

Построение рельефа при реконструкции сцены городского пространства с помощью сервисов Google Maps

Кудряшов Алексей¹, Соловьёв Игорь²

KudryashovA@dvo.ru | igorek.solovyev@mail.ru

¹Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток, Россия;

²Институт прикладной математики ДВО РАН, Владивосток, Россия

В данной работе предложен метод построения рельефа для реконструкции трехмерной сцены городского окружения. Реконструкция производится на основе распознавания данных с топографического плана. Для построения рельефа используются геолокационные данные сервиса Google Maps Elevation.

Ключевые слова: Трехмерная реконструкция, рельеф, топографический план, Google Maps, GPS.

Relief generation for urban scene reconstruction using Google Maps services

A. Kudryashov¹, I. Soloviev²

KudryashovA@dvo.ru | igorek.solovyev@mail.ru

¹Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok, Russia;

²Institute of Applied Mathematics, Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok, Russia

A method of the relief generation for the reconstruction of a three-dimensional scene for urban environment is proposed. Reconstruction using data from the topographic plan. The geolocation data of the Google Maps Elevation service is used to build the relief.

Keywords: 3D reconstruction, relief, topographic plan, Google Maps, GPS.

1. Введение

Одной из важных практических задач компьютерного зрения является реконструкция реальных сцен и объектов. Одним из видов такой реконструкции является реконструкция городской обстановки [1,2,3]. Входными данными могут служить спутниковые или аэроснимки, измерения с помощью лазерных дальномеров, так и уже существующие топографические планы местности [3]. В зависимости от этого, будут меняться и подходы к реконструкции. Однако, актуальность построенной трехмерной сцены реальной городской обстановки, вне зависимости от выбранного подхода, зависит не только от точности восстановленных объектов (зданий и др.), а также и от рельефа местности.

Для реконструкции городского пространства авторами был выбран подход для реконструкции сцены по топографическому плану. Для этого на изображении топографического плана выделяются все возможные объекты (контуры здания, текст, деревья, уличные фонари, светофоры, клумбы и т.д.). Выделение информации на изображении происходит с использованием волнового алгоритма, применение и модификация которого описана в [4]. На основании всех полученных данных строится трехмерная модель сцены [5]. Однако, рельеф сцены остается плоским, что как правило, не соответствует окружающей действительности. Для решения этой проблемы был предложен следующий метод.

2. Описание алгоритма

2.1 Исходные данные

На топографическом плане (Рис. 1) в схематическом виде содержится информация для представления о структуре некоторой местности.

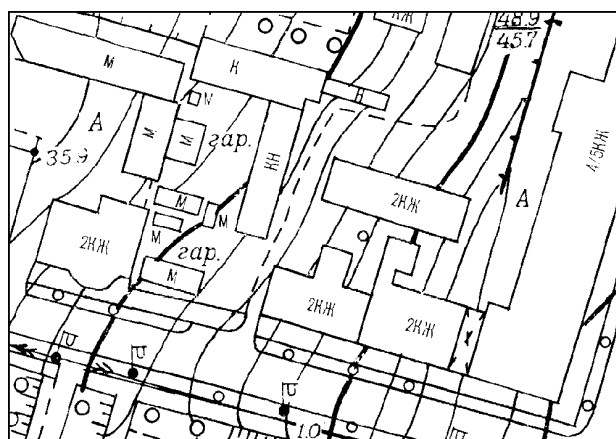


Рис. 1. Топографический план.

Также топографический план содержит информацию об изолиниях и уровнях высот в некоторых точках территории. Однако, несмотря на это, затруднительно точно выделить автоматически эти данные, т.к. они многократно перекрываются другими объектами. В связи с этим, было решено использовать уже существующую базу данных, содержащих значения высот над уровнем моря, для построения рельефа. Одной из них является сервис Google Maps Elevation API. На основании переданных данных о географической точке сервис возвращает высоту над уровнем моря в ней.

2.2 Возможности сервиса

Сервис Google Maps Elevation API позволяет получать информацию о высоте над уровнем моря для массива точек в одном запросе. Количество точек в массиве ограничено только длиной запроса к сервису, который не должен превышать 2000 знаков. Чтобы увеличить количество возможных точек в массиве в сервисе предусмотрена возможность «сжатия» записи точек в более компактный вид [6]. Запрос по получению высот для массива точек будет выглядеть следующим образом:

<https://maps.googleapis.com/maps/api/elevation/xml?locations=58.00720,56.18640|58.00439,56.18580>

После кодирования запрос будет следующим:

[https://maps.googleapis.com/maps/api/elevation/xml?locations=enc:_p`aJ\\_||uIpPvB](https://maps.googleapis.com/maps/api/elevation/xml?locations=enc:_p`aJ_||uIpPvB)

Это позволяет за один запрос получить информацию сразу о десятках точек. На основании географических точек также возможно получить текстуру поверхности рельефа. Для этого используется сервис Google Maps API. Сервис позволяет получить изображение местности со спутника по географическим координатам точки. Например, следующий запрос:

<http://maps.googleapis.com/maps/api/staticmap?zoom=20&size=640x640¢er=58.00720,56.18640&maptype=satellite> возвращает текстуру рельефа (Рис. 2).



Рис. 2. Результат запроса получения текстуры рельефа.

За один запрос максимально возможное по размеру изображение можно получить с размерами 640x640 пикселей. На топографическом плане строится сетка из точек. Для каждой точки будет получаться изображение. Количество точек по горизонтали и вертикали равны согласно (1):

$$K_w = \left\lceil \frac{W}{640} \right\rceil, K_h = \left\lceil \frac{H}{640} \right\rceil, \quad (1)$$

где W , H – соответственно ширина и высота топографического плана, K_w , K_h – соответственно минимальное количество точек по горизонтали и вертикали для построения текстуры рельефа.

Для построения всей текстуры рельефа требуется выполнить несколько запросов, количество которых равно $K_w \times K_h$. Для определения ширины и высоты каждого изображения, которое будет получаться с сервиса, используется (2).

$$w = \left\lceil \frac{W}{K_w} \right\rceil, h = \left\lceil \frac{H}{K_h} \right\rceil. \quad (2)$$

Далее из всех полученных изображений собирается готовая текстура и масштабируется до размеров топографического плана.

Например, для топографического плана с размерами 1248x496. Требуется выполнить 2 запроса. При этом каждый раз запрос получает изображение с размерами 624x496. Результат получения текстуры рельефа продемонстрирован на Рис 3.



Рис. 3. Текстура рельефа.

2.3 Нахождение сетки высот

Построение рельефа местности требует наличия данных о высотах в каждой её точке. Рельеф для сцены будет

представлять из себя состоит карту высот размера $N \times M$. Промежуточные данные будут интерполироваться.

Горизонтальные и вертикальные пиксельные координаты любой точки этой сетки вычисляются по формуле (3):

$$\begin{aligned} x &= \left[\frac{W}{N-1} c \right], \\ y &= \left[\frac{H}{M-1} r \right], \end{aligned} \quad (3)$$

где W и H – соответственно ширина и высота топографического плана, c – номер колонки точки в сетке $[0..N-1]$, r – номер строки точки в сетке $[0..M-1]$.

Топографические планы строятся для территорий, площадь которых, как правило, не превышает нескольких квадратных километров. При этом построение осуществляется без учета кривизны поверхности Земли. Из этого следует, что пиксельные расстояния между точками топографического плана практически пропорциональны географическим расстояниям между точками местности.

Пусть известны две пары точек a , b и A , B , в которых географические координаты (A_{lon} , A_{lat} , B_{lon} , B_{lat}) соответствуют пиксельным (a_x , a_y , b_x , b_y).

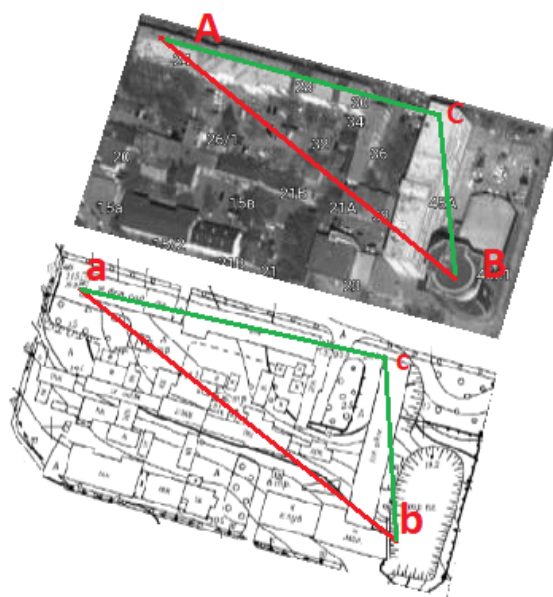


Рис. 4. Точки на топоплане (a , b , c) и соответствующие им географические точки (A , B , C).

Для третьей точки c (Рис. 4) с известными пиксельными координатами c_x и c_y для её географических координат C_{lon} и C_{lat} будет верно (4):

$$\begin{aligned} C_{lon} &= \frac{c_x - a_x}{b_x - a_x} (B_{lon} - A_{lon}) + A_{lon}, \\ C_{lat} &= \frac{c_y - a_y}{b_y - a_y} (B_{lat} - A_{lat}) + A_{lat}. \end{aligned} \quad (4)$$

Для определения высот в каждой точке сетки требуется рассчитать её географические координаты согласно (4). После этого формируются запросы к сервису *Google Maps Elevation API*. На основании данных о высоте строится триангуляционная поверхность.

2.4 Доработка сцены с учетом рельефа

После добавления рельефа в сцену все объекты, которые раньше располагались на плоскости должны быть смещены вертикально на соответствующий уровень высоты, чтобы не возникали зазоры между рельефом и объектами.

Так как рельеф является триангуляционной поверхностью, то определяется треугольник, к которому принадлежит точка пересечения перпендикуляра и рельефа. После этого определяется точка пересечения перпендикуляра и плоскости, образованной тремя точками треугольника. Длина отрезка, соединяющего эту точку с

точкой основания перпендикуляра, даст требуемую высоту смещения объекта.

Здания имеют несколько точек соприкосновения с основанием. В каждой точке высота рельефа может быть разной. Однако, уровень перепада высот по отношению к размерам здания, как правило, не велик. Поэтому для смещения здания по высоте определяется минимальное расстояние от каждой точки основания здания до рельефа аналогично определению высоты для других объектов. После этого здание поднимается на это расстояние.

3. Результаты

Произведена реконструкция некоторых реальных городских сцен для демонстрации работы описанного алгоритма. Текстура для зданий строится автоматически, в зависимости от типа здания [5].

Топографический план сцены 1 (Рис. 5, Рис. 6, Рис. 7) имеет размеры 2480x1356 пикселей, что в реальности составляет 310x170 метров. Время работы алгоритма реконструкции – 16 сек. Время обращения к сервису – 4 сек. Время построения рельефа – 1 сек.

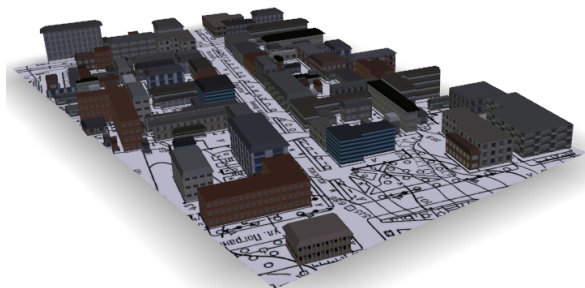


Рис. 5. Сцена 1. Реконструкция без рельефа.

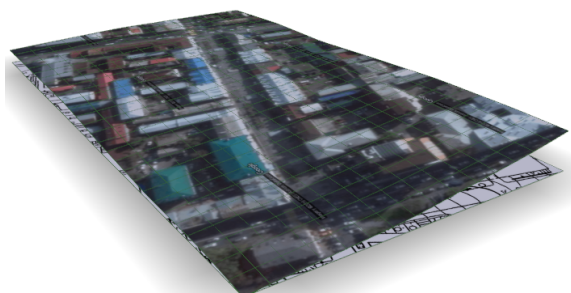


Рис. 6. Сцена 1. Реконструированный рельеф

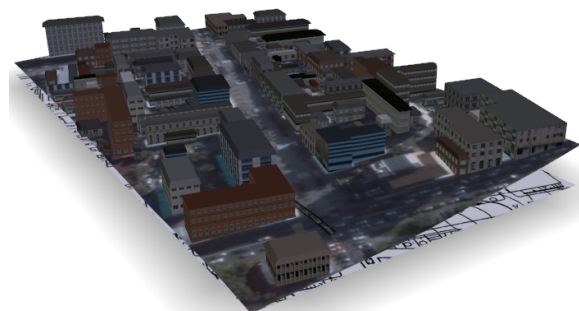


Рис. 7. Сцена 1. Реконструкция с рельефом

Топографический план сцены 2 (Рис. 8) имеет размеры 804x1020 пикселей, что в реальности составляет 100x128 метров. Время работы алгоритма реконструкции – 7 сек. Время обращения к сервису – 3 сек. Время построения рельефа – 1 сек.

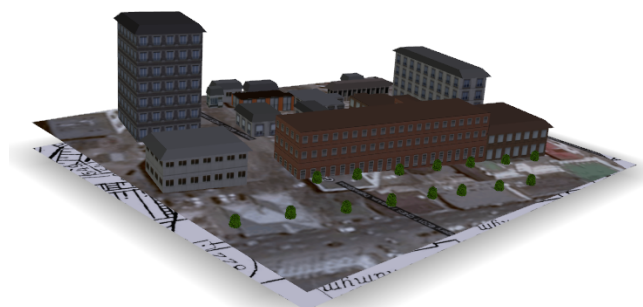


Рис. 8. Сцена 2. Реконструкция с рельефом.

4. Заключение

Предлагаемый метод построения рельефа позволяет значительно увеличить актуальность и наглядность реконструированной сцены городской обстановки. Продемонстрированные результаты показывают надежность и точность предлагаемого подхода реконструкции с использованием топографического плана и геолокационных данных. Процесс полностью автоматизирован после внесения исходных данных.

5. Литература

- [1] Knopp J., Prasad M., Gool L.V., “Scene cut: Class-specific object detection and segmentation in 3D scenes”, Proceedings of international conference on 3D imaging, modeling, processing, visualization and transmission. pp. 180–187, 2011.
- [2] Lin B. C., You R. J. “Tensor-based quality prediction for building model reconstruction from LIDAR data and topographic map”, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXIX-B7, pp. 437-441, 2012
- [3] Vezhnevets V., Konushin A., Ignatenko A., “Interactive image-based urban modeling”, PIA-2007, pp. 63-68. 2007
- [4] Кудряшов А.П., Соловьёв И.В. “Выделение контуров зданий и распознавание служебных символов для трехмерной реконструкции объектов городской обстановки по топографическому плану”. Международная конференция по компьютерной графике и зрению (GraphiCon 2013). 16-20 сентября 2013 г., Россия, Владивосток. с. 290-293.
- [5] Кудряшов А.П., Соловьёв И.В., “Распознавание контуров зданий на топографическом плане для реконструкций городских сцен”, “Вестник компьютерных и информационных технологий”. 2015. № 2. С. 3-8.
- [6] <https://developers.google.com/maps/documentation/utilities/polylinealgorithm?hl=ru> (дата обращения 11.12.2016)

Об авторах

Кудряшов Алексей Павлович, к.т.н., младший научный сотрудник лаборатории машинной графики института автоматики и процессов управления ДВО РАН.

Соловьёв Игорь Владимирович, аспирант, Институт прикладной математики ДВО РАН.