



УДК 004.9  
ББК 32.973

## ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ<sup>1</sup>

**Елисеева Мария Владимировна**

Аспирант кафедры фундаментальной информатики и оптимального управления  
Волгоградского государственного университета  
m.eliseeva.vlg@gmail.com, fiou@volsu.ru  
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Писарев Андрей Владимирович**

Кандидат физико-математических наук,  
старший преподаватель кафедры информационных систем  
и компьютерного моделирования  
Волгоградского государственного университета  
pisarev@volsu.ru, infomod@volsu.ru  
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Аннотация.** Построена концептуальная модель программного комплекса, позволяющая строить трехмерную поверхность исследуемой территории для последующего проведения компьютерных экспериментов. В основе цифрового рельефа местности лежат различные данные дистанционного зондирования Земли.

**Ключевые слова:** геоинформационные технологии, дистанционное зондирование, веб-технологии, SRTM, цифровая модель рельефа.

### Введение

Существует широкий класс пространственных задач, связанных с рельефом местности (моделирование паводков, расчет земляных работ, построение области видимости и др.). Актуальной задачей становится получение данных для построения цифровой

модели рельефа местности (ЦМР). Наиболее универсальным решением представляется использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) — эффективный инструмент, позволяющий оперативно и детально исследовать состояние окружающей среды и получать объективную картину мира. Целью работы является разработка веб-ориентированного программного комплекса для построения высокоточной ЦМР произвольной территории с использованием данных ДЗЗ. В частности, ЦМР является важнейшим компонентом компьютерной модели для изучения динамики поверхностных вод на заданной территории. Рельеф местности является одним из основных факторов, определяющих характер затопления территорий [1; 3; 6; 7].

### 1. Обобщенный алгоритм построения высокоточной ЦМР

Рассмотрим алгоритм построения ЦМР произвольной территории.

1. Построение модели рельефа с низким разрешением по данным SRTM (Shuttle radar topographic mission), точность которых составляет 90 м по горизонтали [9]. Построенная таким образом матрица высот является базовой для ЦМР.
2. Интерполяция базовой матрицы до требуемого разрешения. В результате получаем ЦМР с более высокой точностью, однако, с отсутствующими мелкомасштабными объектами.
3. Редактирование интерполированной ЦМР. Нанесение точечных, линейных и площадных объектов, имеющих высотные характеристики. В частности, можно отметить русла водотоков, крупные строения, насыпи и иные объекты [4].

Отметим, что для некоторых задач (например, моделирование динамики примесей в приземном слое атмосферы) достаточно базового разрешения матрицы SRTM, поэтому можно обойтись без третьего этапа.

### 2. Модель информационной системы

Обобщенная модель программного комплекса построения поверхности представлена на рисунке 1. Так как была выбрана клиент-серверная архитектура, то по программной реализации выделяется клиентская часть (блок 1), веб-серверная часть (блоки 2, 3), комбинированная часть (блок 5). Отдельно стоит отметить блок 4, который будет выполняться на веб-сервере, однако полученный результат (ЦМР) будет отправляться помимо клиентской стороны еще и на расчетный сервер, предназначенный для проведения компьютерного моделирования.

Рассмотрим модель информационной системы подробнее.

1. Стартовый экран. Данный блок предназначен для определения территории построения трехмерной поверхности. В браузере отображается спутниковая карта (предусматривается возможность переключения между различными поставщиками картографических услуг), на которой метками выделяется контур исследуемой территории. На рисунке 2 приведен пример выделения северной части Волго-Ахтубинской поймы на сайте геологической службы США [10]. После выбора территории, координаты площадного объекта передаются в блок 2.



Рис. 1. Модель информационной системы

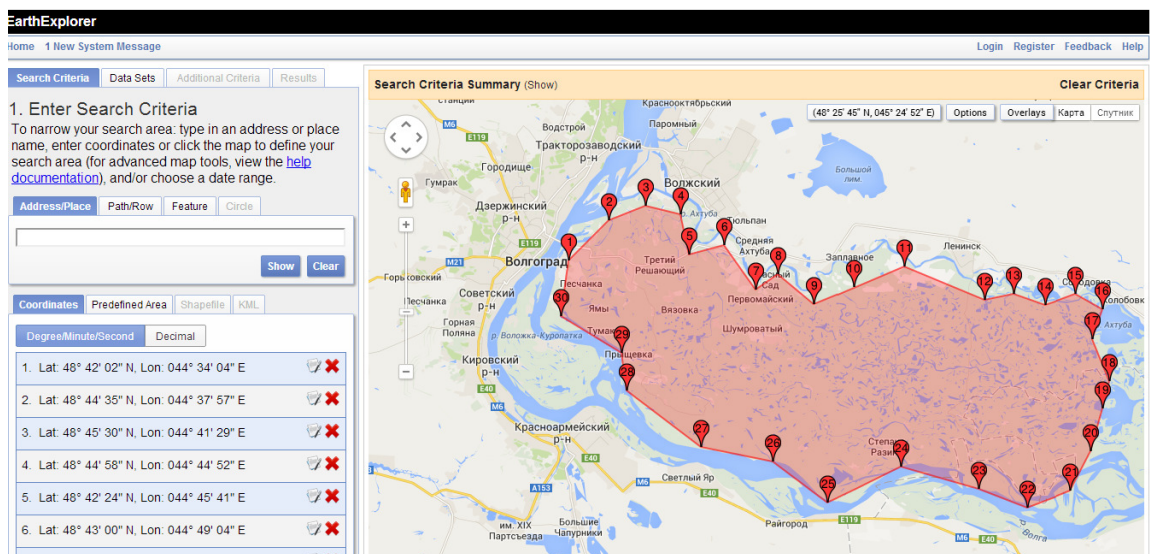


Рис. 2. Пример выделения территории; метками определены узлы площадного объекта

2. Получение данных SRTM. Основная цель данного компонента — получить матрицу, включающую в себя исследуемую территорию. Данные SRTM хранятся на сервере Национального управления по воздухоплаванию и исследованию космического пространства [9], поверхность земного шара разделена по сетке, где каждый файл (соответствующий ячейке) покрывает территорию  $108 \times 108$  км. В примере на рисунке 2 территория покрывается двумя матрицами SRTM, соответственно необходимо выполнить операцию сшивки матриц и обрезать по описанному прямоугольнику.
3. Интерполяция данных. Основная цель использования данного модуля — внесение исправлений в матрицу SRTM, передаваемых из блока 5. Для повышения качества процесса интерполяции предусматривается использование различных методов (билинейная интерполяция, кригинг, сплайн, тренд, обратно взвешенная интерполяция и др.) [5]. Также имеется возможность изменения пространственного разрешения полученной матрицы и передачи данных в блок 4 без редактирования матрицы.
4. Визуализация данных. Основная задача данного блока заключается в отображении полученного результата. Пользователю предлагается два варианта: переход к редактированию (блок 5), или сохранению результата в файл. В последнем случае пользователь может скачать файл матрицы рельефа для последующего использования, или передать ее на расчетный сервер.
5. Редактирование матрицы. Данные радарного сканирования поверхности Земли (SRTM, ASTER GDEM), находящиеся в открытом доступе, обладают низкой разрешающей способностью и сравнительно невысокой актуальностью (25–90 м). При необходимости уточнения ЦМР предусматривается механизм нанесения точечных, линейных или площадных объектов с указанием высоты для каждого из них. Также предусматривается возможность импорта данных из сторонних геоинформационных систем.

### **Заключение**

Использование данных космической радарной топографической съемки Земли на данный момент — самый простой и универсальный способ построения поверхностей. Главная сложность заключается в подготовительном процессе: загрузка файлов из сети Интернет, объединение в одну матрицу, обрезка по исследуемой территории. Особо стоит выделить проблему редактирования матриц высот. Практически все существующие решения сводятся к преобразованию матрицы в векторную карту, объединению с другими векторными слоями (например, карта русла реки) и построению новой матрицы [8]. Данный программный комплекс позволит избежать лишних шагов и уменьшить погрешность построения ЦМР [2]. В дальнейшем данная информационная система будет являться частью серверной веб-ориентированной геоинформационной системы для поддержки, визуализации и анализа гидродинамических расчетов с использованием данных дистанционного зондирования.

### **ПРИМЕЧАНИЕ**

<sup>1</sup> Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ № 14-07-97030, 14-07-31303\_мол, 13-07-97056, 13-01-97062, гостемы № 8.2419.2011.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронин, А. А. Задача управления гидрологическим режимом в эколого-экономической системе «Волжская ГЭС — Волго-Ахтубинская пойма». Ч. 2. Синтез системы управления / А. А. Воронин, М. В. Елисеева, С. С. Храпов, А. В. Писарев, А. В. Хоперсков // Проблемы управления. — 2012. — № 6. — С. 19–25.
2. Воронин, А. А. Имитационные модели динамики поверхностных вод с использованием данных дистанционного зондирования: влияние рельефа местности / А. А. Воронин, М. В. Елисеева, А. В. Писарев, А. В. Хоперсков, С. С. Храпов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — 2012. — № 5. — С. 18–25.
3. Писарев, А. В. Особенности динамики затопления Волго-Ахтубинской поймы в зависимости от режимов испарения и инфильтрации / А. В. Писарев, С. С. Храпов, А. А. Воронин, Т. А. Дьяконова, Е. А. Циркова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1, Математика. Физика. — 2012. — № 1 (16). — С. 43–47.
4. Писарев, А. В. Актуализация цифровой модели рельефа Волго-Ахтубинской поймы с использованием гидрологического мониторинга, основанного на GPS-измерениях береговых линий во время затоплений / А. В. Писарев // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1, Математика. Физика. — 2012. — № 2 (17). — С. 25–29.
5. Скворцов, А. В. Геоинформатика / А. В. Скворцов. — Томск : Изд-во Том. ун-та, 2006. — 336 с.
6. Хоперсков, А. В. Задача управления гидрологическим режимом в эколого-экономической системе «Волжская ГЭС — Волго-Ахтубинская пойма»: Моделирование динамики поверхностных вод в период весеннего паводка / А. В. Хоперсков, С. С. Храпов, А. В. Писарев, А. А. Воронин, М. В. Елисеева, И. А. Кобелев // Проблемы управления. — 2012. — № 5. — С. 18–25.
7. Храпов, С. С. Численная схема для моделирования динамики поверхностных вод на основе комбинированного SPH-TVD-подхода / С. С. Храпов, А. В. Хоперсков, Н. М. Кузьмин, А. В. Писарев, И. А. Кобелев // Вычислительные методы и программирование. — 2011. — № 12. — С. 282–297.
8. Khrapov S. The Numerical Simulation of Shallow Water: Estimation of the Roughness Coefficient on the Flood Stage / S. Khrapov, A. Pisarev, I. Kobelev, A. Zhumaliev, E. Agafonnikova, A. Losev, A. Khoperskov // Advances in Mechanical Engineering. — 2013. — Vol. 2013. — Article ID 787016, 11 pages.
9. Rabus, B. The shuttle radar topography mission — a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar / B. Rabus, M. Eineder, A. Roth, R. Bamler // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. — 2003. — Vol. 57 (4). — P. 241–262.
10. U.S. Geological Survey's Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. Earth Explorer Home Page. — Electronic text data. — Mode of access: <http://earthexplorer.usgs.gov>. — Title from screen.

## REFERENCES

1. Voronin A.A., Eliseeva M.V., Khrapov S.S., Pisarev A.V., Khoperskov A.V. Zadacha upravleniya gidrologicheskim rezhimom v ekologo-ekonomicheskoy sisteme «Volzhskaya GES — Volgo-Akhtubinskaya poyma». Ch. 2. Sintez sistemy upravleniya [The Regimen Control Task in The Eco-Economic System «Volzhskaya Hydroelectric Power Station — the Volga-Akhtuba Floodplain». II. Synthesis of Control System]. *Problemy upravleniya* [Control Sciences], 2012, no. 6, pp. 19–25.
2. Voronin A.A., Eliseeva M.V., Pisarev A.V., Khoperskov A.V., Khrapov S.S. Imitatsionnye modeli dinamiki poverkhnostnykh vod s ispol'zovaniem dannykh distantsionnogo zondirovaniya: vliyanie rel'efa mestnosti [Simulation models of surface water dynamics using remote sensing data]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Bulletin of Volgograd State Technical University. Series «Actual problems of management, computer facilities and informatics in technical systems»], 2012, no. 5, pp. 18–25.

3. Pisarev A.V., Khrapov S.S., Voronin A.A., D'yakonova T.A., Tsirkova E.A. Osobennosti dinamiki zatopeniya Volgo-Akhtubinskoy poymy v zavisimosti ot rezhimov ispareniya i infil'tratsii [The role of infiltration and evaporation in the flooding dynamics of the Volga-Akhtuba floodplain]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1, Matematika. Fizika* [Journal of Volgograd State University, series 1, Mathematics. Physics], 2012, no. 1 (16), pp. 43–47.

4. Pisarev A.V. Aktualizatsiya tsifrovoy modeli rel'efa Volgo-Akhtubinskoy poymy s ispol'zovaniem gidrologicheskogo monitoringa, osnovannogo na GPS-izmereniyakh beregovykh liniy vo vremya zatopeniy [Actualization digital terrain model of Volga-Akhtuba floodplain based on gps measurement coastlines during flooding]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1, Matematika. Fizika* [Journal of Volgograd State University, series 1, Mathematics. Physics], 2012, no. 2 (17), pp. 25–29.

5. Skvortsov A.V. *Geoinformatika* [Geoinformatics]. Tomsk, Izd-vo Tom. un-ta Publ., 2006. 336 p.

6. Khoperskov A.V., Khrapov S.S., Pisarev A.V., Voronin A.A., Eliseeva M.V., Kobelev I.A. Zadacha upravleniya gidrologicheskim rezhimom v ekologo-ekonomicheskoy sisteme «Volzhskaya GES — Volgo-Akhtubinskaya poyma»: Modelirovanie dinamiki poverkhnostnykh vod v period vesennego pavodka [The Regimen Control Task in the Eco-Economic System «Volzhskaya Hydroelectric Power Station — the Volga-Akhtuba Floodplain». I. Simulation of Dynamics of Surface Water During Spring Floods]. *Problemy upravleniya* [Control Sciences], 2012, no. 5, pp. 18–25.

7. Khrapov S.S., Khoperskov A.V., Kuz'min N.M., Pisarev A.V., Kobelev I.A. Chislennaya skhema dlya modelirovaniya dinamiki poverkhnostnykh vod na osnove kombinirovannogo SPH-TVD-podkhoda [A numerical scheme for simulating the dynamics of surface water on the basis of the combined SPH-TVD approach]. *Vychislitel'nye metody i programmirovaniye* [Numerical Methods And Programming], 2011, no. 12, pp. 282–297.

8. Khrapov S., Pisarev A., Kobelev I., Zhumaliev A., Agafonnikova E., Losev A., Khoperskov A. The Numerical Simulation of Shallow Water: Estimation of the Roughness Coefficient on the Flood Stage. *Advances in Mechanical Engineering*, 2013, vol. 2013. Article ID 787016, 11 pages.

9. Rabus B., Eineder M., Roth A., Bamler R. The shuttle radar topography mission — a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2003, vol. 57 (4), pp. 241–262.

10. U.S. Geological Survey's Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. Earth Explorer Home Page. Available at: <http://earthexplorer.usgs.gov>.

## WEB-BASED SYSTEM OF PREPARATION DIGITAL MODELS OF TERRAIN

### Eliseeva Mariya Vladimirovna

Postgraduate student, Department of Fundamental Informatics and optimal control  
Volgograd State University  
m.eliseeva.vlg@gmail.com, fiou@volsu.ru  
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

### Pisarev Andrey Vladimirovich

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Lecturer, Department of Information Systems and Computer Simulation  
Volgograd State University  
pisarev@volsu.ru, infomod@volsu.ru  
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Abstract.** Using remote sensing data is currently the most simple and universal method for modeling surfaces. The main difficulty is in the preparatory

process. This stage includes: 1) downloading files from the Internet; 2) merging several matrixes into a single matrix of digital elevation model (DEM), pruning by study area. Another important problem is the problem of editing DEM. Virtually all existing solutions are reduced to the matrix transformation to the vector map, association with other vector layers (for example, a map of the river bed) and the construction of the new matrix. Software package described in this paper will allow to avoid unnecessary steps and reduce errors in digital terrain model. In the future, this information system will be part of the web-based geographic information system to support the visualization and analysis of hydrodynamic calculations using remote sensing data. Software package will be useful in solving problems of ecological and economic nature for any territory on the planet.

**Key words:** geoinformation technologies, remote sensing, web-technologies, SRTM, digital terrain model.