УДК 004.92
DOI: 10.20535/SRIT.2308-8893.2020.1.02

РЕКОНСТРУКЦИЯ 3D МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ ПО ИХ ТЕНЯМ С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Х. ХАБРАМАН, Д.К. МОЗГОВОЙ

Аннотация. Создание трехмерных моделей зданий с помощью аэрокосмических снимков в последние годы стало очень актуальным и востребованным направлением, поскольку такие модели сейчас используются в различных областях человеческой деятельности. В настоящее время такие модели можно создавать различными методами: с помощью стереосъемки со спутника, фотосъемки с квадрокоптера, измерения самолетным лидаром сканированием здания с Земли. Эти методы требуют дорогостоящего оборудования и высококвалифицированных специалистов, что является сдерживающим фактором для широкого использования таких технологий рядовыми пользователями. Показано альтернативное решение для создания трехмерных моделей зданий на основе спутниковых снимков и бесплатного программного обеспечения. Использованы известные пакеты программ Google Earth и SketchUp.

Ключевые слова: фотограмметрия, геоинформационные системы, спутниковые снимки, 3D моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы для создания трехмерных моделей зданий широко применяют методы, которые используют стереосъемку со спутника, фотосъемку сквадрокоптера, измерения самолетным лидаром или лазерное сканирование здания с Земли [1–3]. Такие методы требуют дорогостоящего современного оборудования, дорогостоящих программ и опытных специалистов. Эти факторы препятствуют широкому внедрению методов трехмерного моделирования в процессы решения широкого спектра прикладных задач (например, рядовому пользователю создать 3D-модель своего района). В настоящее время все это может быть доступным, выполнятся быстро, качественно и бесплатно. Стоимость программ, используемых в предлагаемой технологии и методах, минимальна по сравнению со стоимостью программного и аппаратного обеспечения иных методов, которые традиционно используются в этой сфере [4]. Это позволяет использовать их широкому кругу неподготовленных пользователей при производстве 3D-моделей жилых районов, отдельных высотных зданий или городских территорий.

Возможные пути решения проблемы. Основная идея предложенного метода — это определение высоты зданий относительно поверхности Земли с помощью векторных изображений теней, полученных по спутниковым снимкам сверхвысокого пространственного разрешения. В исследовании была использована одна из самых известных программ визуализации спутниковых снимков Google Earth Pro [6].

© *Х. Хабраман, Д.К. Мозговой*, 2020

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность проводимых исследований обусловлена следующими факторами.

1. Предлагается методика доступной и недорогой технологии формирования трехмерных изображений многоэтажных зданий, в которой для определения высоты здания используются спутниковые снимки сверхвысокого пространственного разрешения.

2. Использование предложенной методики даёт возможность большому количеству неспециалистов в области трехмерного моделирования и обработки спутниковых данных достаточно просто создавать упрощенные цифровые модели местности для небольших территорий.

3. Предлагаемый метод создания упрощенных 3D-моделей для ограниченных территорий подойдет всем пользователям, которые не могут купить дорогие рабочие станции и программное обеспечение для лазерного сканирования, квадрокоптеры, а также заказать спутниковую стереосъемку.

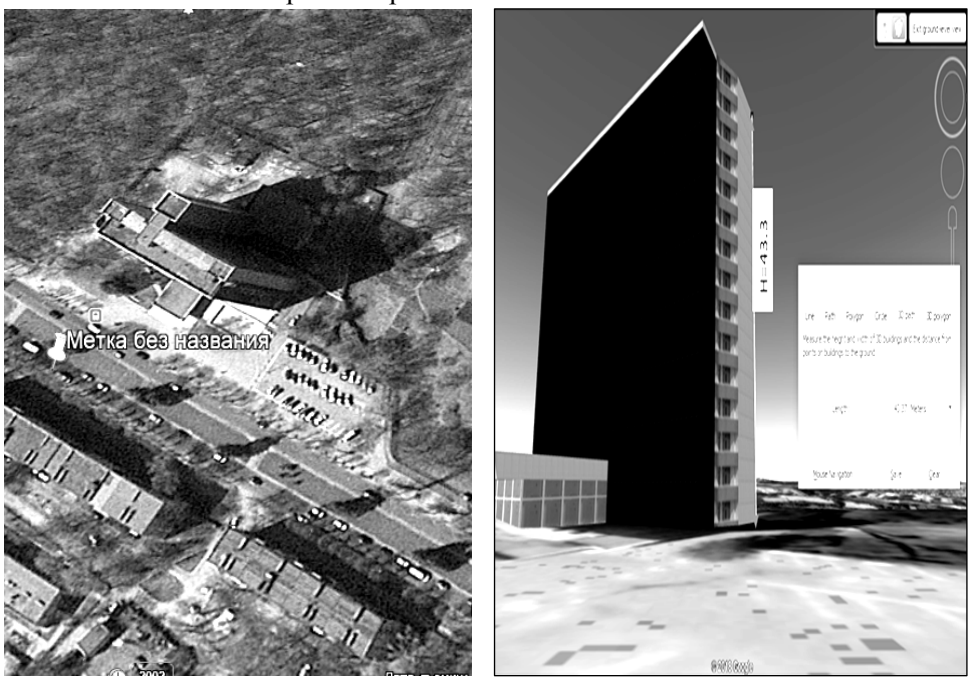
Цели исследований

1. Разработать методику трехмерного моделирования с многоэтажной городской застройки и промышленных объектов с использованием спутниковых снимков сверхвысокого пространственного разрешения.

2. Выполнить экспериментальное тестирование предложенной методики с использованием программ Google Earth и SketchUp.

3. Оценить возможность использования результатов трехмерного моделирования многоэтажных зданий для изготовления трехмерных карт.

Основная часть. Спутниковые снимки, используемые в предлагаемой методике, должны содержать изображения двух зданий, одно из которых используется в качестве 3D эталона (известна его высота). В исследовании таким зданием является главный корпус Днепровского национального университета (ДНУ), который имеет 13 этажей (рис. 1). Второе здание с неизвестной высотой выбирается произвольно.



а *б*

Рис. 1. Главный корпус ДНУ: *а* — исходный спутниковый снимок в программе Google Earth; *б* — 3D вид в программе Google Earth

Таким образом, в качестве исходных данных использована известная высота первого здания. Кроме того, для работы применены космические фотоснимки для этих обоих зданий в одно и то же время (т.е. для одного угла Солнца). Известна также высота первого здания в качестве 3D на карте. С помощью космических фотоснимков можно измерить длину тени этого здания в программе Google Earth (рис. 2). Учитывая, что первое здание имеет вертикальный фасад, будет получен прямоугольный треугольник, образованный фасадом здания и тенью здания на Земле, угол между которыми равен 90°. Поскольку известна длина двух сторон этого треугольника (т.е. его катетов), то согласно формуле тангенса можно найти острый угол *C* (рис. 3).

Рис. 2. Измерение длины тени главного корпуса ДНУ на снимке из Google Earth

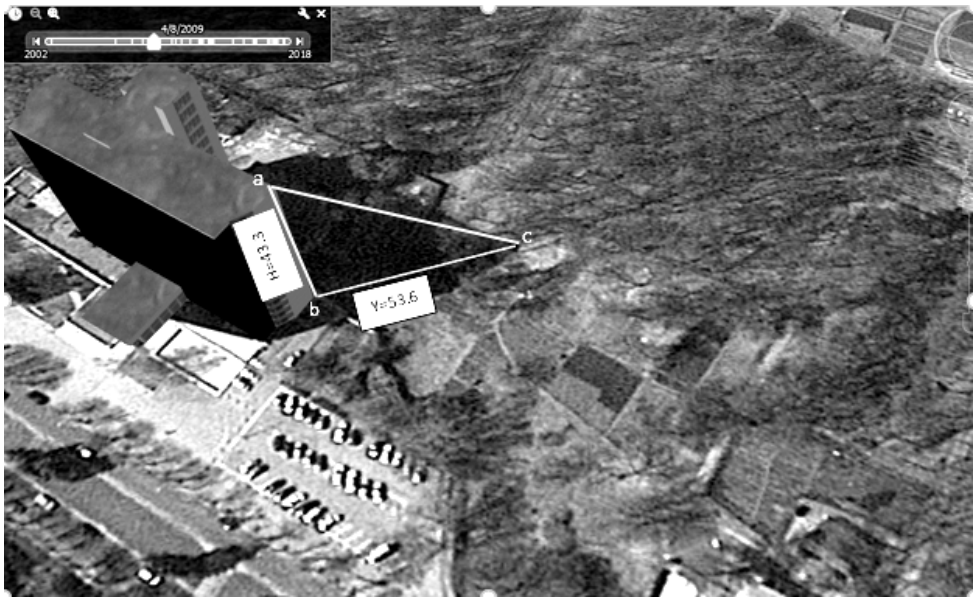


Рис. 3. Прямоугольный треугольник, образованный известными длиной тени и высотой здания (снимок из Google Earth)

Выполним несложные вычисления.

Дано: $h = 43{,}3$ м (высота корпуса ДНУ); $y = 53{,}6$ м (длина тени корпуса ДНУ) ; $\angle b = 90^\circ$.

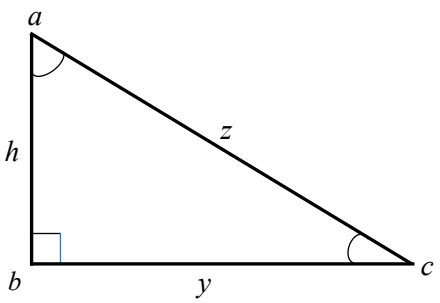
Найти: $\angle c = ?$

Решение:

$$\operatorname{tg} c = \frac{h}{y} = \frac{43{,}3}{53{,}6} = 0{,}807.$$

Из таблицы тангенсов находим:

$$\operatorname{arctg}(0{,}807) = 39^\circ.$$



Определение высоты другого здания на снимке по его тени и последующее построение 3D-модели. Неподалёку от здания ДНУ расположено двухэтажное здание компании DHL (рис. 4), которого нет на карте в качестве 3D, и не известны его высота и контуры. Это и будет второе здание, выбранное для исследования.

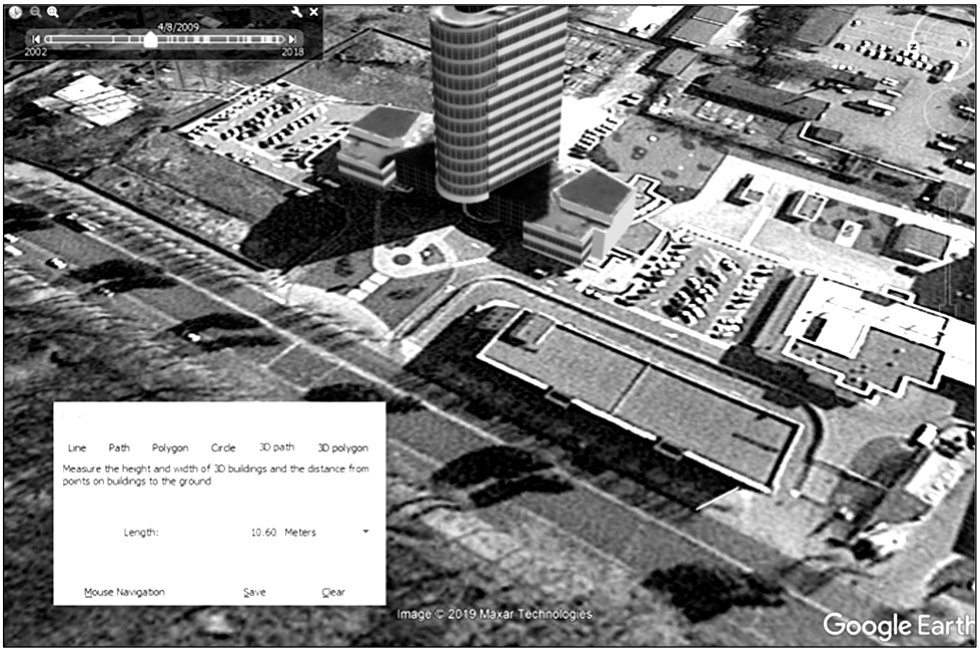


Рис. 4. Здание компании DHL (снимок из Google Earth)

Теперь по методике можно рассчитать высоту второго здания, поскольку известны длина тени этого здания и угол Солнца. Спутниковые снимки выполнены с одного угла, поэтому углы C и C_1 одинаковы для обоих треугольников. Согласно формуле тангенса, приведенной выше, мы можем рассчитать высоту второго здания. Поскольку известна высота второго здания, которого нет в виде 3D модели на карте (рис. 5), контуры здания в плане можно определить с помощью спутниковой съемки в надир (вид сверху) и создать 3D модель здания с помощью программы SketchUp [7].

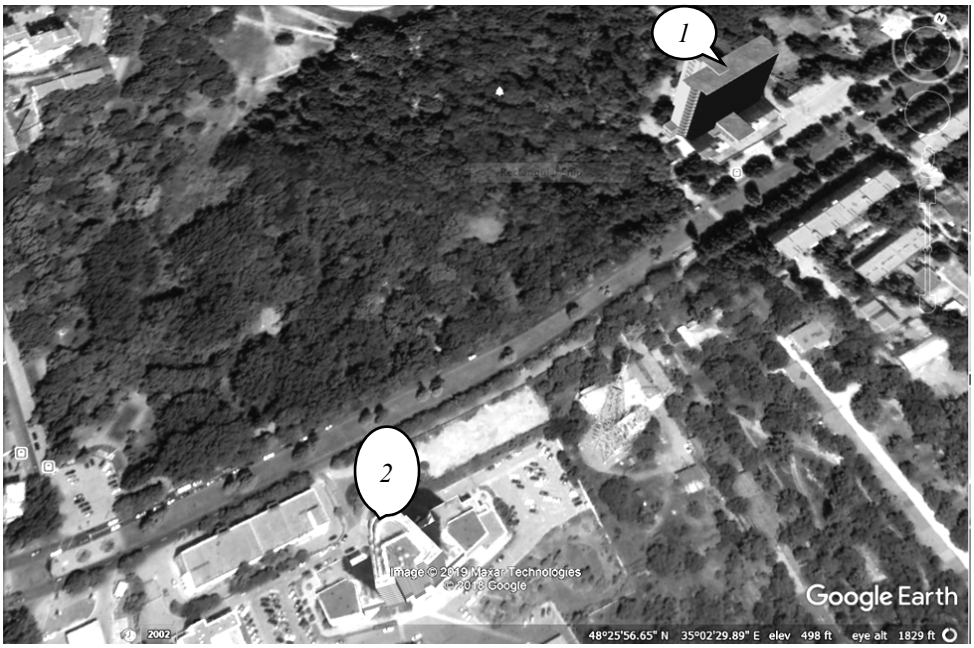


Рис 5. Снимок из Google Earth: *1* — здание главного корпуса ДНУ (есть в 3D и известна его высота); *2* — здание компании DHL (нет в 3D и не известна его высота)

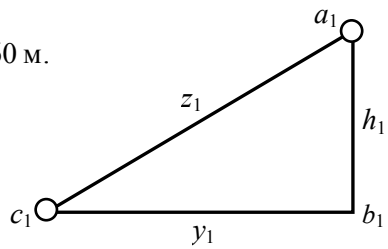
Выполним несложные вычисления:

Дано: $\angle b_1 = 90^\circ$; $\angle c_1 = 39^\circ$; $y_1 = 10{,}60$ м.

Найти: $h_1 = ?$

Решение: $\operatorname{tg} c_1 = \dfrac{h_1}{y_1} \Rightarrow h_1 = y_1 * \operatorname{tg} c_1 =$

$= 10{,}60 \cdot 0{,}807 = 8{,}55$ м.



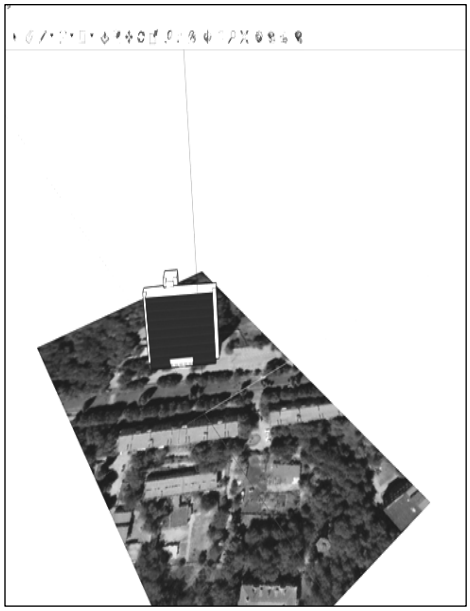


Рис 6. Результат исследования для здания главного корпуса ДНУ в качества 3D в программах SketchUp и Google Earth

Используя результаты расчета, можно нарисовать это здание в виде 3D-модели с помощью программы SketchUp (рис. 6, 7). Фото здания компании DHL в реальности показано на рис. 8.

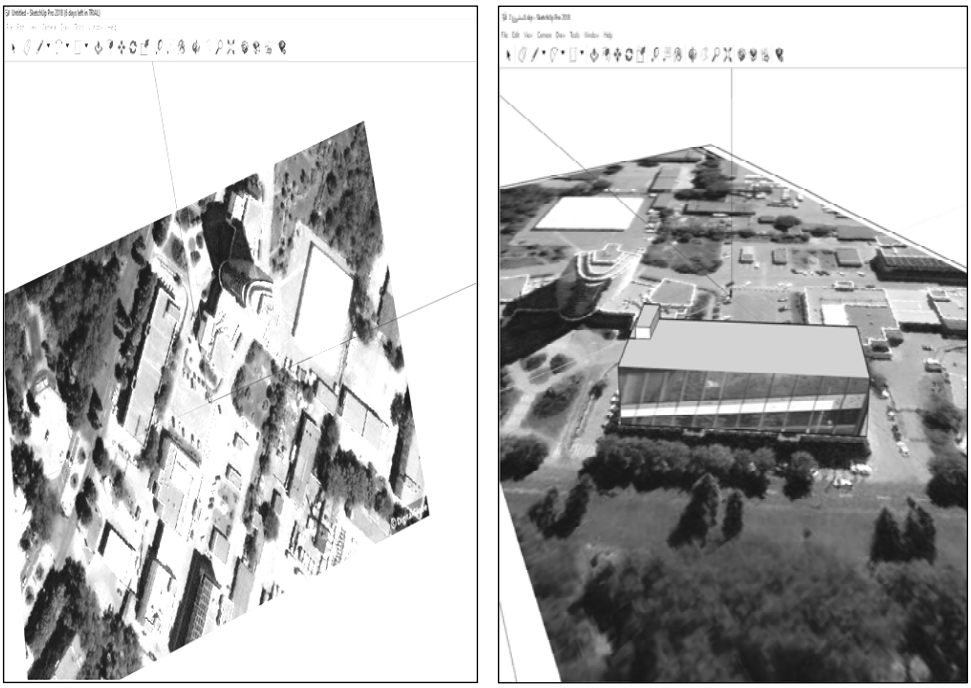


Рис. 7. Результат: 3D модель здания компании DHL, созданная в программе SketchUp

Рис. 8. Фото здания компании DHL в реальности (снимок из Google Maps)

Области практического применения. Предложенную методику можно использовать в различных областях:

1. Создание исторических трехмерных моделей местности по архивным спутниковым снимкам сверхвысокого пространственного разрешения.

2. Создание реалистичной трехмерной среды, которая полезна для предварительного планирования строительства дорожных, промышленных и архитектурных объектов, а также для туристов.

3. Исследование расширения городов и его влияния на загрязнение атмосферы городской среды, где многоэтажные здания препятствуют движению воздуха в этой среде.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основе проведенного теоретического исследования выполнено экспериментальное тестирование предложенной методики трехмерного моделирования с многоэтажной городской застройки и промышленных объектов с использованием спутниковых снимков сверхвысокого пространственного разрешения.

Разработанная методика имеет следующие преимущества:

1. Возможность изготовления цифровых карт и осуществление трехмерного моделирования зданий, пригодных для использования многими пользователями, не являющимися специалистами в области обработки спутниковых снимков и изготовления трехмерных карт.

2. Использование методологии позволяет снизить финансовые и временные затраты и не требует высокой квалификации пользователей.

3. Результаты, полученные в ходе исследования, подтвердили возможность использования предложенной методики для трехмерного моделирования многоэтажной городской застройки и промышленных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Omar al-Khalil.* 3D Modeling of Urban Areas by Close Range Photogrammetry Software & Geographic Information System (GIS) / Omar al-Khalil, Ahmad Ali // Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies. — Engineering Sciences Series. — 2014. — Vol. 36. — N 6. — P. 27–39.
2. *Сатыбалдина Л.С.* Современные методы и технологии аэрокосмических съемок и фотограмметрии и 3D-моделирования / Л.С. Сатыбалдина // Казахский агротехнический университет Астана. — 2012. — № 34. — С. 73–77.
3. *Гук А.П.* Некоторые проблемы построения реалистических измерительных 3D моделей по данным дистанционного зондировании. / А.П. Гук, М.М. Шляхова // Вестник-СГУГиТ. — Вып. 4 (32). — 2015. — С. 51–60.
4. *Hanan Darwishe.* Procedural 3D Modeling of Cities in Geographic Information Systems Environment Using ESRI Cityengine / Hanan Darwishe, Fadi Chaaban // Al-Baath University Engineering Journal. — 2017. — Vol. 39. — N 11. — P. 82–108.
5. *Fayez Deeb.* Documentation of Historic Monuments Using Multi-Images 3D Modelling / Fayez Deeb, Omar.al-Khalil // Damascus University Journal for Engineering Sciences. — 2012. — Vol. 28. — P. 357–366.
6. *Earth* Versions – Google Earth. — Available at: https://www.google.com/earth/ versions/ #earth-for-web.
7. *SketchUp*. — Available at: https://www.sketchup.com.

Поступила 13.01.2020