

УДК 528.856.044.1

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2019.86.2.31

ГИС-АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ

Чубукин Р.Ю.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

Аннотация. Проанализированы свойства данных дистанционного зондирования в виде регулярной матрицы высот, характеризующие абсолютные отметки поверхности Земли в условиях населенного пункта. Установлены источники ошибок указанных данных. Выполнена классификация морфометрических показателей, которые могут быть определены путем математической обработки соседних ячеек матрицы. Установлены морфометрические показатели рельефа населенного пункта, соответствующие зонам опасных геологических процессов.

Ключевые слова: растровое изображение, ГИС, морфометрические показатели, матрица высот.

Введение

Трансформация современного общества приводит к росту городов. По оценкам некоторых исследователей через 25–30 лет население страны будет сосредоточено в нескольких десятках городских агломераций, что неизбежно будет сопровождаться социальными и техническими проблемами. Среди таких проблем следует выделить психологический дискомфорт современного городского жителя, повышенную нагрузку на инженерные коммуникации, проблемы с доступностью отдельных частей города.

Анализ публикаций

Указанные проблемы предъявляют особые требования к современному градостроителю, требуют от него учета различных факторов.

Проблемами урбосистем (городов) занимались многие исследователи: В. Мирошниченко, Б. Кочуров, С. Липски [1, 2, 3]. Эти авторы сосредоточились на различных аспектах городской среды, при этом в их работах часто используются устаревшие методы пространственных исследований, не проводится количественная и качественная оценка территории. Причиной этого являлась недоступность качественных данных дистанционного зондирования Земли.

Таковыми данными могли быть спутниковые снимки высокого разрешения в различных диапазонах, главным образом, в видимом диапазоне, данные дистанционного зондирования абсолютных отметок.

В настоящее время существует множество сервисов, дающих данные высотного зондирования Земли, предоставляемые безвоз-

мездно или на коммерческой основе. Коммерческие данные (WorldDEM, NextMap World 10, ALOS AW3D) отличаются высоким разрешением от 2 до 10 м и высоким качеством. Для их получения используется информация спутниковых измерений, результаты обработки стереопар космических снимков, данные наземных измерений. Эта информация может быть использована при разработке инженерных проектов.

Некоммерческие данные (SRTM, ASTER GDEM) распространяются аэрокосмическим агентством NASA (проект earth explorer) и применяются в научных исследованиях, разработке алгоритмов анализа данных дистанционного зондирования [6].

В работах [4, 5] выполнен анализ некоммерческих данных дистанционного зондирования Земли. Отмечается, что абсолютная ошибка определения высот в равнинной местности не превышает 1 м, в горных районах и в районах со сложным рельефом может достигать 20–60 м с разным знаком. Плановая ошибка составляет 20 м.

Анализ территории со спланированным рельефом, которой является территория населенного пункта в указанных выше работах, не приводится.

Цель и постановка задачи

Целью является анализ открытых данных высотного дистанционного зондирования Земли применительно к условиям населенного пункта для выявления опасных геологических процессов на его территории.

Для достижения поставленной цели необходимо использовать алгоритмы математической обработки специализированных раст-

ровых изображений, призванные выявить участки значительных перепадов высоты, соответствующие указанным выше процессам.

ГИС-анализ геологических процессов в населенном пункте

По мнению автора настоящего исследования, определенный научный интерес представляют некоммерческие данные высотного дистанционного зондирования для анализа территории населенных пунктов с целью выявления опасных геологических процессов (оползня опасных участков, зон подтоплений и др.).

Данные представляют собой растровые изображения в формате GeoTIFF, в котором интенсивность серого цвета каждого пикселя соответствует средней абсолютной высоте малого участка местности (рис. 1), т. е. представляет собой матрицу высот.

Такой способ представления рельефа отличается простотой и наглядностью.

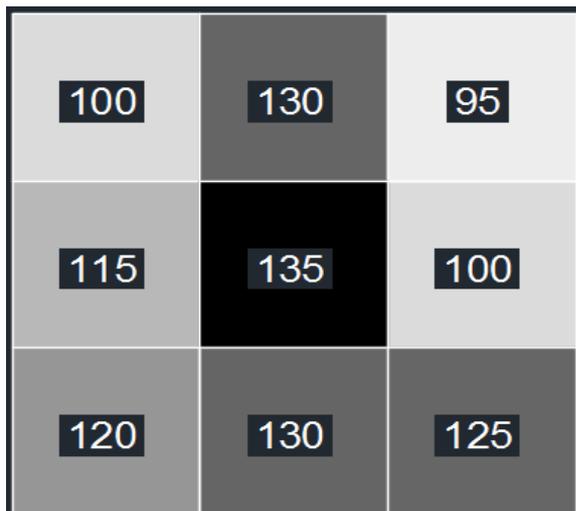


Рис. 1. Матрица высот по данным дистанционного зондирования

Вместе с тем, матрица высот может содержать достаточно большие ошибки в абсолютных отметках, особенно на территориях со сложным рельефом и насыщенной ситуацией (рис. 2), так как при определении средней высоты элемента матрицы используются несколько измерений высоты по ее площади. При наличии на территории элемента объектов со значительной разницей в высотах, например поверхность Земли и крыша высотного здания, и возникает значительная ошибка.

Для проведения исследования автором использовалась модель рельефа STRM для г. Харькова, полученная с сайта NASA. Модель распространяется в виде сетки квадратов 1×1 . Шаг пикселей составляет 90 м. Модель составлена по материалам радарной съемки с использованием сенсоров SIR-C и X-SAR, проведенной с использованием космического корабля «Shuttle» в 2000 г.



Рис. 2. Источники ошибок матрицы высот

Предварительная обработка снимков производилась с использованием инструментов обработки растровых изображений ГИС пакета QGIS и предусматривала объединение (склежку) соседних изображений в единое, его обрезку по границам города, трансформацию изображения в проекцию Pseudo Mercator системы координат WGS-84. Выбор данной проекции обусловлен тем, что она позволяет осуществлять измерения по растру в линейных единицах. Вспомогательные векторные данные (граница города) получены путем импорта соответствующих полигонов из картографического сервиса Open Street Map.

С использованием матрицы высот возможно проводить морфометрический анализ рельефа, т. н. digital elevation model (DEM) анализ. Сущность анализа заключается в том, что сравниваются значения высоты в соседних пикселей и делается соответствующий вывод.

ГИС-пакет позволяет вычислить следующие морфометрические показатели [6–9]:

- показатели первого порядка: (уклон и экспозиция склонов), для их вычисления используются данные двух соседних ячеек;

- показатели второго порядка: (индекс превышения (TPI – Topographic Position Index) – разница высот центрального пикселя и среднего значения окружающих, пересе-

ченность (Roughness) – максимальная разница высот центрального и окружающих пикселей в пределах области $N \times N$ элементов) [6];

– показатели третьего порядка: (водоразделы, тальвеги, водосборные площади), т. е. линейные и площадные объекты.

В условиях городской среды точное вычисление указанных параметров затруднительно. Их можно вычислить только локально для областей естественного рельефа, например район лесопарка в г. Харькове.

В настоящей работе определены показатели индекса ТРІ, который позволяет идентифицировать различные формы рельефа, в частности крутые склоны, овраги. В результате обработки растрового изображения визуализирована форма овражно-балочной сети на территории города (рис. 3).



Рис. 3. Участки со сложным рельефом

Полученное изображение позволяет глубже понять градостроительный рисунок населенного пункта. Выделить эрозионно опасные участки, наметить пути использования территории.

Несмотря на значительные трудности в использовании данных территорий, они могут иметь значительный градостроительный потенциал. По бровкам возвышенных территорий возможно строительство жилья повышенной комфортности при условии реализации мероприятий по защите их от оползней и обвалов. Среди таких мероприятий следует выделить: проектирование зданий с учетом рельефа местности, устройство фундаментов с повышенной несущей способностью, сооружение подпорных стенок и контрфорсов, химическое закрепление грунтов, систематический геодезический мониторинг геологически опасных участков.

На пониженных территориях возможно строительство жилых зданий, сооружение

рекреационных объектов, предприятий общественного питания также при условии инженерной защиты территорий от подтопления путем сооружения дамб, устройства дренажных систем и наблюдений за уровнем воды на водных объектах.

Результаты морфометрического анализа наряду с другими результатами инженерно-геологических изысканий должны использоваться при разработке проектов зонирования территории населенного пункта.

Выводы

Картографические данные из открытых источников позволяют на качественно новом уровне создавать проекты зонирования территории населенных пунктов. Количественный и качественный анализ растровых цифровых моделей рельефа позволяет с высокой точностью определять характерные морфометрические характеристики рельефа населенного пункта и должен являться неотъемлемой частью указанных проектов. Использование инструментов пространственного анализа ГИС-пакетов дает возможность определять влияние различных природных и социально-экономических факторов на градостроительную ситуацию.

Литература

1. Мірошниченко В. В. Эстетика урбогеосистем (огляд досліджень) // Вісник Одеського національного університету: Географічні та геологічні науки. 2013. Т. 18. № 2(18). С. 81–86.
2. Кочуров Б. И. Понятие комфортности проживания населения в городе // География в школе. 2006. № 7. Серия: «География». Вып. 2. С. 201–208.
3. Липски С. А. Зонирование территорий как механизм обеспечения целевого использования земель // Земельный вопрос. 2013. № 6. С. 59–65.
4. Мамедов С. Г., Алекберова С. О., Гамидова З. А., Исмаилова Л. А. Изучение морфометрических показателей рельефа селеопасных бассейнов по данным радарных спутниковых снимков (на примере междуречья Шинчай-Дамирапаранчай) // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: «Естественные науки». 2017. № 2. С. 59–70.
5. Сафьянов Г. А., Репкина Т. Ю. Цифровые модели рельефа и их значение для геоморфологии // Геодезия и картография. 2014. № 9. С. 41–46.
6. Danielson J.J., Gesch D.B. Global Multi-resolution Terrain Elevation Data // USGS Open-File Report. 2011. P. 26.

7. Collins S.H, Moon G.C. Algorithms for dense digital terrain models // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1981. Vol. 47. P. 71–76.
8. Shawn J. Riley, Stephen D. DeGloria, Robert Elliot A. Terrain index that quantifies topographic heterogeneity // International journal of sciences. 1999. Vol. 5. № 1–4. P. 23–27.
9. Черниковский Д. М. Оценка связей морфометрических характеристик рельефа с количественными и качественными характеристиками лесов на основе цифровых моделей рельефа aster и srtm // Сибирский лесной журнал. 2017. № 3. С. 28–39.

References

1. Miroschnichenko V. V. (2013) Estetika urbogeosistem (ogljad doslidzhen') *Visnik Odes'kogo nacional'nogo universitetu: Geografichni ta geologichni nauki*, № 2(18), 81–86 [in Ukrainian].
2. Kochurov B. I. (2006). Ponjatie komfortnosti prozhivaniya naselenija v gorode. *Geografija v shkole*, № 7 (2), 201–208 [in Russian].
3. Lipski S. A. (2013). Zonirovanie teritorij kak mehanizm obespechenija celevogo ispol'zovaniya zemel'. *Zemel'nyj vopros*, № 6, 59–65 [in Russian].
4. Mamedov S. G., Alekberova S. O., Gamidova Z. A., Ismajlova L. A. (2017). Izuchenie morfometricheskikh pokazatelej rel'efa seleopasnyh bassejnov po dannym radarnyh sputnikovyh snimkov (na primere mezhdurech'ja Shinchaj-Damiraparanchaj). *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Serija: Estestvennye nauki*, № 2, 59–70 [in Russian].
5. Saf'janov G. A., Repkina T. Ju. (2014). Cifrovye modeli rel'efa i ih znachenie dlja geomorfologii *Geodezija i kartografija*, № 9, 41–46 [in Russian].
6. Danielson J. J., Gesch D. B. (2011) Global Multi-resolution Terrain Elevation Data. *USGS Open-File Report*, 26.
7. Collins S. H, Moon G. C. (1981). Algorithms for dense digital terrain models. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 47, 71–76.
8. Shawn J. Riley, Stephen D. DeGloria, Robert Elliot A. (1999). Terrain index that quantifies topographic heterogeneity. *International journal of sciences*, Vol. 5, № 1–4, 23–27.
9. Chernihovskij D. M. (2017). Ocenka svjazej morfometricheskikh harakteristik rel'efa s kolichestvennymi i kachestvennymi harakteristikami lesov na osnove cifrovyh modelej rel'efa aster i srtm. *Sibirskij lesnoj zhurnal*, № 3, 28–39 [in Russian].

Чубукін Роман Юрьевич, к.т.н., доц. каф. інженерної геодезії, roma19781205@gmail.com, тел. 0676887171,

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, корп. 2, 61002, г. Харьков, ул. Алчевских, 48 б.

ГІС-аналіз небезпечних геологічних процесів у населеному пункті

Анотація. У статті проаналізовано дані висотного дистанційного зондування Землі, що знаходяться у відкритому доступі. Відомі результати досліджень не дають характеристику точності даних для міських умов і не використовують ці дані для містобудівного проектування. Наприклад, зонування території. **Мета.** Аналіз відкритих даних висотного дистанційного зондування Землі та структури матриці висот щодо умов населеного пункту для виявлення небезпечних геологічних процесів на його території. **Методологія.** Для досягнення поставленої мети необхідно використовувати алгоритми математичного оброблення спеціалізованих растрових зображень, що є складовою частиною ГІС-пакета QGIS. **Результат.** Отримана матриця висот для умов міста на основі відкритих даних як складова частина ГІС-проекта. Матриця висот отримана шляхом об'єднання растрових зображень відповідних матрицям висот різних частин міста і подальшої обрізки по межах міста. Розроблено технологію трансформації зображень у системи координат, які можуть бути використані для реалізації алгоритмів морфометричного аналізу цифрової моделі місцевості. Установлені джерела помилок матриці висот. Визначено, що найбільший вплив на локальні помилки елементів матриці висот надає висота будівель та інших високих об'єктів. Проаналізовано морфометричні показники рельєфу населеного пункту. Виконана класифікація показників відповідно до їх масштабних чинників і значущості для виконання аналізу міської території. Виявлено та зафіксовано у вигляді об'єктів ГІС-проекту зони небезпечних геологічних процесів. Такими зонами прийняті зони можливого руйнування високих об'єктів, яружної діяльності, зони можливих підтоплень. **Наукова новизна.** Уперше проведено аналіз рельєфу населеного пункту на основі відкритих даних дистанційного зондування та виявлені ділянки небезпечних геологічних процесів на основі таких даних. **Практичне значення.** Використання зазначених даних дозволяє підвищити якість містобудівного проекту, сприяє розробленню заходів з інженерного захисту території міста.

Ключові слова: растрове зображення, ГІС, морфометричні показники, матриця висот.

Чубукін Роман Юрійович, к.т.н., доц. каф. інженерної геодезії, roma19781205@gmail.com, тел. 0676887171, Харківський національний університет будівництва та архітектури, корп. 2, 61002, м. Харків, вул. Алчевських, 48 б.

GIS analysis of dangerous geological processes in a residential area

Problem The article analyzes the data of high-altitude remote sensing of the Earth, which are in the public domain. The outcome of the studies does not give a description of the data accuracy for the urban environment and do not use these data for urban planning. For example, zoning of the territory. **Goal.** Analysis of open data high-altitude remote sensing of the Earth and the structure of the DEM in relation to the terms of the settlement to identify dangerous geologic processes on its territory. **Methodology.** To achieve this goal, it is necessary to use algorithms for mathematical processing of specialized raster images, which are the part of the GIS package QGIS. **Results.** Elevation matrix for city conditions based on the open data as an integral part of GIS project is obtained. The height matrix is obtained by combining raster images corresponding to the height matrices of different parts of the city and then cropping within the city. The technology of transformation of images in the coordinate system, which can be used to implement algorithms for morphometric analysis of the digital terrain model is developed. The sources of errors of the height matrix are established. It is determined that the greatest influence on the local er-

rors of the elements of the height matrix is made by the height of buildings and other high objects. Morphometric indicators of the relief of the settlement are analyzed. The classification of indicators in accordance with their scale factor and significance for the analysis of the urban area is made. The project zone of dangerous geological processes are identified and recorded in the form of GIS objects. Zones of possible destruction of high cliffs, gully activity, zones of possible flooding are accepted as such zones, **Originality.** For the first time the analysis of the topography of the settlement is carried out on the basis of open data of remote sensing and the areas of dangerous geological processes on the basis of new such data are revealed. **Practical value.** The use of these data can improve the quality of the urban project, contribute to the development of measures for the engineering protection of the city.

Keywords: raster image, GIS, morphometric parameters, height matrix.

Chubukin Roman Yurievich, Ph. D., Assoc. Prof.
Engineering geodesy department,
roma19781205@gmail.com, tel.0676887171,
Kharkov national University of construction and architecture, bld. 2, 61002, Kharkiv, ul. Alchevsky, 48 b.
