

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

ДЕШИФРИРОВАНИЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ LANDSAT

© 2012 г. Д. Статакис¹, К. Перакис¹, И. Ю. Савин^{2,3*}

¹ Университет Фессалии, Волос, Греция

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, Москва

³ Институт космических исследований Российской академии наук, Москва

*E-mail: savigory@gmail.com

Поступила в редакцию 04.11.2011 г.

Несмотря на то, что распознавание урбанизированных территорий может быть сделано на основе подходов простой классификации изображений, более эффективным представляется создание подхода, базирующегося на специально разработанных индексах, – так например, как это сделано в случае NDVI и растительного покрова. В статье приведен обзор существующих на данный момент индексов, позволяющих выделять урбанизированные территории, а также их сравнение на конкретном примере. На основе анализа предложен новый, более эффективный индекс (VIBI), который представляет собой нормализованную комбинацию широко известных индексов NDVI и NDBI. Апробация разработанного подхода на тестовом участке показала его преимущество над существующими индексами.

Ключевые слова: Landsat, урбанизированные территории, дешифрирование, NDVI, UI, IBI, NDBI

ВВЕДЕНИЕ

После запуска первых спутников не потребовалось много времени для того, чтобы понять, что комбинация отдельных спектральных каналов может служить источником большого количества дополнительной информации о состоянии земной поверхности. Уже через год после того, как стали доступными спутниковые данные Landsat, появилась публикация с предложением индекса, основанного на комбинации его спектральных каналов: был предложен широко известный индекс NDVI (Rouse et al., 1973) как интегральный индикатор состояния растительности. Несмотря на это, подобного по качеству надежного индекса для распознавания селитебных, застроенных мест до сих пор не предложено, что связано, скорее всего, с большей сложностью данного объекта для дешифрирования.

В действительности некоторые попытки все же были предприняты для разработки индекса, аналогичного NDVI, но предназначенного для распознавания урбанизированных мест. Их подробное описание приведено в статье ниже. Их было немного, и их эффективность оказалась недостаточно высокой, что в большинстве случаев было связано с недостаточно достоверной делимостью застроенных территорий и открытостью почв. Особенно четко это проявляется в аридных регионах.

Альтернативным подходом для дешифрирования застроенных мест является использование контролируемой классификации изображений (Haack et al., 1987; Stathakis, Vasilakos, 2006; Stathakis, 2009). Хороший обзор этих подходов приведен в (Lu, Weng, 2004). Этот метод может быть надежно распространен на другие территории, когда речь идет о выделении одного класса, а не нескольких. К тому же, использование метода контролируемой классификации – более трудоемкий процесс по сравнению с вычислением одного индекса.

Выделение единого класса урбанизированных территорий – достаточно амбициозная задача, так как урбанизированные территории могут включать в себя совершенно различные с точки зрения спектральных свойств объекты: крыши строений, дороги, тротуары, газоны и др. Более того, набор этих первичных элементов урбанизированных территорий может меняться от места к месту в зависимости от климата, геологического строения территории, рельефа, почв, национальных традиций при возведении строений и т.п. Наиболее важное значение при этом имеют доля и характер открытой поверхности почв. Спектральные особенности открытой поверхности почв сильно переменчивы в пространстве и во времени (Савин, 1995; Савин, Столбовой, 1998). Следовательно, использования лишь сведений о спектральной отражательной способности для отделения застроенных мест от открытой поверх-

ности почв будет недостаточно. При построении алгоритма разделения этих объектов теоретически можно опираться на их разницу во влажности и шероховатости поверхности, т.е. индекс территории теоретически будет наиболее успешным, если для его построения использовать каналы съемки, наиболее чувствительные именно к перечисленным параметрам. Косвенным подтверждением последнего является и то, что имеющиеся на сегодняшний момент индексы в большей степени опираются на ИК-диапазоны съемки, чем на съемку в видимом спектре длин волн.

Урбанизация оказывает большое влияние на ландшафты и сильно изменяет наземный покров (Grimm et al., 2008). Особенно быстро эти процессы протекают в развивающихся странах, территории которых занимают большую часть поверхности Земли. Это в значительной степени предопределяет необходимость разработки эффективных методов спутникового мониторинга процессов урбанизации. Разработка надежного индекса для дешифрирования и мониторинга урбанизированных территорий является важной задачей, которой и посвящена данная статья.

Необходимо отметить, что термин “урбанизированная территория” в данной статье эквивалентен классу “искусственные поверхности” (artificial surfaces) первого уровня классификации наземного покрова CORINE (Bossard et al., 2000). Согласно определению, этот класс включает в себя прерывные и непрерывные городские, коммерческие и промышленные постройки, автомобильные и железные дороги, земли портов и аэропортов, карьеры для добычи полезных ископаемых, озеленение городов, спортивные сооружения.

Также хотелось бы обратить внимание на то, что в тексте статьи каналы съемки Landsat TM пронумерованы от коротких длин волн к длинным, как это сделано на сайте спутника (<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>).

СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ

Перед тем, как рассматривать индексы, разработанные для дешифрирования урбанизированных территорий, необходимо вкратце остановиться на индексах, используемых для оценки тех компонентов наземного покрова, от которых урбанизированные территории должны быть отделены.

Индекс нормализованной разности почв (NDSI) (Rogers, Kearney, 2003) опирается на тот факт, что почвы, в отличие от других типов наземного покрова, больше отражают света в канале съемки TM5, чем в TM4:

$$NDSI = \frac{TM5 - TM4}{TM5 + TM4}. \quad (1)$$

По данным авторов, этот индекс позволяет более надежно, чем NDVI, отделять территории с открытой поверхностью почв от территорий, покрытых растительностью.

Индекс нормализованной разности открытости поверхности (NDBaI), предложенный в (Zhao, Chen, 2005), предназначен для установления отличий между разными типами почв, а также для их отделения от изображения построек. Он базируется больше на различиях в температурных характеристиках поверхности почв и иных материалов. Вычисляется индекс следующим образом:

$$NDBaI = \frac{TM5 - TM6}{TM5 + TM6}. \quad (2)$$

В работе (McFeeters, 1996) предложил индекс нормализованной разницы для водных поверхностей (NDWI) для выделения участков с открытой водной поверхностью. В основе индекса лежит тот факт, что вода отражает гораздо меньше света в ИК-области спектра, чем в видимой

$$NDWI = \frac{TM2 - TM4}{TM2 + TM4}. \quad (3)$$

Индекс с таким же названием, но использующий другие каналы, был предложен в работе (Rogers, Kearney, 2003)

$$NDWI = \frac{TM3 - TM5}{TM3 + TM5}. \quad (4)$$

Позднее он был модифицирован (Xu, 2006) с целью подавления шумов, создаваемых строениями

$$NDWI = \frac{TM2 - TM5}{TM2 + TM5}. \quad (5)$$

В работе (Xu, 2006) автор использовал именно эти каналы съемки, потому что в других каналах водные объекты и строения по его данным имеют близкие спектральные характеристики.

При описании существующих методов дешифрирования непосредственно урбанизированных территорий нужно начать с того, что для этих целей широко используется все тот же индекс NDVI (Silleos et al., 2006)

$$NDVIc = \frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3}. \quad (6)$$

В работе (Crippen, 2000) вместо NDVI предложен более рациональный индекс, но имеющий тот же смысл

$$NDVIc = \frac{TM4}{TM4 + TM3}. \quad (7)$$

В работе (Greenhill et al., 2003) использован NDVI для выделения урбанизированных территорий по спутниковым данным IKONOS. Здесь использовалось фиксированное критическое значение индекса для того, чтобы отделить покрытые

растительностью территории от непокрытых, которые и считались урбанизированными.

Из индексов, непосредственно разработанных для дешифрирования урбанизированных территорий, в первую очередь необходимо упомянуть UI (Urban Index), который был разработан Kawamura et al. (1996, 1997, 1998). Индекс рассчитывается по следующей формуле:

$$UI = \left(\frac{TM7 - TM4}{TM7 + TM4} + 1 \right) 100. \quad (8)$$

Выбор каналов для приведенной формулы был осуществлен авторами следующим образом. На тестовых участках была изучена спектральная отражательная способность различных компонентов наземного покрова. Каналы TM1, TM2 и TM3 были отброшены из-за того, что они наиболее чувствительны к оптическим свойствам наземных объектов, а также наиболее подвержены влиянию атмосферных условий. Из оставшихся каналов Landsat для построения формулы были выбраны TM4 и TM7, которые обнаруживали отрицательную зависимость с яркостью урбанизированных объектов. Необходимо отметить, что для дешифрирования урбанизированных территорий авторы использовали как UI, так и NDVI, но последовательно. Результаты анализа представлялись в виде графика, где по осям были отложены значения этих индексов.

Другой индекс, в дословном переводе “Индекс строений, базирующийся на индексах” (IBI), был разработан Xu (2008). Автор исходил из того, что любую урбанизированную территорию можно разделить на три части: постройки, растительность и водные поверхности. Вклад каждого из этих компонентов оценивался с помощью соответствующего индекса. Так, индекс NDBI использовался для оценки вклада застроенных участков, NDVI – для оценки вклада растительности и MNDWI (модификация формулы (5)) – для оценки вклада воды. Все три индекса были автором увязаны в одну формулу, которая и служила основой для выделения урбанизированных территорий

$$IBI = \frac{2TM5}{TM5 + TM4} - \left[\frac{TM4}{TM4 + TM3} + \frac{TM2}{TM2 + TM5} \right] \quad (9)$$

$$= \frac{2TM5}{TM5 + TM4} + \left[\frac{TM4}{TM4 + TM3} + \frac{TM2}{TM2 + TM5} \right]$$

Оказалось, что при анализе по этой формуле застроенные территории не отделяются от участков с открытой поверхностью почв. Для решения этой проблемы автор предложил использовать векторный слой с границами городов, маскируя как не урбанизированные, все участки, лежащие за пределами этой векторной маски. Этот шаг анализа значительно сузил возможности приме-

нения данного метода, так как при нем выбрасываются из анализа застроенные участки вне городской черты, нелегальные постройки, объекты инфраструктуры и т.д.

Авторы работы (Zha et al., 2003) предложили “бинарный индекс строений” (BUb). Индекс базируется на предположении, что отражение света строениями и открытой поверхностью почв значительно возрастает от канала TM4 к каналу TM5, что не характерно для иных компонентов наземного покрова. Вычисление индекса осуществляется в три этапа. На первом этапе вычисляются индексы NDBI (формула расчета аналогична (1)) и NDVI. На втором этапе всем негативным значениям NDVI и NDBI присваивается значение 0, а не негативным – значение 254. Полученные производные индексы обозначаются как NDVIb и NDBIb (т.е. бинарные) (He et al., 2010). На третьем этапе вычисляется их разница и получается индекс BUb:

$$BUb = NDBIb - NDVIb. \quad (10)$$

Урбанизированные территории и открытая поверхность почв при этом получают значение индекса 254. В работе (Zhang, He, 2006) авторы также использовали индекс BUb для мониторинга урбанизированных территорий.

Некоторые авторы (Jiang et al., 2005; Chen et al., 2006) использовали не BUb, а только NDBI для дешифрирования участков без растительности и водных поверхностей.

Научная группа (He et al., 2010) предложила иной способ вычисления индекса застроенных территорий, который базируется не на бинарных, а на исходных значениях индексов NDBIc и NDVIc (где в отличие от бинарных индексов значок “с” соответствует “continuous”)

$$BUc = NDBIc - NDVIc. \quad (11)$$

После расчета этого индекса выбирается пороговое значение, на основе которого и выделяют застроенные территории.

ТЕСТИРОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИНДЕКСОВ

Наиболее широко используемые из описанных выше индексов были протестированы на ключевом участке, расположенном в окрестностях города Волос (Греция). Участок имеет размеры 12 × 14 км (рис. 1). Волос является быстрорастущим городом с населением более 150 тыс. человек. На западе от города расположена большая промышленная зона. На северо-востоке город примыкает к горе Пелион, покрытой густым лесом.

Для анализа этого участка было отобрано изображение Landsat, полученное 24 июля 2009 г. Перед вычислением индексов для всех каналов съемки была осуществлена атмосферная коррек-



Рис. 1. Тестовый участок. Изображение Landsat, канал TM4.

ция. Для этого использовался алгоритм 6S (Ver-mote et al., 1997). Застроенные территории ключевого участка были отдешифрированы визуально на основе ортофотоаэроснимков, полученных из Греческого Национального кадастра. Аэроснимки были получены на период 2007–2009 гг. с пространственным разрешением менее 1 м. Результаты дешифрирования использовались в качестве базовой информации при сравнении с результатами анализа спутниковых снимков и для оценки точности (рис. 2).

Оценивались индексы IBI , BUb и BUc , соответственно формулы (9), (10) и (11). Результаты расчета индексов показаны на рис. 3. Визуальный анализ рис. 3 показывает, что использование этих трех индексов не позволило отделить урбанизированные территории от открытой поверхности почв. Использование разных граничных значений индексов для бинаризации изображения также не привело к улучшению результата. Наиболее близкими к реальности оказались результаты, полученные при использовании индекса BUb , но и в этом случае часть урбанизированных территорий оказалась смешанной с водной поверхностью, а значительная часть территории с разреженной застройкой не была детектирована.

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ПОДХОД

Приведенный выше анализ литературных данных показывает, что в большинстве случаев авторы при конструировании индексов используют подход, аналогичный построению $NDVI$, т.е. пытаются строить индексы нормализованной раз-

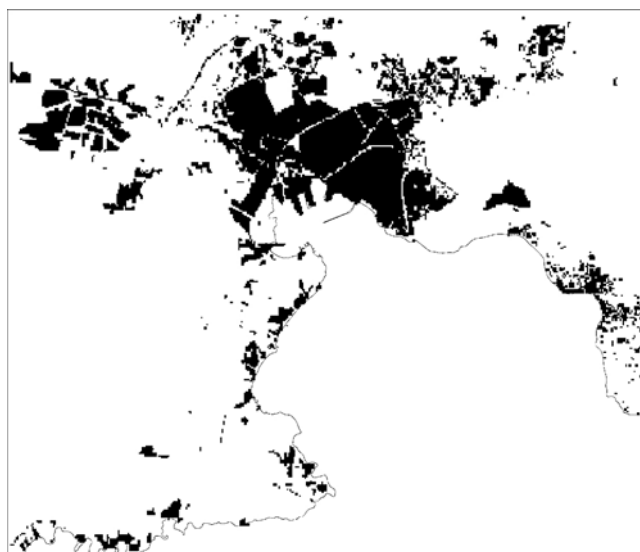


Рис. 2. Маска застроенных территорий, полученная в результате визуального дешифрирования ортофото-снимков.

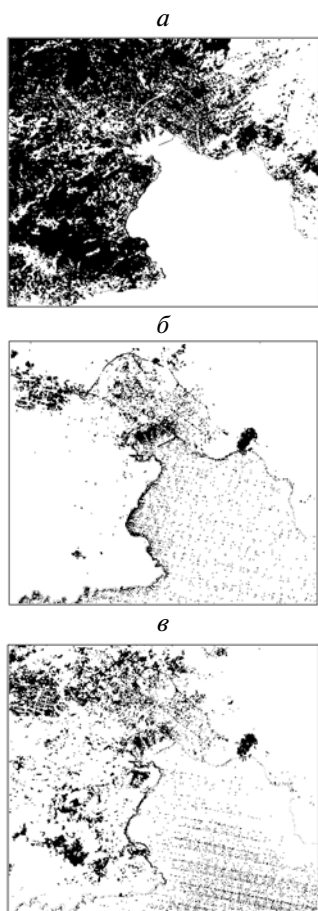


Рис. 3. Маски застроенных территорий, полученные на основе разных индексов: *а* – IBI (пороговое значение 0.13); *б* – BUb; *в* – BUc (пороговое значение 0.25).

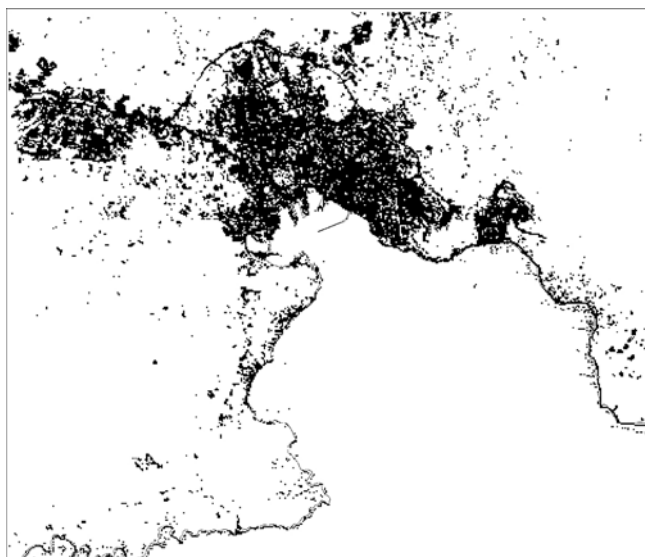


Рис. 4. Результаты выделения застроенных территорий с использованием индекса VIBI (пороговое значение = 0.2).

ницы. Одни из них, в качестве разницы, используют отдельные спектральные каналы (отличные от тех, которые используются в NDVI), другие, вместо каналов, используют их некие производные, как, например, это делается при расчете индекса IBI. Третьи используют метод построения диаграмм, оси которых представляют собой отдельные каналы или же их производные.

Интересно отметить, что во многих случаях авторы пытаются комбинировать индексы из NDVI и NDBI, что, в общем-то, логично. Открытым остается вопрос как их лучше скомбинировать, и какой канал съемки брать для расчета NDBI.

Путем апробации разных вариантов мы пришли к выводу, что наилучшие результаты дает следующая комбинация, названная нами как индекс VIBI (Vegetation Index – Built-up Index):

$$\begin{aligned} \text{VIBI} &= \frac{\text{NDVIc}}{\text{NDVIc} + \text{NDBIc}} = \\ &= \frac{\text{TM4} - \text{TM3}}{\text{TM4} + \text{TM3}} + \frac{\text{TM5} - \text{TM4}}{\text{TM5} + \text{TM4}} \end{aligned} \quad (12)$$

Результат использования этого индекса для тестового участка показан на рис. 4. Граничное значение индекса для выделения урбанизированных территорий было получено экспериментальным путем.

Теоретически, предложенный индекс может быть неопределенным в случае нулевого значения знаменателя в формуле (12). Но это не имеет принципиального значения, когда задачей использования индекса является его бинаризация по заданному порогу.

Для оценки точности выделения урбанизированных территорий с использованием разных индексов результаты сравнивались с данными, полученными при визуальном дешифрировании по ортофотоснимкам.

Тестовый участок покрыт ≈ 185000 пикселями изображения Landsat. Из них около 1/9 принадлежат к классу урбанизированных территорий, а остальные к иным объектам. При таком неравномерном распределении классов, согласно (Congalton, 1998), более правильно, наряду с расчетом обычного коэффициента точности, дополнительно использовать каппа-статистику (Kapra Statistic) для оценки точности классификации

$$K = \frac{P(A) - P(E)}{1 - P(E)}, \quad (13)$$

где $P(A)$ – доля совпавших классов; $P(E)$ – ожидаемая доля случайно совпавших классов.

Результаты оценки приведены в таблице.

Согласно (Fleiss, 1971) при значении $K < 0.40$ согласованность результатов классификации с

Оценка точности классификации урбанизированных территорий

Точность				Кappa			
IBI	BUb	BUc	VIBI	IBI	BUb	BUc	VIBI
62.5%	88.3%	66.8%	91.2%	0.14	0.24	0.15	0.56

Примечание. “Точность” – процент правильно расклассифицированных пикселей класса от их общего количества.

результатами визуального дешифрирования должна считаться слабой, при К от 0.40 до 0.75 – хорошей и выше 0.75 – отличной.

Из таблицы следует, что точность классификации с использованием индексов VIBI и BUb наиболее высокая из всех протестированных индексов. Но учитывая, что каппа-статистика индекса VIBI более чем в 2 раза выше, можно говорить о большей устойчивости результатов, получаемых с его помощью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен индекс VIBI, на основе которого можно более точно выделять урбанизированные территории. Для расчета индекса используются каналы TM3, TM4 и TM5 спутника Landsat. По аналогии с индексом NDVI, построенном на разнице в отражении света в красном и ИК-каналах, индекс VIBI базируется также на нормализованной разнице, но не отдельных каналов, а индексов NDVI и NDBI. Для использования предложенного индекса нет необходимости в привлечении дополнительной информации.

В результате исследований было продемонстрировано, что предложенный авторами индекс VIBI дает лучшие результаты при дешифрировании урбанизированных территорий, чем существующие на сегодняшний день аналоги.

По существу с помощью предложенного индекса выделяется класс базы данных CORINE первого уровня “искусственные поверхности” (artificial surfaces), за исключением подкласса “зеленые массивы в поселениях” (urban green), которые, конечно же, с использованием данного индекса выделить невозможно.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (ГК №16.515.11.5062).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Савин И.Ю. Влияние ливневого дождя на интегральную отражательную способность поверхности черноземных почв // Почвоведение. 1995. № 8. С. 976–980.

Савин И.Ю., Столбовой В.С. Спектрально-отражательная способность красноцветных почв Сирии // Почвоведение. 1998. № 4. С. 427–434.

Bossard M., Ferenac J., Otahel J. CORINE land cover technical guide- addendum 2000 // Tech. Rep. № 40. May 2000. European Environmental Agency. <http://www.eea.eu.int>.

Chen X., Zhao H., Li P., Yin Z. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes // Rem. Sens. Env. 2006. V. 104. P. 133–146.

Congalton R. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Boca Raton-FL-Lewis, 1998.

Crippen R. Calculating the Vegetation Index faster // Rem. Sens. Env. 1990. V. 34. P. 71–73.

Fleiss J.L. Measuring nominal scale agreement among many raters // Psychol. Bull. 1971. V. 76. № 5. P. 378–382. doi:10.1037/h0031619.

Greenhill D., Ripke L., Hitchman A., Jones G., Wilkinson G. Characterization of suburban areas for land use planning using landscape ecological indicators derived from Ikonos-2 multispectral imagery // IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens. 2003. V. 41. № 9. P. 2015–2021.

Grimm N., Faeth S., Golubiewski N., Redman C., Wu J., Bai X., Briggs J. Global Change and the Ecology of Cities // Science. 2008. V. 319. February 8. P. 756–760.

Haack B., Bryant N., Adams S. An assessment of landsat MSS and TM data for urban and near-urban land-cover digital classification // Rem. Sens. Env. 1987. V. 21. № 2. P. 201–213.

He C., Shi P., Xie D., Zhao Y. Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. // Rem. Sens. Lett. 2010. V. 1. № 4. P. 213–221.

Herold M., Scepán J., Clarke K. The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses // Environment and Planning. 2002. V. 34. № 8. P. 1443–1458.

Jiang J., Zhou J., Wu H., Ai L., Zhang H., Zhang L., Xu J. Land cover changes in the rural-urban interaction of Xi'an region using Landsat TM/ETM data // J. Geograph. Sci. 2005. V. 4. № 15. P. 423–430.

Kawamura M., Jayamanna S., Tsujiko Y. Relation between social and environmental conditions in Colombo-Sri Lanka and the urbanindex estimated by satellite remote sensing data // ISPRS XXXI Conf. Commission VII. Working Group 9. 09–19 July 1996. Vienna, Austria.

Kawamura M., Jayamanna S., Tsujiko Y. Quantitative evaluation of urbanization in developing countries using satellite data // J. Env. Syst. Eng. (JSCE). 1997. V. 580. № VII-5. P. 45–54.

Kawamura M., Jayamanna S., Tsujiko Y., Sugiyama A. Comparison of urbanization of four Asian cities using satellite data // J. Env. Syst. Eng. (JSCE). 1998. V. 608. № VII-9. P. 97–105.

- Lu D., Weng Q.* Spectral mixture analysis of the urban landscape in Indianapolis with Landsat ETM+ imagery // *Photogram. Engin. Rem. Sens.* 2004. V. 70. № 9. P. 1053–1062.
- McFeeters K.* The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features // *Int. J. Rem. Sens.* 1996. V. 17. P. 1425–1432.
- Rogers A., Kearney M.* Reducing signature variability in unmixing coastal marsh Thematic Mapper scenes using spectral indices // *Int. J. Rem. Sens.* 2003. V. 25. № 12. P. 2317–2335.
- Rouse J., Haas H., Schell A., Deering W.* Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS // *3d ERTS-1 Symp. NASA Goddard Space Flight Center.* 1973. V. 1. Sect. A. P. 309–317.
- Silleos N., Alexandridis T., Gitas I., Perakis K.* Vegetation indices: 30 years advances in biomass estimation and vegetation monitoring // *Geocarto Int.* 2006. V. 21. № 4. P. 21–28.
- Stathakis D.* How many hidden layers and nodes? // *Int. J. Rem. Sens.* 2009. V. 30. № 8. P. 2133–2148.
- Stathakis D., Vasilakos A.* Comparison of several computational intelligence based classification techniques for remotely sensed optical image classification // *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.* 2006. V. 44. № 8. P. 2305–2318.
- Vermote E., Tanre D., Deuze J.-L., Herman M., Morcrette J.-J.* Second simulation of the satellite signal in the Solar spectrum, 6S: An overview // *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.* 1997. V. 35. № 3. P. 675–686.
- Xu H.* A new index for delineating built-up land features in satellite imagery // *Int. J. Rem. Sens.* 2008. V. 29. № 14. P. 4269–4276.
- Zhao H., Chen X.* Use of normalized difference bareness index in quickly mapping bare areas from TM/ETM+ // *Proc. IGARSS Symp. July 25–29, 2005. Seoul, Korea.*
- Zha Y., Gao J., Ni S.* Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery // *Int. J. Rem. Sens.* 2003. V. 24. № 3. P. 583–594.
- Zhang Z., He G.* A study on urban growth, vegetation space variation and thermal environmental changes of Beijing city based on TM imagery data // *Proc. 2nd WSEAS Int. Conf. Rem. Sens. December 16-18, 2006. Tenerife, Canary Islands, Spain.* P. 33–38.

Masking of Urban Areas Based on Landsat Data

D. Stathakis¹, K. Perakis¹, I. Savin^{2,3}

¹ University of Thessaly, Volos, Greece

² V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Russian Academy of Agricultural Sciences, Moscow

³ Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow

In order to monitor expansion, urban land has to be separated first from other land covers. Although this can be done by standard classification processes it is much more convenient to establish an urban index as the analogous to the widely used NDVI index for vegetation. This paper reviews existing efforts to establish such an urban index and compares them in a common context. It is found that existing methods are at best prone to mixing urban with bare land. Following that, a novel urban index is introduced that is able to overcome the limitations of existing indexes. The calculation of the new index is straightforward. The results are very promising as the index can efficiently segment the image in urban and non-urban areas, even in the presence of bare land.

Keywords: Landsat, urban areas, identification, NDVI, UI, IBI, NDBI