

Анализ точности определения границ растительности по данным ДЗЗ Landsat на территорию Свердловской области

Н.С. Виноградова¹, А.В. Сосновский¹, С.А. Егоров¹

¹Уральский федеральный университет, Мира 19, Екатеринбург, Россия, 620002

Аннотация. Работа посвящена исследованию наиболее широко используемых индексов вегетации применительно к территории Свердловской области по данным изображений КА Landsat-7. Для фрагмента изображения построены карты вегетации с использованием различных индексов. Выполнена оценка точности полученных карт вегетации согласно данным цифровых топографических карт по критерию ошибок ложного срабатывания и ошибок пропуска, а также суммарной. Установлены индексы, имеющие наименьшие ошибки. Даны рекомендации по использованию индексов вегетации для территорий, покрытых преимущественно хвойными и смешанными лесами.

1. Введение

Мониторинг сельскохозяйственных и лесных угодий представляет собой одну из важнейших областей использования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Оценка растительного покрова осуществляется, как правило, с помощью вегетационных индексов, которые можно использовать для регионального картографирования и анализа различных типов ландшафтов, изучения динамики растительных сообществ. Результатами расчета вегетационных индексов являются карты продуктивности лесов и сельхозземель, карты типов ландшафтов, растительности и природных зон, также с их помощью возможно получение численных данных для использования в расчетах оценки и прогнозирования урожайности и продуктивности, биологического разнообразия, степени нарушенности и ущерба от различных естественных и антропогенных бедствий, аварий и т.д. Одними из наиболее популярных спутников, используемых для решения обозначенных задач, являются КА серии Landsat [1]. Несмотря на то, что существует огромный плацдарм исследований в этой области, большая часть из них относится к территориям владельца спутников, т.е. США, соответственно, многочисленные вегетационные индексы адаптированы в первую очередь под субтропические и тропические климатические зоны.

Территория РФ располагается преимущественно в субарктическом и умеренном климатическом поясе, соответственно, возникает задача анализа вегетационных индексов применительно к обозначенной территории. Особенности территории Свердловской области, которые

необходимо учитывать при мониторинге растительных покровов, являются: относительно короткий период вегетации (до 130 суток в год) при средней продолжительности существования снежного покрова в 170 суток в год с накоплением больших масс снега; континентальный климат; расположение преимущественно в таёжной зоне (83% территории покрыто лесной растительностью, 40% из которой – сосновые леса). С точки зрения рельефа местности примерно половина территории области расположена на восточном склоне Уральских гор (Средний и частично Северный Урал) с преобладанием лесистых хребтов и увалов, другая половина – на прилегающих территориях Западно-Сибирской равнины [БРЭ].

Таким образом, при анализе растительности нужно учитывать, что посевные и луговые площади составляют не более 15% территории, при этом большая часть индексов вегетации адаптирована именно под такие типы растительности. Соответственно, необходимо установить, какие из существующих индексов вегетации являются оптимальными именно под обозначенные территории.

2. Обзор существующих вегетационных индексов

Существует несколько наиболее часто используемых вегетационных индексов. Расчет большинства из них основывается на коэффициентах спектральной яркости для двух наиболее стабильных участка спектральной кривой отражения сосудистых растений – красной и инфракрасной. Самый распространенный из них – NDVI [3]. Значения индекса NDVI лежат в диапазоне [-1,1]. Наравне с индексом NDVI в условиях, когда растительность занимает менее 30% кадра, часто используется индекс RVI [4], принимающий значения в диапазоне [0, ∞]. Различаются также перпендикулярные вегетационные индексы (PVI, WDV, DVI [5,6,7]), трансформированные (TVI [8]) и другие [8], перечень используемых в работе индексов, а также формулы для их вычисления приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные вегетационные индексы, использующиеся при анализе растительности.

Вегетационный индекс	формула	Вегетационный индекс	формула
NDVI	$\frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$	DVI	$NIR - RED$
RVI	$\frac{NIR}{RED}$	PVI	$\sin \alpha \cdot NIR - \cos \alpha \cdot RED$
IPVI	$\frac{NIR}{(NIR + RED)}$	WDVI	$NIR - \alpha \cdot RED$
TVI	$\sqrt{\frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} + \frac{1}{2}}$	SAVI	$\frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} (1 + L)$

3. Построение карт вегетации

Карты вегетации на территорию участка Свердловской области (площадь 4300 кв. км), расположенном в границах МО город Нижний Тагил и Горноуральский ГО, построены по данным КА Landsat-7 [9]. Рельеф местности низкогорный, преобладающий тип растительности – хвойные и смешанные леса. Дата съемки 15 июля 2016 года. Фрагмент снимка КА представлен на рисунке 1. Диапазоны вегетации для различных индексов ограничивались согласно обозначенным ранее публикациям [10,11].

Для построения индексов вегетации согласно таблице 1 использованы два канала: №3 (длина волны 0,63–0,68 мкм) и №4 (длина волны 0,84–0,88). Расчеты выполнены в среде MATLAB 2018,b.



Рисунок 1. Фрагмент снимка КА Landsat-7 (естественные цвета).

4. Результаты

Для оценки точности полученных вегетационных карт использовались цифровые топографические карты масштаба 1:200 000, с учетом того, что половина территории расположена на всхолмленной местности, средняя погрешность контуров площадных объектов составит равна 30 м. Всего рассчитано три типа ошибок: $\delta 1$ – относительная (по отношению к эталону) ошибка пропуска, когда согласно эталону растительность должна быть, а на карте вегетации ее нет, и $\delta 2$ – относительная ошибка ложного срабатывания, когда на карте вегетации присутствует растительность, а на эталоне ее нет, а также суммарная ошибка $\delta 1 + \delta 2$. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Оценка точности вегетационных карт.

Вегетационный индекс	$\delta 1$	$\delta 2$	$\delta 1 + \delta 2$	Вегетационный индекс	$\delta 1$	$\delta 2$	$\delta 1 + \delta 2$
NDVI	17,0	6,2	20,2	DVI	12,8	7,7	20,5
RVI	11,7	8,5	20,2	PVI	18,5	6,7	25,2
IPVI	11,8	7,9	19,7	WDVI	16,7	7,4	24,1
TVI	8,1	33,6	41,7	SAVI	11,9	8,4	20,3

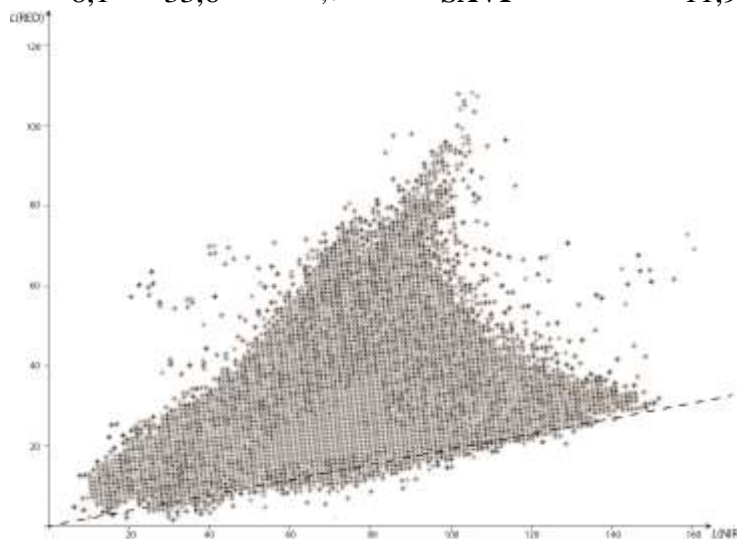


Рисунок 2. Диаграмма рассеивания по красному и ближнему инфракрасному каналам («шапочка с кисточкой»). Пунктирной линией показана почвенная линия.

Следует отметить, что для индексов PVI и WdVI при построении карт вегетации потребовалось знание положения почвенной линии, которая была рассчитана согласно диаграмме «шапочка с кисточкой» (рисунок 2). При этом угол почвенной линии составил $9,7^\circ$. Также следует отметить, что для индекса вегетации SAVI, согласно источникам, существует неопределенность в указании параметра L , поэтому встала необходимость его исследования. Результаты представлены на рисунке 3. Установлено, что оптимальная величина параметра для выбранного участка местности должна составлять 0,43.

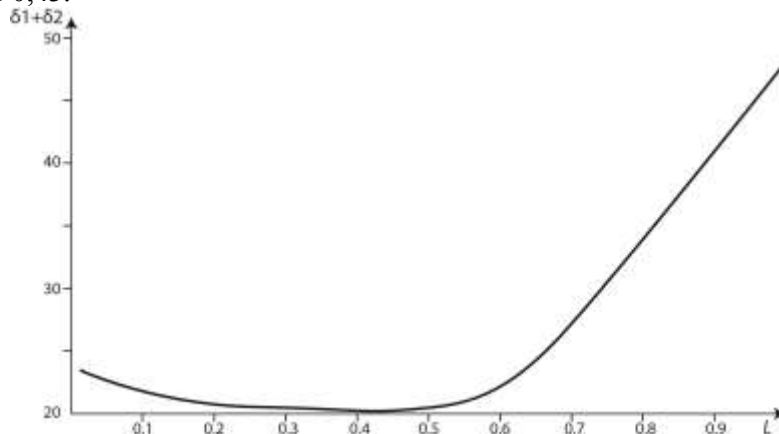


Рисунок 3. Зависимость общей ошибки классификации от параметра L для карты вегетации SAVI.

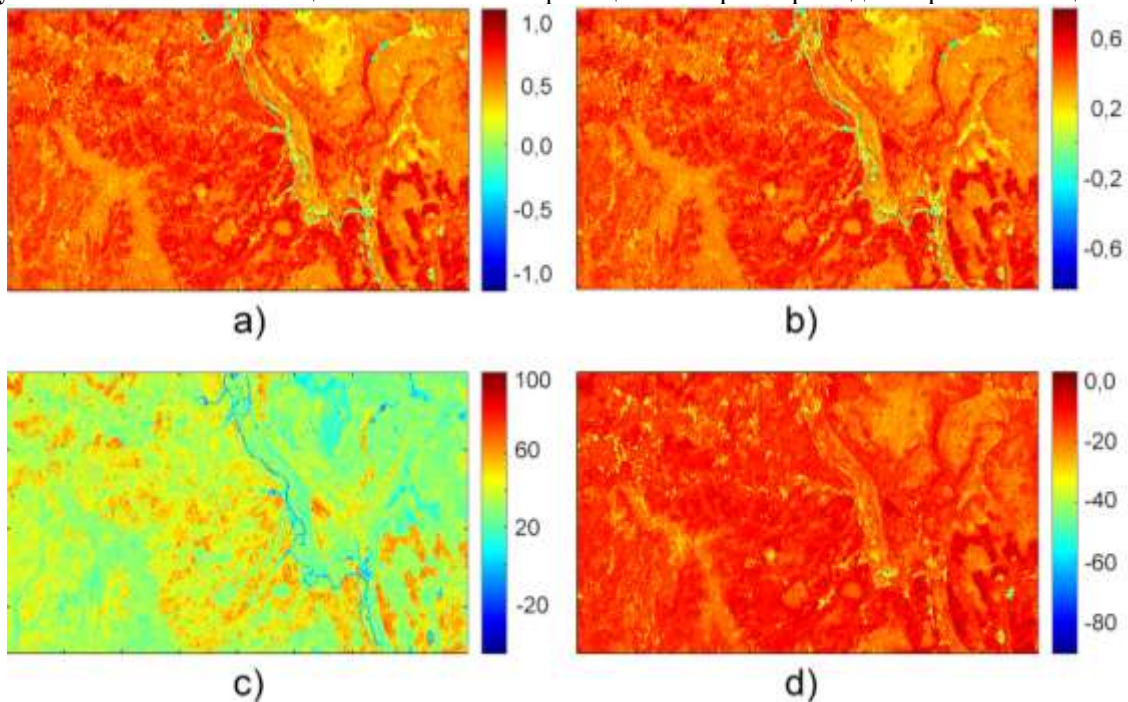


Рисунок 4. Вегетационные карты a) SAVI; b) NDVI; c) DVI; d) PVI.

5. Заключение

В ходе работы исследованы наиболее широко используемые индексы вегетации применительно к территории Свердловской области. Установлено, что наиболее подходящим индексом для исследуемого фрагмента территории Свердловской области является IPVI с суммарной ошибкой 19,2 %. Незначительно худшие результаты показывают и карты вегетации, построенными по

индексам NDVI (20,2 %) RVI (20,2 %) и SAVI (20,3 %). В общем случае ошибки получились достаточно большими, что обусловлено систематическими вырубками лесных массивов и в целом высокой динамикой изменения местности. В дальнейшем планируется выполнить более детальное исследование границ диапазонов для серии данных КА Landsat-7, Landsat-8 и Sentinel-2, соответствующих различным типам растительности, для выявления наилучших индексов вегетации в целях их адаптации под специфику Свердловской области.

6. Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-29-09022\19.

7. Литература

- [1] Landsat Science [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/> (21.12.2019).
- [2] Большая российская энциклопедия. Растительные ресурсы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/5564496/> (23.12.2019).
- [3] Rouse, J.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS / J.W. Rouse, R.H. Haas, J.A. Schell, D.W. Deering // Third ERTS Symposium, NASA SP-351. – 1973. – Vol. 1. – P. 309-317.
- [4] Jordan, C.F. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor / C.F. Jordan // Ecology. – 1969. – Vol. 50. – P. 663-666.
- [5] Richardson, A.J. Using spectra vegetation indices to estimate rangeland productivity / A.J. Richardson, J.H. Everitt // Geocarto International. – 1992. – Vol. 1. – P. 63-69.
- [6] Clevers, J. G. P. W. The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index / J.G.P.W. Clevers // Remote Sensing of Environment. – 1988. – Vol. 35. – P. 53-70.
- [7] Richardson, A. J. Distinguishing vegetation from soil background information / A.J. Richardson, C.L. Wiegand // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. – 1977. – Vol. 43. – P. 1541-1552.
- [8] Qi, J. External Factor Consideration in Vegetation Index Development / J. Qi, Y. Kerr, A. Chehbouni // Proc. of Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, ISPRS. – 1994. – Vol. 1. – P. 723-730.
- [9] EarthExplorer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (15.05.2019).
- [10] Бибиков, С.А. Распознавание растительного покрова на гиперспектральных изображениях по показателю сопряжённости / С.А. Бибиков, Н.Л. Казанский, В.А. Фурсов // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 846-854. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-5-846-854.
- [11] Варламова, А.А. Информационная технология обработки данных ДЗЗ для оценки ареалов растений / А.А. Варламова, А.Ю. Денисова, В.В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 864-876. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-5-864-876.

Analysis of the accuracy of determining the vegetation edges according to the Landsat remote sensing data over the territory of the Sverdlovsk region

N.S. Vinogradova¹, A.V. Sosnovskii¹, S.A. Egorov¹

¹Ural Federal University, Mira street 19, Ekaterinburg, Russia, 620002

Abstract. The work is devoted to the study of the most commonly used vegetation indices in relation to the territory of the Sverdlovskaya region according to Landsat-7 images. For the image fragments, vegetation maps were constructed using various indices. The accuracy was evaluated of the vegetation map according to digital topographic maps based on the criteria of false alarm errors and missing errors, as well as the total number. The indices having the smallest errors are found. Recommendations on the use of indices of vegetative regions covered by coniferous and mixed forests.