В. А. Сипач⁴⁾

¹⁾ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь, email: seg98001@gmail.com;*

²⁾ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь, email: zhenyafrul@yandex.ru*

³⁾ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь, email: chervanalex@mail.ru;*

⁴⁾ *УП «Геоинформационные системы», ул. Сурганова, 6, 220012, Беларусь, email: slava-sipach@tut.by*

В работе представлены результаты интерактивного распознавания природных и антропогенных объектов по материалам радиолокационной съемки. Подробно рассмотрены методические вопросы обработки и использования аэрокосмических снимков радиодиапазона при автоматизированном дешифрировании видов земель КФХ «Гутько С.». В работе использовались данные спутника Европейского космического агентства Sentinel-1A осеннего сезона съемки. Произведена оценка точности рассмотренных методов классификаций.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования Земли; виды земель; радиолокационная съемка; тематическое дешифрирование.

AUTOMATED INTERPRETATION OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC OBJECTS FROM RADAR IMAGE

Y. S. Davidovich¹⁾, E. S. Frul²⁾, A. N. Chervan³⁾, V. A. Sipach⁴⁾

¹⁾ *Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, 220030, Belarus, email: seg98001@gmail.com;*

²⁾ *Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, 220030, Belarus, email: zhenyafrul@yandex.ru*

³⁾ *Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, 220030, Belarus, email: chervanalex@mail.ru;*

⁴⁾ *UE «Geoinformation systems», 6 Surganova Street, 220012, Belarus, email: slava-sipach@tut.by*

The paper presents the results of interactive recognition of natural and anthropogenic objects based on radar survey materials. The methodological issues of processing and using aerospace radio images for automated interpretation of types of lands of the peasant farm «Gutko S.» are considered in detail. The work used data from the European Space Agency's Sentinel-1A satellite during the autumn survey season. The accuracy of the considered classification methods was assessed.

Keywords: Earth remote sensing data; types of land; radar survey; thematic interpretation.

На данный момент фонд данных дистанционного зондирования Земли представлен как материалами оптического диапазона длин волн, так и радиолокационными. Сегодня доля последних существенно возросла в связи с тем, что Европейское космическое агентство запустило на околоземную орбиту два спутника – Sentinel-1A и Sentinel-1B, оснащенных радиолокационной аппаратурой. Полученные ими материалы находятся в свободном доступе, что открывает новые возможности для специалистов в области тематического дешифрирования и картографирования.

Радиолокационная съемка обладает рядом отличительных особенностей, по сравнению со съемками в оптическом диапазоне. Во-первых, она относится к активным видам зондирования и позволяет вести съемку независимо от времени суток и погодных условий. Во-вторых, применяемые в ней электромагнитные волны радиодиапазона обладают высокой проникающей способностью, которая возрастает при увеличении длины волны, что дает возможность изучить интересующий объект на нужной исследователям глубине [1]. Специалистами рассматривалась возможность использования радиолокационной съемки для изучения почв и растительности, однако, на данный момент это направление не является достаточно разработанным [2–4].

Объектом исследования данной работы являются природные и антропогенные объекты КФХ «Гутько С.» (различные виды земель). Предмет исследования – снимки радиолокационного диапазона длин волн и возможности их использования при автоматизированном дешифрировании видов земель. Целью исследования является изучение методических вопросов использования аэрокосмических снимков радиодиапазона при автоматизированном дешифрировании видов земель КФХ «Гутько С.».

Для автоматизированного дешифрирования видов земель по данным дистанционного зондирования Земли радиолокационного диапазона длин волн использовались снимки осеннего сезона съемки (24.10.2022 г.), полученные в С-диапазоне (длина волны 6 см), двух поляризаций – вертикально-вертикальной (ВВ) и вертикально-горизонтальной (ВГ), с пространственным разрешением 10 м.

В качестве дополнительных источников информации об исследуемых объектах использовались данные наземного и визуального дешифрирования (по данным мультиспектрального космического снимка с пространственным разрешением 10 м, полученного съемочной системой Sentinel-2).

Предварительная обработка радиолокационных снимков производилась в программном продукте SNAP Desktop. Она включала в себя:

1. загрузку данных орбиты;
2. выделение фрагмента для обработки информации (в целях сокращения времени обработки снимка);
3. удаление тепловых шумов (поправка в рассеянии порядка -27 – -33 дБ);
4. радиометрическая калибровка (использовались параметры калибровки, принятые по умолчанию);
5. некогерентное накопление (Multilooking) (выполняется усреднение отсчетов снимка, что сокращает время его обработки и размер готового файла).
6. фильтрация speckle-шума (Single Product Speckle Filter, параметры: Filter: Lee, Filter Size X: 3, Filter Size Y: 3).
7. Terrain Correction (Range-Doppler Terrain Correction). Оригинальный SAR-снимок отображается перевернутым – т.е. в том порядке, в котором были получены данные. Для его представления на карте нужно выполнить Terrain Correction. Параметры: Map Projection: UTM/WGS84.

В качестве основы для классификации использовался синтезированный снимок, полученный при комбинации изображений различных поляризацій (рис. 1).

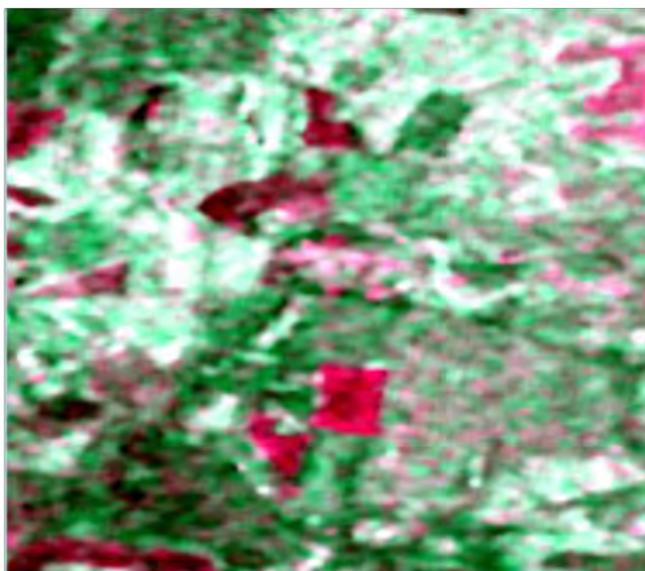


Рис. 1. Синтезированное радиолокационное изображение (R – VV; G – VG; B – VV/VG)

Далее производилось создание обучающей выборки для каждого класса. Обучающие выборки – это совокупности пикселей (значений спектральной яркости) в пределах эталонного участка, для которых известно, что они относятся к определенному классу (на основе, например, визуального дешифрирования, подтвержденного наземными обследованиями). Выбор эталонных участков производился с помощью инструмента Region

of Interest (ROI) Tool программного продукта ENVI 5.6. Было выделено 5 классов: болота, луговые земли, населенные пункты, пахотные земли и древесно-кустарниковая растительность.

Автоматизированная классификация видов земель производилась в программном продукте ENVI 5.6. В качестве основных использовались методы классификации с обучением: метод максимального правдоподобия, расстояния Махаланобиса, минимального расстояния, параллелепипедов и нейросетевая классификация (с использованием логистической функции классификации).

Способ максимального правдоподобия предполагает, что статистические данные для каждого класса в каждом канале подчиняются закону нормального распределения. Плотность вероятности принадлежности пикселя к определенному классу вычисляется с использованием теоремы Байеса в качестве решающего правила. Пиксель относится к тому классу, вероятность принадлежности к которому наибольшая [5].

Классификация способом расстояния Махаланобиса использует статистику для каждого класса. Расстояние Махаланобиса определяется как расстояние от наблюдаемой точки до центра тяжести класса в многомерном пространстве, определяемом коррелированными (не ортогональными) переменными, т.е. это расстояние между заданной точкой и центром масс, деленное на ширину эллипсоида в направлении заданной точки. Эта мера позволяет определить, является ли данное наблюдение выбросом по отношению к остальным значениям независимых переменных. Если независимые переменные некоррелированы, то расстояние Махаланобиса совпадает с евклидовым расстоянием [5].

При классификации способом параллелепипеда в данный класс включаются пиксели, значения яркости которых отстоят от среднего обучающей выборки в том же канале меньше, чем на заданное количество значений стандартного отклонения от среднего. Для выборки, значения которой распределены в соответствии с нормальным законом, 99,73% ее значений лежат в пределах отклонений от среднего значения меньше, чем 3 значения стандартного отклонения. Если обрисовать полученные области классов на плоскости (двумерное пространство признаков), полученная фигура будет прямоугольником, в трехмерном – параллелепипедом [5].

Способ минимального расстояния основан на алгоритме, в соответствии с которым объекты относят к тому или иному классу по евклидовому расстоянию в пространстве спектральных индексов между классифицируемыми и эталонными признаками: пиксель включается в тот класс, расстояние до центра которого для него минимально [5].

Алгоритм нейросетевой классификации в ENVI 5.6 использует стандартный алгоритм обратного распространения, являющийся эффективным алгоритмом обучения перцептронов. В ENVI 5.6 представлено два варианта функций активации – логистическая и гиперболическая. В данном случае использовалась логистическая функция активации. График логической функции имеет S-образную форму (сигмоида), при этом выходные значения лежат в интервале (0, +1). Этот тип функции активации используется в нейронных сетях наиболее часто [5].

Для определения достоверности проведенного анализа производилась оценка точности классификации. ENVI 5.6 предоставляет возможность такого анализа посредством матрицы несоответствий, с расчетом точности пользователя и производителя, общей точности, коэффициента Каппа, ошибок пропуска и ложного определения. Сводная таблица по оценке точности классификации видов земель различными способами представлена ниже.

Оценка точности классификации различных видов земель по данным радиолокационной съемки

Метод классификации	Средняя точность производителя	Средняя точность пользователя	Общая точность	Коэффициент Каппа	Средняя ошибка ложного определения	Средняя ошибка пропуска
Максимального правдоподобия	34,53	35,76	33,24	0,20	44,24	65,47
Расстояния Махаланобиса	43,57	39,69	42,11	0,27	60,31	56,43
Минимального расстояния	37,89	37,12	49,84	0,31	62,88	62,11
Параллелепипедов	26,15	38,99	17,14	0,10	61,01	73,85
Нейросетевой	33,74	41,73	77,10	0,55	18,27	63,26

Как мы видим из представленной таблицы, наиболее точным методом автоматизированной классификации в нашем случае является нейросетевой (с логистической функцией активации). При использовании данного метода наблюдаются наибольшие значения общей точности классификации, коэффициента Каппа и средней точности пользователя. Также при его использовании наблюдается наименьшая средняя ошибка ложного определения. Результат нейросетевой классификации представлен на рисунке 2.

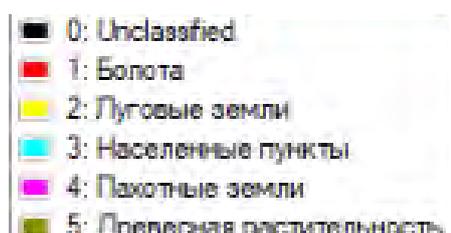


Рис. 2. Результат классификации видов земель по материалам радиолокационной съемки нейросетевым методом

Остальные рассмотренные методы классификации с обучением показали примерно одинаковые результаты, за исключением способа параллелепипедов, при использовании которого отмечается высокий уровень неклассифицированных и ошибочно классифицированных пикселей.

Представленные результаты показывают, что использование автоматизированных методов классификации с обучением можно использовать не только для снимков оптического и инфракрасного диапазона длин волн,

но также и для материалов радиолокационных съемок. При выборе материалов дистанционных съемок для тематического картографирования радиолокационная съемка имеет важное преимущество над съемками оптического диапазона, так как радиолокационные снимки можно получить при любых погодных условиях и любое время суток. Для дешифрирования и картографирования видов земель, почвенно-растительного покрова выбор материалов радиолокационной съемки необходимо производить с учетом масштаба исследований, пространственного разрешения, частотного диапазона радиометра, сезона и режима съемки, а также условий обработки снимков.

Библиографические ссылки

1. Шалькевич Ф. Е., Курьянович М. Ф. Тематическое дешифрирование: пособие. Минск: БГУ, 2022. 131 с.
2. Silva E. A. Cartography and remote sensing in the Amazon – The Sivam Project // ISPRS Archives – ISPRS Commission IV Symposium GIS Between Visions and Applications, September 7–10, 1998. Vol. XXXII. P. 580–585.
3. Балдина Е. А., Чеснокова О. А. Радиолокационное зондирование Земли для географических исследований // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 1. С. 16–21.
4. Давидович Ю. С. Использование материалов радиолокационной съемки при дешифрировании почвенно-растительного покрова типов земель Белорусского Полесья // Фундаментальные и прикладные исследования в гидрометеорологии [Электронный ресурс]: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию каф. общего землеведения и гидрометеорологии Белорус. гос. ун-та, Минск, 11–13 окт. 2023 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: П. С. Лопух (гл. ред.), Ю. А. Гледко, Е. В. Логинова. Минск: БГУ, 2023. С. 643–659.
5. ENVI 5.1. Руководство пользователя. М.: Компания «Совзонд», 2014. 242 с.