

УДК 004.62

**В.В. Вангельева**Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
кафедра компьютерных систем мониторинга**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОЗЕЛЕНЕННОСТИ ГОРОДОВ ЕВРОПЫ  
НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СПУТНИКА LANDSAT 8****Аннотация**

**Вангельева В.В. Сравнительная оценка озелененности городов Европы на основе данных спутника Landsat 8.** В данной статье рассмотрено, как можно использовать данные, полученные при обработке снимков, для оценки озелененности различных городов Европы. Для этой цели используется расчет индекса NDVI на основе снимков спутника Landsat 8.

**Ключевые слова:** оценка, анализ, экология, Landsat 8, спутник, NDVI, растительный покров, излучение.

**Постановка проблемы.** В наше время, в связи с динамическим развитием промышленности и повышением уровня урбанизации, остро стоит проблема экологии в крупных городах Европы и мира. Поэтому возникает необходимость контролировать состояние окружающей среды. Как известно, озеленения городов производится не только для улучшения эстетического вида города, но и для увеличения количества источников кислорода. Поэтому необходимо определить, какие города нуждаются в повышении уровня озелененности. Для этой цели отлично подходят спутниковые снимки, после обработки и последующего анализа которых можно принять решение по необходимым мерам улучшения чистоты воздуха в городе.

**Цель статьи.** Проанализировать уровень озелененности различных городов Европы, провести анализ на основе полученных данных. Определить, какие города нуждаются в повышении уровня озелененности.

**Введение.** Наблюдение поверхности Земли космическими средствами, оснащенными различными видами съемочной аппаратуры называется дистанционным зондированием Земли (ДЗЗ). Процесс ДЗЗ достаточно актуален, так как позволяет решать широкий спектр проблем, например, стало возможным оперативно и детально исследовать и контролировать состояние окружающей среды, использовать природные ресурсы и получать объективную картину мира.

**Обработка данных.** Программа Landsat является наиболее продолжительным проектом по получению спутниковых фотоснимков

планеты Земля. Первый из спутников в рамках данной программы был запущен еще в 1972 году, последний, на настоящий момент, Landsat 8, запущен в феврале 2013 года [1]. Снимки спутника находятся в свободном доступе. Съемка конкретной местности происходит каждые 16 дней.

Спутник оборудован двумя наборами инструментов: сенсором Operation Land Imager (OLI) и телескопом Thermal InfraRed Sensor (TIRS). Первый сенсор снимает поверхность в 9 диапазонах видимого и ближнего инфракрасного излучения, второй – в 2 диапазонах дальнего инфракрасного (теплового) излучения [3].

Перед использованием снимки необходимо предварительно подвергнуть их обработке. Одним из наиболее важных этапов обработки является атмосферная коррекция. При прохождении через атмосферу Земли излучение поглощается и рассеивается. Также, одним из серьезнейших недостатков спутниковых снимков является облачность, которая приводит к потере некоторого процента информации. Несмотря на то, что данные, которые хранятся в базах данных спутниковых снимков проходят автоматическую атмосферную коррекцию, данный процесс использует усредненные показатели для обработки сразу большого количества снимков. В результате, каждый отдельный снимок нуждается в дальнейшей коррекции для получения наиболее оптимального результата.

Многие современные программные продукты по обработке спутниковых снимков предоставляют готовые модули для проведения атмосферной коррекции. Но так как спутник Landsat 8 был запущен сравнительно недавно и оборудован новым сенсором TIRS, которым не были оборудованы предыдущие спутники, то выбор программного обеспечения для данного исследования был ограничен. Выбор был остановлен на пакете GRASS GIS 7.0, который содержит модуль `i.landsat.toar`, предназначенный именно для атмосферной коррекции спутниковых снимков.

**Методы оценки озелененности территории.** Оценка озеленности городов проводилась на основе расчета индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), также известного как вегетационный индекс. Данный индекс позволяет определить количество фотосинтезирующих объектов на рассматриваемой площади. Он вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + NIR}, \quad (1)$$

где NIR – ближний инфракрасный диапазон, RED – видимый красный диапазон. Согласно этой формуле, плотность растительности (NDVI) в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном (RED) и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей.

Для анализа вегетационного индекса используется стандартная дискретная шкала, которая представлена на рисунке 1 [2].



Рисунок 1 – Дискретная шкала NDVI

Индекс NDVI в диапазоне  $[-1.0;0]$  соответствует промышленным объектам, воде, снегу и льдом. NDVI в диапазоне  $(0;1.0]$  соответствует растительному покрову различного состояния и плотности. Наибольший интерес для данной работы представляет диапазон  $[0.5;1.0]$ . Индекс NDVI, который попадает в этот диапазон соответствует наиболее здоровому и плотному растительному покрову.

Для проведения исследования были выбраны 10 городов Европы. Время съемки каждого города было выбрано приблизительно в одном временном промежутке, а именно июнь 2013 года, для того чтобы погодные условия и растительный покров находились в похожем состоянии. Также на выбор архива со снимками влиял уровень облачности в районе исследуемого города. Список городов и дата съемки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исследуемые города

№	Название города	Дата съемки
1	Донецк	09.06.2013
2	Киев	03.06.2013
3	Львов	15.06.2013
4	Москва	21.06.2013
5	Брюссель	02.06.2013
6	Барселона	03.06.2013
7	Милан	07.06.2013
8	Рим	25.06.2013
9	Париж	02.06.2013
10	Варшава	20.06.2013

После того как снимки были подвержены атмосферной коррекции и стали пригодными для дальнейшего использования, был рассчитан индекс NDVI для каждого города. Для расчета использовались диапазоны 4 (красное видимое излучение, 0,55-0,75 мкм) и 5 (инфракрасное излучение, 0,75-1,0 мкм). Пример того, как выглядит снимок после расчета NDVI, представлен на рисунке 2 на примере города Донецка [2].

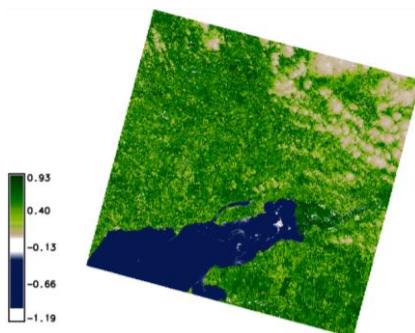


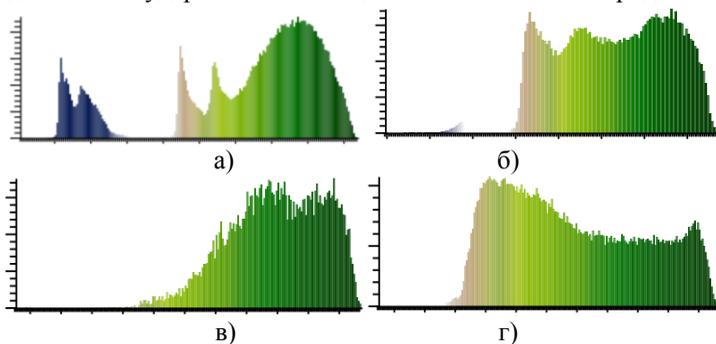
Рисунок 2 – Изображение в цветах шкалы NDVI

Следующим шагом стало построение гистограмм на основе рассчитанного индекса NDVI для каждого города. Гистограммы представлены на рисунке 3.

Как видно на представленных диаграммах, все города имеют различный уровень озелененности. Наиболее озелененными можно считать такие города как Донецк, Киев и Львов и Варшава. Оставшиеся города нуждаются в решении проблемы озелененности, так как часть промышленных объектов достаточно большая с долей растительного покрова. В наибольшей степени процент промышленных объектов и природных объектов, не относящихся к растительному покрову, преобладает в Бельгии.

**Решение проблемы.** Полученные данные можно подвергнуть дальнейшей обработке. Например, можно вычислить площадь исследуемой территории, площадь территории, плотность растительного покрова которой попадает в диапазон  $[0.5; 1.0]$  и найти процентное соотношение площадей. Данный анализ позволит более точно оценить экологическую ситуацию в рассмотренных городах.

Полученные данные могут найти широкое практическое применение при планировании размещения рекреационных зон города, предприятий, а также при распределении государственного бюджета на озеленение города.



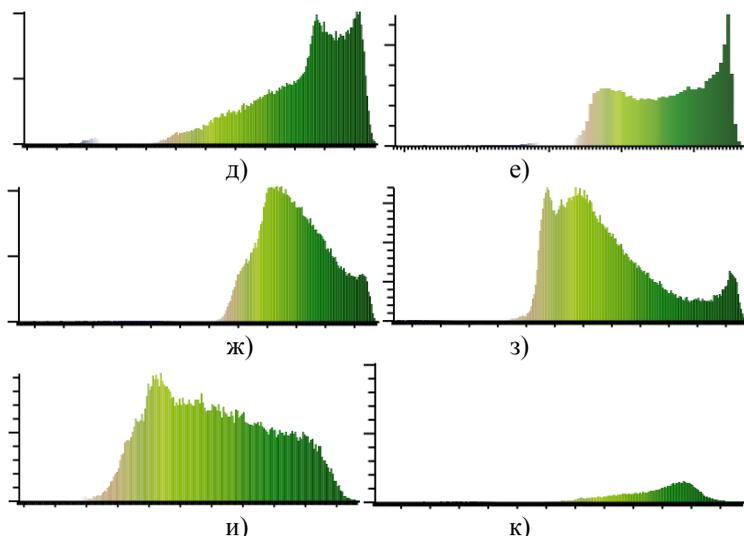


Рисунок 3 – Гистограммы значений индекса NDVI: а) Донецк; б) Киев; в) Львов; г) Брюссель; д) Варшава; е) Москва; ж) Рим; з) Париж; и) Милан; к) Барселона

**Выводы.** В данной статье был описан процесс обработки спутниковых снимков Landsat 8 и вычисление на основе этих снимков вегетационного индекса NDVI. Также был проведен сравнительный анализ уровня озелененности трех крупных городов Украины (Донецк, Киев, Львов), двух городов Италии (Рим, Милан, Барселона), а также городов России (Москва), Польши (Варшава), Франции (Париж), Бельгии (Брюссель). Был сделан вывод о том, какие города из рассмотренных наиболее нуждаются в повышении уровня озелененности. Рассмотрена возможность практического применения полученных в ходе исследования данных.

#### Список литературы

1. Landsat-8 / Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat\\_8](http://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat_8).
2. GIS-Lab: NDVI – [теория] и практика / Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/URL: http://gis-lab.info/qa/ndvi.html](http://gis-lab.info/qa/ndvi.html).
3. Диапазоны Landsat 8 в работе/Хабрахабр / Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/URL: http://habrahabr.ru/post/183416/](http://habrahabr.ru/post/183416/)