



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2016, Том 7, № 4, С. 158 – 163

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
[http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/
ejournal@pnu.edu.ru](http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@pnu.edu.ru)

УДК 684.511

© 2016 г. В. С. Тормозов

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

ОБНАРУЖЕНИЕ ВОДОЕМОВ НА МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА АНАЛИЗА ФОРМЫ КРИВОЙ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ

Статья посвящена алгоритму определения водоемов на мультиспектральных спутниковых снимках Landsat 5 TM. Приводятся результаты исследования эффективности данного алгоритма для решения задачи поиска водоемов в окрестностях города Хабаровска.

Ключевые слова: обработка изображений, спектральный анализ, гидрология.

V. S. Tormozov

RESERVOIRS EXTRACTION FROM MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGE BY SPECTRAL REFLECTANCE CURVE FORM ANALYSIS ALGORITHM

The article is devoted to algorithm of determination of reservoirs in multispectral satellite pictures of Landsat 5 TM. Research of efficiency of this algorithm for the solution of a task of search of reservoirs in the neighborhood of the city of Khabarovsk is this.

Keywords: image processing, spectral analysis, hydrology.

Введение

Вода является наиважнейшим компонентом окружающей среды. Она занимает более 70% земной поверхности. Вода также является причиной многих чрезвычайных ситуаций и катастроф, в силу чего, она нуждается в контроле и изучении. Данные дистанционного спутникового зондирования являются весьма полезным источником информации для мониторинга состояния воды, а также прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с водной стихией. Поэтому представляется полезным сбор актуальных данных о состоянии русла реки. Данная задача может быть решена путем анализа спутниковых снимков высокого разрешения и определения пространственных параметров (ширина, занимаемая площадь) контура реки.

Процесс обнаружения водоемов на спутниковом снимке можно условно разделить на три этапа: обнаружение пикселей воды на снимках, классификация и слияние данных.

Обзор исследований

Rajiv Kumar Nath et al. [1] выполнили всесторонний обзор методов обнаружения пикселей воды на снимках высокого разрешения. Fu June et al. [2] разработали метод автоматического определения контура водоема, используя спутниковый TM снимок с использованием дерева решений. Предлагаемый алгоритм основан на спектральных характеристиках воды. Из шести видимых спектральных диапазонов автор выбрал четыре полосы спектра (B2, B3, B4 и B5) для изучения алгоритма дерева решений, который позволяет автоматически определить, является ли конкретный пиксель снимка пикселем воды. Алгоритм основан на пороговом значении отражательных характеристик пикселя, отношении между B4 и B5, а также B2 и B5 и отношении между суммами B2, B3 и B4, B5. Проверка была проведена с помощью визуального анализа. Hua Wang and others [3] разработали метод обнаружения воды на снимках, основанный на текстурном анализе. Алгоритм работает с панхроматическими снимками высокого разрешения. В предложенном алгоритме не были использованы спектральные характеристики воды. Jiancheng Luo et al. [4] представили очень интересный подход, использующий изображения Landsat TM. Алгоритм сочетает в себе вычисление индекса, характеризующего принадлежность пикселя на снимке поверхности воды, сегментацию глобального масштаба, классификацию и сегментацию локального масштаба и классификацию для достижения высокоточного результата.

Ngyuen Dinh Duong [5] предложил метод разложения мультиспектрального изображения на несколько подизображений, основанный на использовании пороговых значений кривой отражательной способности поверхности Земли. В основе работы лежит тот факт, что различные земные объекты имеют различные спектральную отражательную способность и поглощение. Эти спектральные характеристики можно считать неизменными для различных объектов и, следовательно, они могут быть использованы в качестве правила для классификации пикселей на снимке. Водоем, в общем случае, понимается как скопление воды на поверхности Земли. Это могут быть океаны, озера, реки, пруды и другие географические объекты. При наземном обследовании поверхности Земли человеком такие объекты очень легко распознаются, так же легко определяются их параметры. Однако сбор информации со спутника подразумевает обзор земной поверхности в удалении, во всем поле зрения датчика. А изображение водной поверхности, записанное с удаленного датчика, может быть не

только озером, рекой, прудом, резервуаром воды, но также рисовым полем после орошения или другим объектом.

Методика исследования

Изначально дан набор спутниковых снимков в четырех спектральных диапазонах: зеленый, красный, БИК (NIR) и коротковолновый инфракрасный (SWIR). Таким образом, каждому пикселю снимка соответствует вектор: (r_1, r_2, r_3, r_4) , где $r_i (i=1,4)$ — отражательная способность в i -ом спектральном диапазоне, полученная путем конвертирования значений пикселя, исходя из используемой цветовой модели. Кривую отражательной способности можно представить в виде графика, где вдоль оси абсцисс расположены индексы рассматриваемых спектральных диапазонов, а вдоль оси ординат — значение отражения в данном пикселе. Примеры таких графиков представлены на рис. 1. Введем обозначение C_{ij} , которое может принимать значения $\{0, 1, 2\}$. Условимся, что [6]:

$$C_{ij} = \begin{cases} 0 & , r_i < r_j \\ 1 & , r_i = r_j \\ 2 & , r_i > r_j \end{cases} \quad (1)$$

Таким образом, относительные позиции значений отражательной способности из графика могут быть представлены в виде кода $C_{12} C_{13} C_{14} C_{23} C_{24} C_{34}$. Например, для вектора пикселя (120, 90, 60, 65) код будет 222220. Поскольку, как правило, отражательная способность чистой воды имеет высокие значения в зеленом спектре, низкие — в красном и БИК и почти полностью поглощается в коротковолновом инфракрасном, то всегда будут выполняться неравенства $r_1 > r_3, r_1 > r_4, r_2 > r_4, r_2 > r_3$. Таким образом $C_{13}, C_{14}, C_{24}, C_{23}$ будут всегда равны двум. Однако для загрязненной воды вследствие наличия примесей в воде отражательная способность в красном спектре может оказаться выше, чем в зеленом. Пиксели чистой воды, как правило, характеризуются кодами 222222, 022222 и 002222 [7].

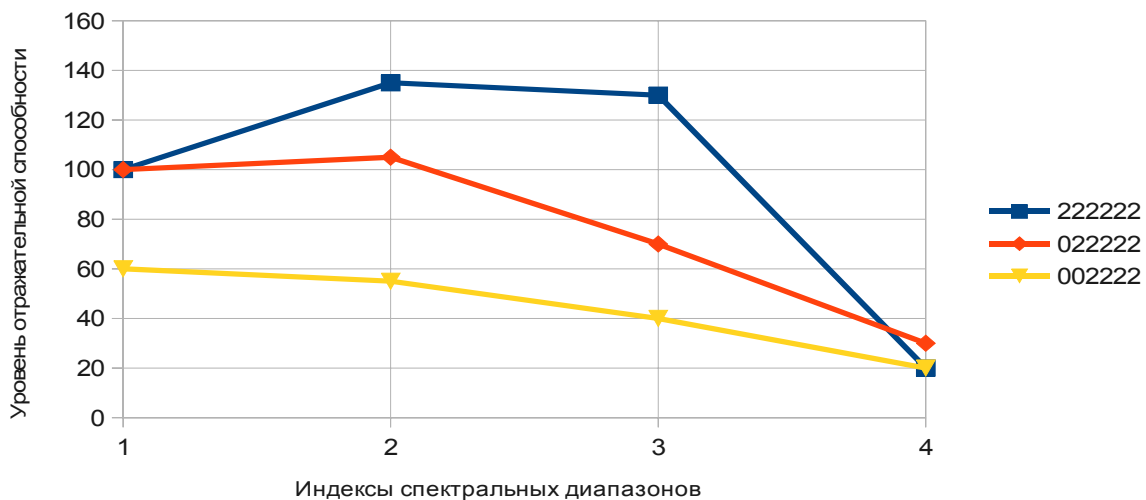


Рис. 1. Три основных вида кривой отражательной способности чистой воды

Однако, при этом надо учитывать, что использования только кодов отражательной способности в качестве классификатора водных поверхностей на спутниковых снимках недостаточно для эффективного обнаружения водоемов. Это связано с тем, что существует множество наземных объектов, которые имеют похожие формы кривой отражательной способности, вследствие чего могут быть неверно классифицированы как водные поверхности. Чтобы отличить водные поверхности от таких объектов, представляется разумным использовать также отношения зеленый/SWIR, красный/SWIR

Чтобы продемонстрировать алгоритм автоматического обнаружения воды на спутниковых снимках в качестве входных данных были использованы снимки окрестностей города Хабаровска, полученные 21 октября 2010 в 01:38 спутником Landsat 5 в различных спектральных диапазонах. На рис. 2 представлена исследуемая область в цветовой схеме RGB, где уровень красного на рисунке соответствует уровню SWIR, полученному датчиком спутника, уровень зеленого — NIR, синего — красного. В данном исследовании были использованы только четыре спектральных диапазона датчиков спутника Landsat 5 TM: второй (зеленый спектр), третий (красный), четвертый (NIR), пятый (SWIR). Перечень спектральных диапазонов датчиков спутника Landsat 5 TM приведен в таблице 1.

Таблица 1

Спектральные диапазоны датчиков спутника Landsat 5 TM.

Landsat 5 TM	
Номер диапазона	Длины волн (нм)
1	0.45-0.52
2	0.52-0.6
3	0.63-0.69
4	0.76-0.9
5	1.55-1.75
6	10.4-12.5
7	2.08-2.35

Описание алгоритма

Алгоритм автоматического определения водных поверхностей на спутниковом снимке Landsat 5 TM включает четыре шага:

1. Получение и чтение спутниковых снимков одной области земной поверхности в спектральных диапазонах 2, 3, 4, 5 Landsat 5 TM (таблица 1).

2. Определение кода формы кривой отражательной способности для каждого пикселя исследуемой области. Если код имеет вид 022222 или 222222, выполняются последующие шаги, если нет — рассматривается следующий пиксель.

3. При коде 222222 пиксель помечается как вода, если соответствующее значение отражательной способности в SWIR диапазоне выше порогового T_{SWIR} .



Рис. 1. Исследуемый снимок спутника Landsat 5 ТМ. Цветовое сочетание снимка: красный - SWIR, зеленый - NIR, синий - красный

1. Если код 022222: пиксель помечается как вода, если сумма значений отражательной способности в SWIR и NIR диапазонах выше порогового T_{SWNIR} .

Очевидно, что алгоритм состоит из двух частей - разбиения изображения на части в соответствии с формой кривой спектральной отражательной способности и классификации пикселей на воду или сушу путем использования различных пороговых значений для SWIR и NIR спектральных диапазонов.

Результаты экспериментальных исследований

Путем интерактивного визуального исследования были установлены пороговые значения $T_{SWIR} = 30$ и $T_{SWNIR} = 35$, при использовании которых в предлагаемом алгоритме достигается наилучшее качество обнаружения водоемов.

На рис. 3 представлены все водоемы, обнаруженные с помощью приведенного ранее алгоритма на исследуемой области.

Исследуемая область включает город Хабаровск и его окрестности вдоль русла реки Амур. Основные водоемы в этой области — реки, озера, пруды, водохранилища.

Заключение

- снимки спутника Landsat 5 ТМ в четырех спектральных диапазонах (зеленом, красном, NIR и SWIR) могут быть успешно использованы в задаче обнаружения водоемов.

- рассматриваемый в данном исследовании алгоритм может быть успешно применен для задачи обнаружения водоемов.

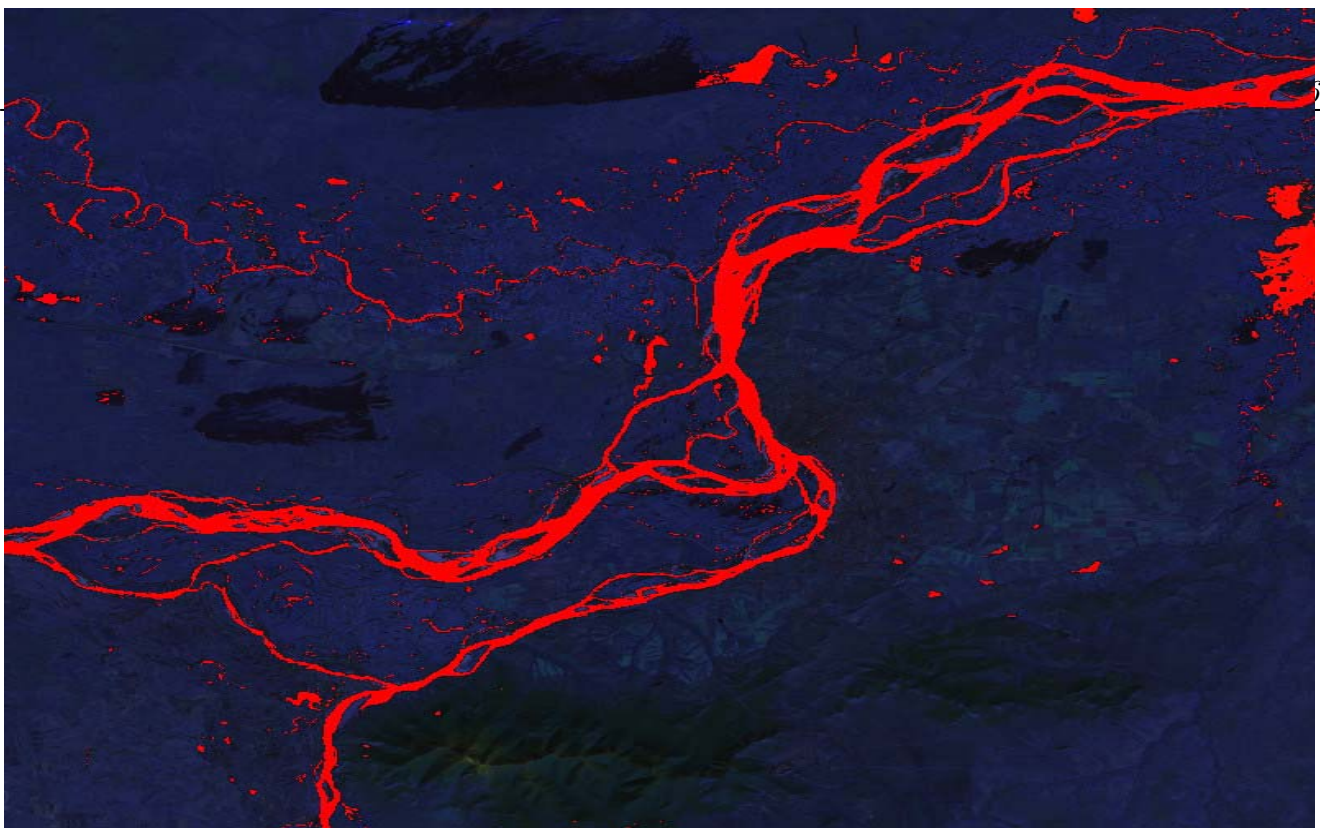


Рис. 2. Исследуемый снимок, с обозначенными красным цветом обнаруженными водоемами

- в данном исследовании были установлены пороговые значения T_{SWIR} и T_{SWNIR} , при использовании которых в предлагаемом алгоритме достигается наилучшее качество обнаружения водоемов.

- направление дальнейшей работы - расширение исследования данных Landsat TM и ETM+ во всех шести видимых спектрах.

Список литературы

- [1] Rajiv Kumar Nath Water-body Area extraction form high resolution satellite images – an introduction, review. - 2010.
- [2] Fu June, Wang Jizhou, Li Jiren, Study on the automatic extraction of water body from TM image using decision tree algorithm // SPIE Vol. 6625 662502-1. - 2007.
- [3] Hua Wang, Li Pan, Hong Zheng Multi-texture-model for water extraction based on remote sensing image // Congress on Image and Signal processing. IEEE computer society. - 2008.
- [4] Jian-cheng LUO, Cheng-hu Zhou A geostatistic based segmentation approach for remotely sensed images // Qiu-xiao CHEN LREIS, Insititute of Geographical Sciences and Natural Resources Research. - 2010.
- [5] Nguyen D. D., Graphical analysis of spectral reflectance curve // ACRS. - 1997.
- [6] Luo J., Sheng Y., Shen Z., Li J. High-precise water extraction based on spectral-spatial coupled remote sensing information // IGARSS(2010) 2840-2843. - 2010.
- [7] Min Li, Lizhong Xu, Min Tang An Extraction of water body of remote sensing image based on oscillatory network // Journal of Multimedia, Vol. 6, No. 3. - 2011.

E-mail:

Тормозов В.С. - knight_vova@mail.ru