

УДК 550.361.2: 004:55  
AGRIS P31

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/102/17>

## СОВМЕСТНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ И НАЗЕМНЫХ СЪЕМОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ 3D МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ

©*Мамажакыпова Г. Т., ORCID: 0000-0001-5525-6837, SPIN-код: 4688-8307, Ошский технологический университет им. акад. М.М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан, [gulzara.mamazhakypova@mail.ru](mailto:gulzara.mamazhakypova@mail.ru)*

©*Байышбек кызы Г., Ошский технологический университет им. акад. М.М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан*

## JOINT PROCESSING OF AEROSPACE AND GROUND SURVEYING MATERIALS TO CREATE 3D TERRAIN MODELS

©*Mamazhakypova G., ORCID: 0000-0001-5525-6837, SPIN-code: 4688-8307, Osh Technological University named by M.M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, [gulzara.mamazhakypova@mail.ru](mailto:gulzara.mamazhakypova@mail.ru)*

©*Baiyshbek kyzy G., Osh Technological University named by M.M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan*

*Аннотация.* Методы создания трехмерных моделей местности на основе данных аэрокосмических и наземных съемок представляет собой важное направление в области геоинформационных технологий. Представлен подробный анализ процесса разработки и реализации автоматизированного подхода к созданию 3D-моделей местности с использованием программного обеспечения Agisoft Metashape и ArcGIS. Приведенный метод позволяет существенно сократить временные и человеческие ресурсы, необходимые для создания 3D-моделей, а также повысить точность и надежность получаемых результатов.

*Abstract.* Methods for creating three-dimensional terrain models based on aerospace and ground survey data is an important direction in the field of geographic information technologies. This article presents a detailed analysis of the process of developing and implementing an automated approach to creating 3D terrain models using Agisoft Metashape and ArcGIS software. The presented method can significantly reduce the time and human resources required to create 3D models, as well as increase the accuracy and reliability of the results obtained.

*Ключевые слова:* 3D моделирование, аэрофотосъемка, наземные съемка, анализ данных, геоинформационные технологии, программное обеспечение Agisoft Metashape и ArcGIS.

*Keywords:* 3D modeling, aerial photography, ground surveys, data analysis, geographic information technologies, Agisoft Metashape and ArcGIS software.

В настоящее время для представления пространственных объектов местности широко используются 3D-модели, позволяющие наблюдать псевдопространственное изображение на экране компьютера. 3D модель местности обладает гораздо большими возможностями, чем ее двухмерный аналог. Наглядно-образный тип мышления играет важную роль в механизмах восприятия окружающего мира и формировании представлений о нем. Поэтому трехмерные компьютерные модели представляют большой интерес для пользователей, и такое представление информации лучше, чем двухмерные или 2,5-мерные модели.

В работе М. М. Лазерко рассмотрено разработка методик совместной обработки материалов космической съемки высокого и сверхвысокого разрешения, аэросъемок и цифровых наземных съемок, а также технологических схем построения реалистичных 3D моделей [1].

Благодаря современным технологиям аэрофотосъемки, особенно использованию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), создание детальных 3D-моделей местности теперь является ключевым инструментом. Эти модели основаны на данных цифровой модели рельефа (ЦМР) и цифровой модели местности (ЦММ), полученных в результате аэрофотосъемки. Такой подход открывает новые перспективы для эффективного управления городскими ресурсами и стратегического планирования развития инфраструктуры, 3D моделирование широко используется в строительстве, технических сооружений (например, трубопроводов), в лесном и сельском хозяйстве и т. д.. В данной статье рассматривается процесс создания трехмерных моделей и анализируются преимущества, которые предоставляют такие 3D- модели. Несмотря на технический прогресс, эффективная обработка информации и переход к автоматизированным методам является проблемой, особенно при обработке больших объемов данных аэрофотосъемки с высокой точностью и эффективностью. Разработка эффективных методов сокращения времени и людских ресурсов для проведения исследований и интеграции результатов в системы управления является настоятельной необходимостью. Для создания с автоматизированным методом трехмерной модели местности использована программа Agisoft Metashape и геоинформационная система ArcGIS. Программное обеспечение Agisoft Metashape — это современная технология создания высококачественных трехмерных моделей на основе цифровых изображений аэрофотоснимков и наземных изображений [2].

ArcGIS — это полнофункциональная система, позволяющая собирать, организовывать, управлять, анализировать, обмениваться и распространять географическую информацию, где специализированными приложениями для трехмерного отображения данных ArcScene и ArcGlobe [3].

Автоматизированные методы обработки в среде имеют решающее значение для сокращения временных затрат и повышения точности. Оптимизация временных и человеческих ресурсов имеет важное значение, поскольку традиционные методы требуют значительного вмешательства человека и времени. Автоматизированные методы, такие как ПО Agisoft Metashape, модули 3D Analyst и Spatial Analysts в ArcGIS способные выполнять операции, снижают необходимость вмешательства человека и ускоряют создание 3D-моделей.

#### *Материалы и методы исследования*

Для решения поставленных задач использовались: картографический метод исследования, теория картографии, методы и теория моделирования рельефа, современное программное и аппаратное обеспечение, геоинформационное картографирование [1–3].

Наиболее эффективным методом получения информации для создания 3D-моделей являются данные, полученные в результате аэрофотосъемки, космической и наземной съемки, поскольку из этих данных можно извлечь как метрическую, так и текстурную информацию, необходимую для создания реалистичной модели. Исходными данными для создания 3D-моделей местности являются спутниковые снимки сверхвысокого пространственного разрешения Google Earth и наземные съемки с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА) DJI Matrice 300bRTK, предоставленных с командами МЧС КР, на участке Чакмак в Алайском районе Кыргызской Республике в 2023 году.

Проект Google Earth, пользующийся большой популярностью среди профессионалов и обычных пользователей Интернета, представляет собой пространственную модель Земли, созданную на основе спутниковых снимков высокого разрешения. DJI Matrice 300 RTK — это высокопроизводительный дрон с улучшенной системой передачи сигнала, с возможностью устанавливать разные виды полезной нагрузки одновременно. 3D-модели местности обусловлены их активным использованием в навигационных устройствах и геоинформационных системах. Кроме того, они используются для пространственного анализа в городском планировании и управлении развитием территорий, при проведении проектных работ в строительстве и на транспорте, расчете сетей телекоммуникаций и во многих других сферах.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

В ходе исследования было получено 106 снимков с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА), который предоставляет качественные пространственные данные с разрешением до 5 см/рх, что в несколько раз превышает возможности спутниковых снимков. В полете аппаратура управления летательным аппаратом фиксировал различные параметры, среди которых — координаты событий фотографирования, полученные GNSS-приемником на борту БПЛА и элементы внешнего и внутреннего ориентирования аэрофотоснимков (Рисунок 1).

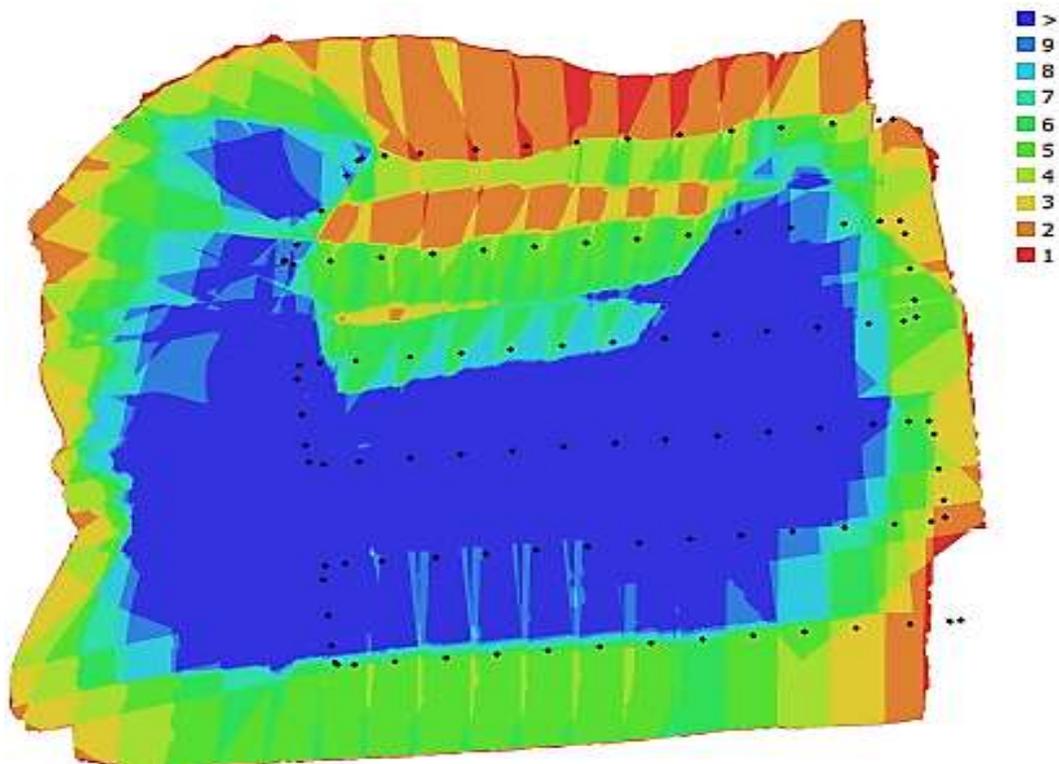


Рисунок 1. Положение центров фотографирования и перекрытие снимков

Далее в процессе преобразования снимков в ортофотопланы для всех отображаемых на них объектов вычисляются координаты. При помощи программы Metashape в два этапа построена текстурированная 3D модель объекта:

1. Первый этап называется выравниванием и представляет собой блочную фототриангуляцию методом независимой связки. На этом этапе Metashape находит общие

точки на изображениях и использует их для определения всех параметров камеры: положения, ориентации, внутренней геометрии (фокусное расстояние, параметры дисторсии и т. д.). Результатом являются редкие облака точек в пространстве 3D-модели, а также данные о положении и ориентации камеры.

2. На втором этапе Metashape создает поверхность: полигональную 3D-модель. Полигональную модель можно текстурировать, чтобы обеспечить фотореалистичное представление объекта, а затем экспортировать в различные форматы, совместимые с приложениями САПР и средами 3D-моделирования.

Все операции выполняются автоматически, в соответствии с заданными пользователем параметрами. Постобработка позволяет удалять тени и искажения текстур с поверхности моделей, рассчитывать индексы растительности, создавать файлы рецептов для сельскохозяйственных операций, автоматически классифицировать плотные облака точек и многое другое. Построение трехмерной модели может занять продолжительное время. Metashape позволяет сохранить результаты каждой стадии в файл-проект, в результате получается ортофотоплан местности.



Рисунок 2. ЦММ полученное с Agisoft Metashape

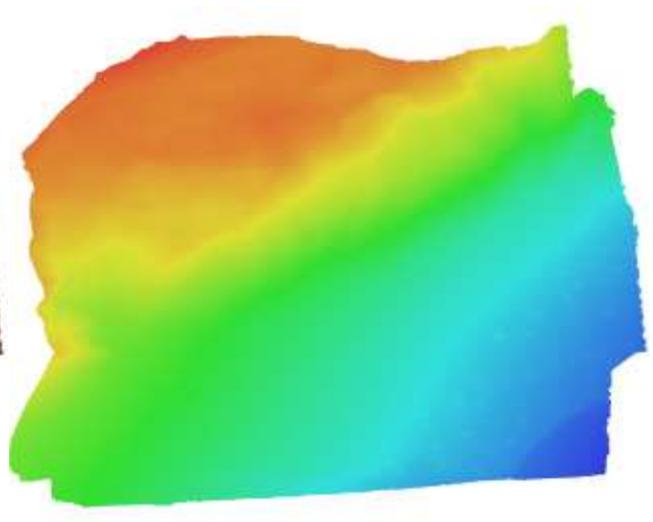


Рисунок 3. Рассчитанная цифровая модель местности

С помощью беспилотников можно получать точные фото- и видеоматериалы, которые после обработки в специальном программном обеспечении позволяют создавать цифровые и электронные карты и топографические планы местности, а также создавать подробные 3D-модели местности и объектов. Для доработки проектов понадобится программа с ручным моделированием. Для этих целей отлично подойдет программа ArgGIS, позволяющая не только создавать объекты вручную, но и выгружать их как из встроенной, так и из онлайн-библиотеки. Далее рассчитан уклон исследуемой территории с помощью инструмента Slope в Raster Surface программы ArcToolbox ArcGIS. С помощью инструмента Aspect можно построить экспозиция, кривизна поверхности, выполнена теневая отмывка рельефа. Средствами ArcGIS из растра высот извлечены горизонталы с сечением 100 м.

Этот метод требует много времени и человеческих ресурсов, особенно при работе на больших площадях. Решение этих проблем включает исследование и внедрение автоматизированных методов обработки данных, что станет ключевым аспектом оптимизации и ускорения процесса создания 3D-моделей местности в будущем.

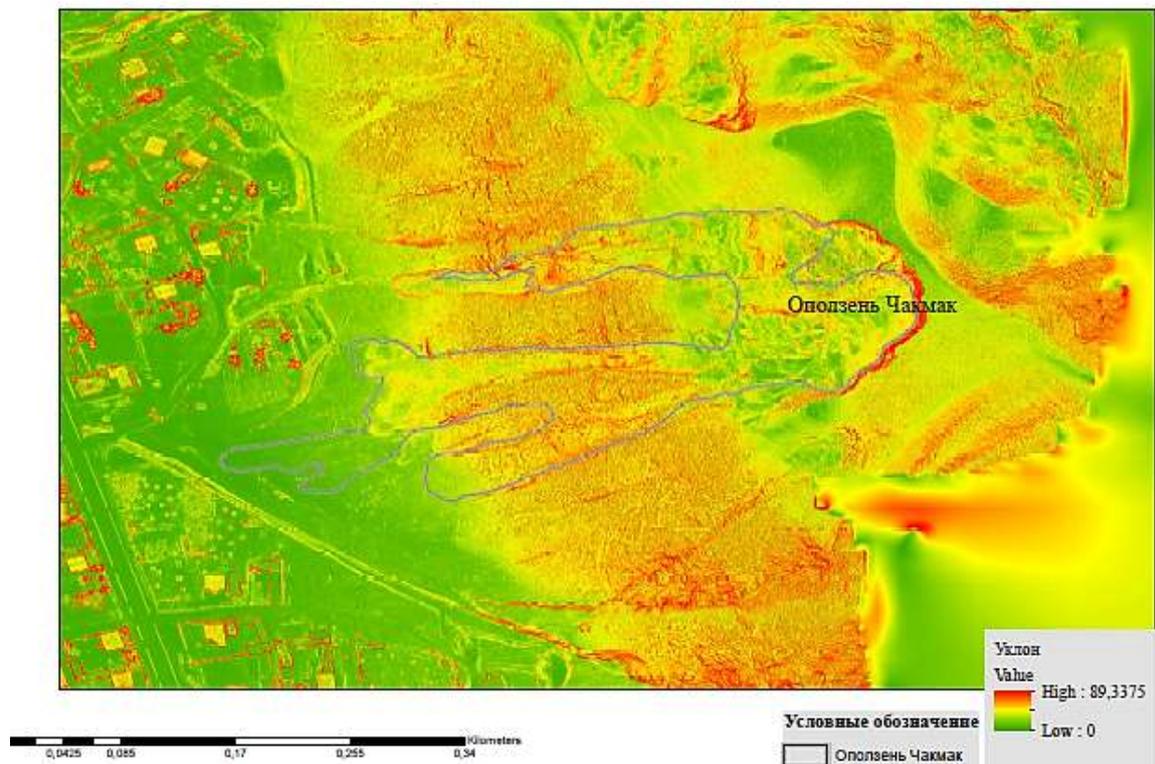


Рисунок 4. Рассчитан уклон исследуемой территории

### *Вывод*

В результате работы выполнен анализ современных методов и технологий сбора и обработки различных типов данных для построения 3D моделей; рассмотрены возможности использования для этих целей космических снимков, аэрофотоснимков и наземной съемки. Основным недостатком технологии построения является необходимость применения несколько разных комплексов программ. Поэтому в настоящее время назрела необходимость в разработке единого фотограмметрического программного пакета, который позволял бы выполнить все процессы построения 3D моделей по материалам космической съемки высокого и сверхвысокого разрешения, аэросъемок и цифровых наземных съемок. Однако важно отметить ограничения предлагаемых решений, такие как зависимость от входного качества и необходимость тщательной настройки параметров автоматизированных методов. Были выполнены следующие экспериментальные работы: построение реалистичной 3D модели местности по аэрофотоснимкам; построение реалистичной 3D модели наземным снимкам. Исходя из результата построения моделей, в программе Agisoft Metashap показывает значительно лучше качество построения 3D моделей.

### *Список литературы:*

1. Лазерко М. М. Совместная обработка материалов аэрокосмических и наземных съемок для создания 3D моделей городских территорий: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2010. 21 с.
2. Руководство пользователя Agisoft Metashape. Professional Edition, версия 1.8. 2022. 238 с.
3. Лунева О. В., Сайфутдинова Г. М., Чернова И. Ю., Чернова О. С. ArcGIS Pro: рабочие процессы и анализ. Казань, 2023. 166 с.

4. Winsemius S., Braaten J. Zonal Statistics // *Cloud-Based Remote Sensing with Google Earth Engine: Fundamentals and Applications*. Cham: Springer International Publishing, 2023. P. 463-485. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-26588-4\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-031-26588-4_24)

5. Чухраев И. В., Козеева О. О. Модели данных объектов наземного и подземного строительства многоуровневой геоинформационной системы города. 2022. <https://doi.org/10.15862/12NZOR222>

6. Павленко А. В. Формирование 3D-моделей местности по аэрокосмическим снимкам // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2006. Т. 3. №1. С. 114-116.

*References:*

1. Lazerko, M. M. (2010). *Sovmestnaya obrabotka materialov aerokosmicheskikh i nazemnykh s'emok dlya sozdaniya 3D modelei gorodskikh territorii: avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk*. Novosibirsk. (in Russian).

2. *Rukovodstvo pol'zovatelya Agisoft Metashape. Professional Edition, versiya 1.8.* (2022).

3. Luneva, O. V., Saifutdinova, G. M., Chernova, I. Yu., & Chernova, O. S. (2023). 166 *ArcGIS Pro: rabochie protsessy i analiz. Kazan'*. (in Russian).

4. Winsemius, S., & Braaten, J. (2023). Zonal Statistics. In *Cloud-Based Remote Sensing with Google Earth Engine: Fundamentals and Applications* (pp. 463-485). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-26588-4\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-031-26588-4_24)

5. Chukhraev, I. V., & Kozeeva, O. O. (2022). *Modeli dannykh ob'ektov nazemnogo i podzemnogo stroitel'stva mnogourovnevoi geoinformatsionnoi sistemy goroda.* (in Russian). <https://doi.org/10.15862/12NZOR222>

6. Pavlenko, A. V. (2006). *Formirovanie 3D-modelei mestnosti po aerokosmicheskim snimkam. Interekspos Geo-Sibir'*, 3(1), 114-116. (in Russian).

*Работа поступила  
в редакцию 15.04.2024 г.*

*Принята к публикации  
22.04.2024 г.*

*Ссылка для цитирования:*

Мамажакыпова Г. Т., Байышбек кызы Г. Совместная обработка материалов аэрокосмических и наземных съемок для создания 3D моделей местности // *Бюллетень науки и практики*. 2024. Т. 10. №5. С. 134-139. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/102/17>

*Cite as (APA):*

Mamazhakypova, G., & Baiyshbek kyzy, G. (2024). Joint Processing of Aerospace and Ground Surveying Materials to Create 3D Terrain Models. *Bulletin of Science and Practice*, 10(5), 134-139. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/102/17>