

УДК: 62.01.00:004:526

## ТЕХНОЛОГИИ ОБНОВЛЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ ПО МАТЕРИАЛАМ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Сыдыгалиев Арзымат Замирбекович (0009-0005-9652-4937),  
Шаршеев Эрмек Сабырович (0000-0001-6749-8470)

*Кыргызский национальный аграрный университет им К.И.Скрябина, г. Бишкек, Кыргызстан*

**Аннотация:** в данной научной статье рассматриваются современные технологии обновления топографических карт на основе данных спутниковых наблюдений. Описаны методы получения и обработки спутниковых снимков, их интеграция с геоинформационными системами (ГИС), а также алгоритмы автоматической и полуавтоматической обработки изображений для выявления изменений местности. Анализируется точность и актуальность обновлений, проведенных с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Особое внимание уделено преимуществам использования спутниковых технологий для обновления карт по сравнению с традиционными методами наземных измерений, а также вопросам их оперативности и снижения затрат. Приведены примеры успешного применения спутниковых данных для обновления карт в различных географических и климатических условиях.

**Ключевые слова:** топография, план, карта, спутник, измерения, ортофотоплан, аэрофотосъемка, цифровые модели, цифровые карты, НИПД.

## СПУТНИКТИК БАЙКООЛОРДУН НЕГИЗИНДЕ ТОПОГРАФИЯЛЫК КАРТАЛАРДЫ ЖАҢЫРТУУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

Сыдыгалиев Арзымат Замирбекович (0009-0005-9652-4937),  
Шаршеев Эрмек Сабырович (0000-0001-6749-8470)

*К. И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети, Бишкек, Кыргызстан*

**Аннотация:** бул илимий макалада спутник байкоолорунун негизинде топографиялык карталарды жаңыртуунун заманбап технологиялары каралат. Спутниктен алынган сүрөттөрдү алуу жана иштетүү ыкмалары, аларды геомаалыматтык системаларга (ГИС) интеграциялоо, ошондой эле жер бетиндеги өзгөрүүлөрдү аныктоо үчүн автоматташтырылган жана жарым автоматташтырылган сүрөттөрдү иштетүү алгоритмдери сүрөттөлгөн. Жерди алыстан зонддоо (ДЗЗ) маалыматтарын колдонуу менен жүргүзүлгөн жаңыртуулардын тактыгы жана актуалдуулугу талданат. Спутник технологияларын карталарды жаңыртууда салттуу жер өлчөө ыкмалары менен салыштырганда алардын оперативдүүлүгү жана чыгымдарды азайтуу сыяктуу артыкчылыктарына өзгөчө көңүл бурулат. Ар кандай географиялык жана климаттык шарттарда карталарды жаңыртууда спутниктик маалыматтарды ийгиликтүү колдонуу мисалдары келтирилген.

*Өзөктүү сөздөр: топография, план, карта, спутниктик, өлчөөлөр, ортофотоплан, аэрофотосүрөт, санарип модельдер, санариптик карталар, NSDI.*

## TECHNOLOGIES FOR UPDATING TOPOGRAPHIC MAPS BASED ON SATELLITE OBSERVATIONS

**Sydygaliev Arzymat Zamirbekovich (0009-0005-9652-4937),  
Sharsheev Ermek Sabyrovich (0000-0001-6749-8470)**

*Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin, Bishkek, Kyrgyzstan*

***Annotation:** this scientific article discusses modern technologies for updating topographic maps based on satellite observations. The methods of obtaining and processing satellite images, their integration with geographic information systems (GIS), as well as algorithms for automatic and semi-automatic image processing to identify changes in terrain are described. The accuracy and relevance of updates carried out using remote sensing data are analyzed. Special attention is paid to the advantages of using satellite technologies for updating maps compared to traditional methods of ground-based measurements, as well as issues of their efficiency and cost reduction. Examples of successful application of satellite data for updating maps in various geographical and climatic conditions are given.*

***Keyword:** Topography, plan, map, satellite, measurements, orthophotomap, aerial photography, digital models, digital maps, NSDI.*

### 1. Введение

Обновление топографических карт — это комплекс процессов по обновлению и дополнению топографических карт и планов новыми геопротсрантсвенными данными в целях актуализации на современном этапе развития. Процесс обновления осуществляется в соответствии с картографическими требованиями (Фотограмметрия).

Кыргызская Республика обладает огромным гидроэнергетическим потенциалом в связи с горным рельефом, водные ресурсы формируются в собственной территории, насчитывается более 25 тыс. рек и речушек с различной протяженностью.

Любой вид строительства, добыча полезных ископаемых, освоение земельных участков, проектирование гидроэнергетических станций, рациональное использование водных ресурсов, развитие инфраструктуры требует в первую очередь геодезические

изыскания, посредством которого создаются топографические планы, карты местностей (В.В. Авакян. 2016).

Топография местности отображается топографическим планом, которая является основным первоначальным документом при проектной деятельности целевых сооружений - это автомобильные, железные, гидромелиоративные, газопроводные, электропроводные сооружения и другие сооружения.

Известно, что топографические карты всего масштабного ряда обеспечивают общегеографическое, тематическое и комплексное картографирование. Спрос на карты постоянно растет. Возникает необходимость в оперативной информации, обеспечивающей решение проблем управления территорией, проведения земельной реформы, проблем экологической безопасности и многих других. В тоже время начало съемок и составления карт положено очень давно. Поэтому актуальная и емкая проблема сегодняшнего дня — обновление

созданного фонда топографических карт. Удовлетворение потребностей в современной топографической карте решается в условиях современной компьютеризации картографии созданием цифровых и электронных карт, областных и региональных банков картографических данных. Приобретает первостепенное значение проблема оперативного обновления топографических карт на базе современной техники и космических съемок.

На сегодняшний день инфраструктура города Бишкек развивается очень стремительными темпами, строятся дома, проводятся реконструкция дорог и мостов, разрабатываются земельные и городские кадастры, и все они требуют быструю и эффективную геодезическую работу. Современные технологии и методы дают возможность определить местоположение объектов с высокой точностью по сравнению со старыми методами и технологиями. (Н.В. Брын, Е.С. Богомолова. 2015 год.).

## **2. Материалы и методы исследования**

Цель научного исследования – изучение и оценка методов обновления топографических карт и планов на базе спутниковых технологий, основанный на методе дистанционного зондирования.

Методы исследований - инструментальный, на базе программного обеспечения MicroStation v.8i американской компании Bentley Systems.

Материалы: Аэрофотоснимки г. Бишкек с точностью - 10 см. с общей площадью 23 тыс. квадратных километров, на территории Чуйской, Иссык-Кульской, Джалал-Абадской и Ошской областей с точностью – 20 см.

Для фотограмметрической съёмки территории города Бишкек и всех прилегающих территорий самолет вылетел с Международного аэропорта Манас и отснял одинаковые участки земной поверхности на высоте около 3 тысячи метров.

По созданию картографической основы и систему геодезического обеспечения в рамках реализации Кыргызско-Норвежского проекта «Карты и статистика для целей устойчивого развития» в 2019 году была выполнена аэрофотосъемка с разрешением 20 см. на отдельных территориях Чуйской, Иссык-Кульской, Джалал-Абадской и Ошской областей, а также 10 см. на город Бишкек общей площадью 23 тыс. квадратных километров румынским пилотируемым самолетом фирмы «Примул-Меридиан» Rockwell 690A Commander с регистрационным номером YR-XXC(Румыния).

Планово-высотные опознавательные знаки были расположены рядами поперек маршрутов аэрофотосъемки и закреплены временными центрами. Координаты опознаков определены путем спутниковых измерений с использованием ГНСС приёмников «TrimbleGPS 17» с антеннами типа 980. Измерения выполнены в режиме «Real Time Kinematic» (RTK) и частично в режиме «Статика».

Спутниковое позиционирование реализовано с применением сетевого RTK сервиса, поддерживаемого сетью постоянно действующих ГНСС референц станций (CORS) в стране. При статическом режиме спутниковых измерений антенны приемника над точкой устанавливались на штатив, центрирование выполнялось с помощью триггера с оптическим центриром с ошибкой не более  $\pm 1$  мм.

Камеральная обработка измерений выполнена непосредственно на объекте с использованием программного обеспечения «Trimble Business Centere». При создании проекта использовалась Национальная зональная система координат Кыргыз-06. Система координат Кыргыз-06 основана на Международной наземной опорной сети ITRF-2005 и распространяется через каркасные сети нулевого и первого порядка с более чем 70 точками на основе плановых, планово-высотных и высотных ГГС.

Создание ортофотопланов выполнено цифровой фотограмметрической

станцией комплекса программ «Ultra Map» с размером выходного пикселя – 10 см. Ортофотопланы изготовлены в Национальной системе координат Kyrg-06. В процессе минификаций создана пирамида уменьшенных изображений на каждый аэрофотоснимок, что в свою очередь позволяет увеличить или уменьшить общий вид изображения в пределах исходного изображения.

Был получен огромный массив данных в виде цифровых аэрофотоснимков. Для обработки данных была применено

программное обеспечение «Summit Evolution», которая представляет собой цифровой стереоплоттер для векторизации объектов местности по стереопарам аэрофотоснимков в среде MicroStation v.8i.

### 3. Результаты исследования

В результате получены цифровые аэрофотоснимки в Tiff формате. Далее после фотограмметрической обработки были получены ортофотопланы (см. Рисунок №1) с разрешением 10 и 20 см. в государственной системе координат Kyrg-06.



Разрешение – 10 см.



Разрешение – 20 см.

Рисунок №1. Фрагмент ортофотоплана с разрешением 10 и 20 см. (размер пикселя).

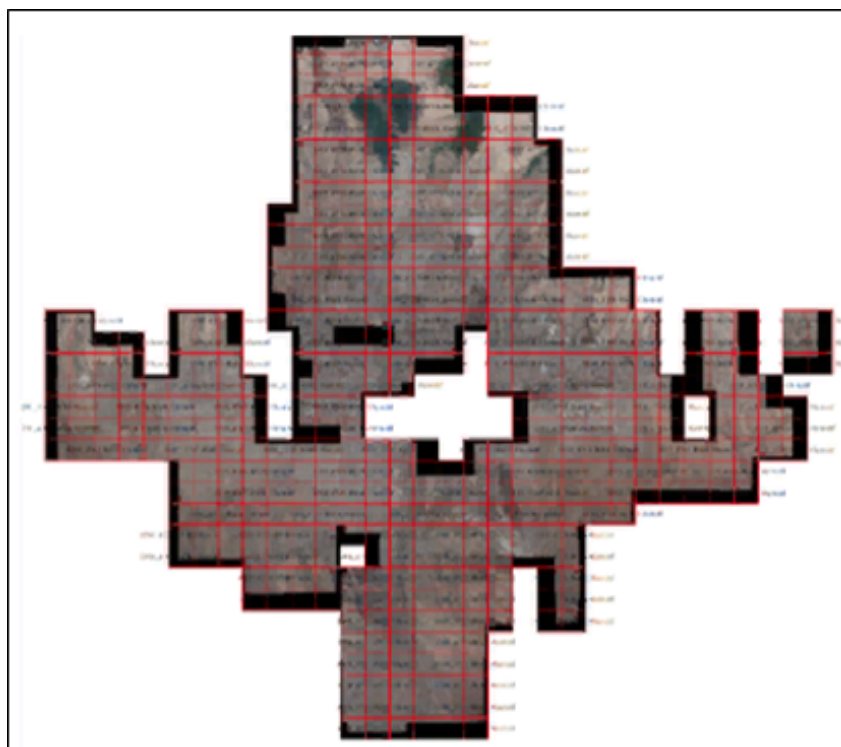


Рисунок № 2. Ортофотоплан города Бишкек



Рисунок № 3. Цифровая модель города Бишкек

Ортофотопланы с разрешениями 10-20 см. являются основами при создании и обновлении цифровых топографических карт (ЦТК) и цифровых топографических планов (ЦТП) с высокой эффективностью, что делает аэрофотосъемку одним из наиболее быстро развивающихся современных методов картографирования территории.

Ортофотоснимки были проверены на наличие ошибок и выполнены соответствующие исправления. Для каждого района исследований были построены ортофотопланы соответствующей точностью. Оценка качества, созданного ортофото выполнена визуально по линиям сшивки аэрофотоснимков (контроль совмещения контуров) и наложением планово-высотных опознаков по координатам на ортофотопланах.

Цифровая модель и ортофотоплан г. Бишкек (см. Рисунок №2 и №3) и его окрестности были созданы и используются по назначению при создании материалов НИПД. Ортофотоплан города с учетом подобранных параметров выполнен по отдельным трапециям с точностью 10 см.

Использование пилотируемого самолета для выполнения цифровой аэрофотосъемки значительной территории г. Бишкек. Новый подход по обработке цифровых аэрофотоснимков было внедрено в Госкартографии КР и проведено обучение сотрудников госструктур по использованию современных фотограмметрических технологий и программ. По завершению обучения были созданы ортофотопланы и

цифровые модели местности исследуемых территорий. Была проведена оценка качества проделанных работ по созданию облаков точек на основе аэрофотоснимков. Были выявлены и исправлены неточности съемки и наземной привязки снимков. Полученные картографические материалы были загружены на сервер Геопортала ([www.kyrgyzmap.kg](http://www.kyrgyzmap.kg)), так как эти данные является важным элементом создаваемой Национальной инфраструктуры пространственных данных (НИПД).

#### 4. Дискуссия

Для сравнения результатов исследования была изучена диссертация кандидата технических наук Вахтанова Андрея Сергеевича на тему «Исследование компьютерных технологий обновления топографических карт по материалам космической съемки:

Масштабы 1:25 000 - 1:200 000» (А.С. Вахтанов. МД, 2003).

Были выделены следующие моменты в сравнении:

##### 1. Тип данных

Космическая съемка: В первой теме акцент делается на использовании изображений, полученных с космических спутников, что предполагает работу с данными дистанционного зондирования (изображения поверхности Земли с высоким разрешением). Эти данные используются для визуальной интерпретации объектов, их автоматической классификации и обновления картографических данных.

Спутниковые измерения: Вторая тема

акцентирует внимание на использовании спутниковых измерений, что подразумевает работу с геодезическими данными, полученными с помощью спутниковых систем навигации (например, GPS, ГЛОНАСС). Эти данные предоставляют точные координаты и высоты точек, что важно для геопривязки объектов на картах и создания точных моделей местности.

#### 2. Технологии обработки данных

Космическая съемка: Основное внимание уделяется обработке изображений (фотограмметрии, ортофотопланов), автоматической векторизации объектов, классификации по типам поверхности, анализу текстур и цветов для интерпретации географических объектов.

Спутниковые измерения: Здесь важна работа с координатами точек, математическими моделями для расчета точных положений объектов, обработкой сигналов GNSS (глобальные навигационные спутниковые системы), что включает такие методы, как триангуляция, коррекция ошибок сигналов и применение сетей базовых станций для повышения точности измерений.

#### 3. Применение и задачи

Космическая съемка: Основное применение – обновление картографических данных на основе визуальных изменений ландшафта: строительство, изменения природных объектов, урбанизация и другие. Эти данные важны для создания карт, которые визуально отображают элементы рельефа и ландшафта.

Спутниковые измерения: Используются для более точной геодезической работы – это может быть создание точных координатных сеток, работа с высотами, определение границ и расчет положения объектов с высокой точностью, что важно в инженерной геодезии и кадастре.

#### 4. Масштабы

Космическая съемка: Чаще всего используется для масштабов 1:25 000 – 1:200 000, что соответствует уровню региональных и местных карт с

детализацией, позволяющей отображать рельеф, здания, дороги, водные объекты.

Спутниковые измерения: Обычно применяются для более точной работы с крупномасштабными картами (например, 1:5 000 и крупнее), требующими высокой точности при нанесении конкретных объектов, таких как здания, инженерные сети, границы участков.

#### 5. Инструменты и методики

Космическая съемка: Включает использование систем обработки изображений, фотограмметрии, нейросетевых алгоритмов для распознавания объектов и анализа данных с многоспектральных и гиперспектральных камер.

Спутниковые измерения: Включает использование методов геодезической обработки данных, таких как дифференциальные GNSS-измерения, постобработка сигналов и коррекция данных для повышения точности.

#### 6. Особенности и ограничения

Космическая съемка: Ограничена разрешением изображений и возможностью распознавания мелких объектов, особенно в условиях облачности или тумана.

Спутниковые измерения: Ограничены точностью в сложных условиях, таких как плотная застройка или горные районы, где сигнал спутников может быть искажен или заблокирован. (Бабашкин Н.М., Кадничанский С.А., Фальков Э.Я. 2014).

В общем, первая тема (космическая съемка) больше сосредоточена на автоматизации и визуализации картографических данных с помощью снимков, тогда как вторая (спутниковые измерения) ориентирована на высокоточную геодезию и точное определение координатных характеристик объектов.

Результаты исследования подтверждают высокую эффективность использования спутниковых технологий для обновления топографических карт. В сравнении с традиционными методами наземной съемки, спутниковые наблюдения

значительно сокращают время и затраты, обеспечивая при этом высокое разрешение и детализацию данных. Это особенно важно для задач городского планирования и управления инфраструктурой, где точность и актуальность данных играют ключевую роль.

Предыдущие исследования также демонстрируют, что спутниковая съемка позволяет оперативно обновлять картографические данные, что критически важно в условиях быстрого урбанистического развития и изменения природных ландшафтов. Однако, несмотря на очевидные преимущества, использование спутниковых технологий имеет и свои ограничения. Зависимость от погодных условий и необходимость в обработке больших объемов данных могут представлять технические сложности. Тем не менее, развитие технологий обработки данных, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, открывает новые перспективы для повышения точности и эффективности обновления карт.

Данные результаты подтверждают важность интеграции спутниковых данных в процессы создания и обновления топографических карт. Это не только повышает точность и оперативность картографической информации, но и способствует более эффективному управлению территорией, улучшая качество принятия решений в различных областях, от урбанистики до мониторинга природных ресурсов. Таким образом, использование спутниковых технологий для обновления топографических карт является перспективным направлением, требующим дальнейшего развития и внедрения передовых методов обработки данных для достижения максимальной эффективности.

## 5. Выводы

Проведенное исследование по обновлению топографической карты города Бишкек с использованием метода аэрофотосъемки показало высокую эффективность данного подхода для

обеспечения актуальности и точности картографических данных. На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Высокая точность и детализация: Аэрофотосъемка позволяет получить высокоточные и детализированные изображения, что обеспечивает создание точных топографических карт. Это особенно важно для городских условий, где необходимы детализированные данные о зданиях, дорогах, зелёных насаждениях и других объектах.

2. Сокращение временных и финансовых затрат: По сравнению с традиционными методами наземной съемки, аэрофотосъемка позволяет значительно сократить время, необходимое для обновления картографических данных, а также уменьшить финансовые затраты. Это делает процесс более экономически эффективным и оперативным.

3. Актуализация данных: Быстрая и регулярная аэрофотосъемка позволяет своевременно обновлять топографические карты, что особенно важно в условиях быстрого развития городской инфраструктуры. Это способствует улучшению городского планирования и управления.

4. Многообразие применения: Обновлённые топографические карты могут быть использованы в различных областях, включая градостроительство, экология, транспортное планирование, мониторинг природных ресурсов и управление чрезвычайными ситуациями. Это подчёркивает универсальность и важность аэрофотосъемки для комплексного развития города.

5. Перспективы развития: Внедрение передовых технологий аэрофотосъемки, таких как беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и спутниковая съемка, открывает новые перспективы для дальнейшего повышения точности и оперативности обновления топографических карт. Развитие методов обработки данных и создание

специализированного программного обеспечения также способствуют улучшению качества картографических продуктов.

Таким образом, метод аэрофотосъемки доказал свою значимость и эффективность для обновления топографической карты города Бишкек. Внедрение и развитие этого метода обеспечит создание более точных и актуальных карт, что в свою очередь будет способствовать улучшению городского управления и планирования.

#### 6. Использованная литература

1. **Ф о т о г р а м м е т р и я**. Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, <https://studfile.net/preview/9084976/page:60/>.

2. В.В. Авакян. Прикладная геодезия. Технология инженерно-

геодезических работ. Учебное пособие. Инфра-Инженерия, 2016.

3. Н.В. Брынь, Е.С. Богомолова. Инженерная геодезия и геоинформатика. Краткий курс. Учебник для ВУЗов. – Лань, 2015 год.

4. А.С. Вахтанов. МД, 2003. <https://www.dissercat.com/content/issledovanie-kompyuternykh-tehnologii-obnovleniya-topograficheskikh-kart-po-materialam-kosm>

5. Бабашкин Н.М., Кадничанский С.А., Фальков Э.Я. Сравнительный анализ эффективности аэрофототопографической съемки с использованием беспилотных и пилотируемых авиационных систем // V Междунар. науч.-практ. конф. «Геодезия, маркшейдерия, аэросъемка на рубеже веков» (13–14 февраля 2014 г.). – М., – 2014.