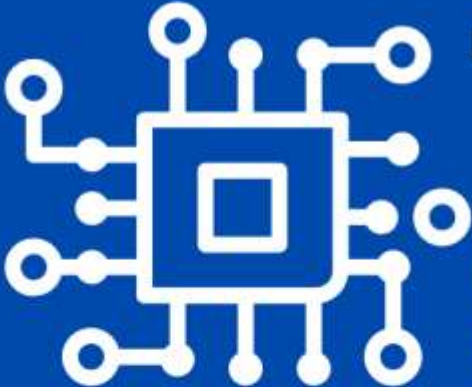




TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



№ 5 (3) 2025

TECHSCIENCE.UZ

№ 5 (3)-2025

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES
OF TECHNICAL SCIENCES**

TOSHKENT-2025

BOSH MUHARRIR:

KARIMOV ULUG'BEK ORIFOVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich - Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax politexnika universiteti

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Adizov Bobirjon Zamirovich– Texnika fanlari doktori, professor, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich - Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Maxmudov MUxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax politexnika universiteti;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax politexnika universiteti;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro muhandislik-texnologiya instituti.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda
130343-sonli guvohnoma bilan davlat
ro'yxatidan o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.
Elektron manzil:
scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huqular himoyalangan.

© Sciencesproblems team, 2025-yil

© Mualliflar jamoasi, 2025-yil

MUNDARIJA

Sobirov Sherzod

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ONCOLOGY: APPLICATIONS, CHALLENGES,
AND FUTURE DIRECTIONS5-10

Zaynalov Nodir, Maxmadiyov Faxriddin

MASHINAVIY O'QITISH YORDAMIDA VEB ILOVALARDA BOTLARNI F
OYDALANUVCHI XATTI-HARAKATLARIGA ASOSLANGAN HOLDA ANIQLASH..... 11-16

Raximov Baxtiyor, Otamuratov Hurmatbek, O'razmatov Tohir

TIBBIY TASVIRLARGA RAQAMLI ISHLOV BERISH MODEL VA ALGORITMLARI 17-24

Улжаев Эркин, Убайдуллаев Уткиржон, Хонтураев Сардорбек

ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ С ПОМОЩЬЮ ДРОНОВ..... 25-29

Azibaev Akhmadkhon

FORECASTING UZBEKISTAN'S GDP BY AUTOREGRESSIVE
INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA) MODEL 30-35

Quzratov Muxriddin

SIRT TO'LQINLARI VA ULARNING TARQALISHI 36-40

Rajabov Jaloliddin, Matlatipov San'atbek

IJTIMOIIY SHARHLARNING ASPEKT VA REYTINGLARINI O'RGATILGAN
GENERATIV MODELLAR ORQALI SENTIMENT TAHLIL QILISH VA ANIQLASH 41-50

Arabboev Mukhriddin

BRAIN TUMOR CLASSIFICATION USING TRANSFER
LEARNING WITH MOBILENETV2 51-63

Жуманазаров Акмал, Эгамбердиев Илхом, Саубов Маъруф

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ
ВНУТРИ КОРПУСА ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ 64-74

Salokhiddin Azimov, Toshqobilov Javohir

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF ADVANCED WELDING TECHNIQUES
FOR JOINING DISSIMILAR METALLIC MATERIALS..... 75-79

Salokhiddin Azimov, Toshqobilov Javohir

CALCULATIONS FOR HEAT EXCHANGER EXPANSION BELLOWS
MADE OF B443 (UNS N06625) MATERIAL 80-86

Munosibov Shokhruh, Usmankulov Orifjon, Ilkhamov Murod, Kholdaraliyev Dilshod

INVESTIGATION OF THE PURIFICATION PROCESS OF
PLATINUM POWDER FROM IMPURITIES 87-96

*Холикулов Дониёр, Рахманов Икболжон, Муносибов Шохруҳ, Илхамов Мурод,
Мирзараимов Зиёдулла*
ГРАВИТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ ОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ РУД
НА ВИНТОВОМ СЕПАРАТОРЕ 97-106

Raxmanov Farxad
KESKIN O'ZGARUVCHAN IQLIM XUDUDLARIDAGI YUQORI KUCHLANISHLI
HAVO LINIYALARINING MUZLASH JARAYONLARINI OLDINI OLISH USULLARI..... 107-112

Absattorov Diyorbek
KALIY XLORIDNING AMMONIY SULFAT ERITMASI BILAN
O'ZARO TA'SIRINI O'RGANISH..... 113-118

ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ С ПОМОЩЬЮ ДРОНОВ

Эркин Улжаев

Профессор,

Ташкентского государственного технического университета

Убайдуллаев Уткиржон Муродиллаевич

доцент,

Ташкентского государственного технического университета

Хонтураев Сардорбек Исроилович

Докторант,

Ташкентского государственного технического университета

Аннотация. Статья рассматривает современные методы определения координат с применением беспилотных летательных аппаратов. Анализируются технологии RTK, PPK, GNSS и SLAM, приводятся формулы расчёта координат и погрешностей. Рассматривается перспективность применения дронов в картографии, мониторинге и инженерных изысканиях.

Ключевые слова: дроны, GNSS, RTK, PPK, SLAM, координаты, картография, навигация.

TECHNOLOGIES FOR DETERMINING COORDINATES USING DRONES

Uljaev Erkin

Professor of the Tashkent State Technical University

Ubaydullaev Utkirjon Murodillaevich

Associate Professor of the Tashkent State Technical University

Khonturaev Sardorbek Isroilovich

Doctoral Candidate of the Tashkent State Technical University

Annotation. The article examines modern methods of determining coordinates using unmanned aerial vehicles. RTK, PPK, GNSS and SLAM technologies are analyzed, formulas for calculating coordinates and errors are given. The prospects for using drones in cartography, monitoring and engineering surveys are considered.

Keywords: drones, GNSS, RTK, PPK, SLAM, coordinates, cartography, navigation.

DOI: <https://doi.org/10.47390/ts-v3i5y2025N4>

Современное развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), широко известных как дроны, оказало значительное влияние на методы и технологии пространственного позиционирования. Благодаря интеграции систем глобального навигационного спутникового позиционирования (GNSS), инерциальных

навигационных систем (INS), а также технологий RTK (Real-Time Kinematic) и PPK (Post-Processed Kinematic), дроны стали мощными инструментами в задачах высокоточной геодезии и пространственного анализа [1]. Координатное позиционирование с использованием дронов основывается на сборе геодезических данных в полёте с последующей привязкой снимков к географической поверхности.

Одним из основных компонентов системы координатного обеспечения является GNSS-модуль, использующий сигналы от спутниковых группировок — GPS (США), ГЛОНАСС (Россия), Galileo (ЕС), BeiDou (Китай). Дрон, оснащённый двухчастотным GNSS-приёмником, способен определять координаты съёмки с точностью до 1 см при условии применения RTK или PPK [2]. В режиме RTK дрон получает поправочные данные от базовой станции или сетевой службы в режиме реального времени, благодаря чему координаты снимков уточняются непосредственно во время полёта.

RTK-навигация — это метод высокоточного определения положения объекта в реальном времени с помощью спутниковых систем навигации (GNSS). В отличие от обычного GNSS-позиционирования, RTK использует фазовые измерения несущей частоты спутникового сигнала и корректирующую информацию от наземной базовой станции [3]. Это позволяет достичь позиционирования с сантиметровой точностью — порядка 1–3 см по горизонтали и 2–5 см по вертикали [4].

Метод RTK основан на двухкомпонентной системе:

1. **Базовая станция** — приёмник, установленный в известной точке с точно определёнными координатами.
2. **Ровер (мобильная станция)** — приёмник, установленный на дрон или другое движущееся устройство.

Базовая станция получает спутниковые сигналы, сравнивает их с известными координатами и вычисляет поправки, которые затем передаются роверу по радиоканалу, GSM, LTE или интернет-соединению (NTRIP-протокол) [5]. Ровер применяет эти поправки к собственным данным и уточняет своё местоположение.

Основная задача RTK — разрешение неоднозначности NNN, что достигается за счёт дифференциального приёма и алгоритмов инициализации [5, 6].

Для работы RTK не всегда требуется собственная базовая станция. Во многих регионах действуют сети RTK-баз, объединённых в реальное время. Получение поправок возможно через интернет с помощью протокола NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) [6].

Поток RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) содержит данные дифференциальных поправок, включая: данные эфемерид, фазы несущих волн, поправки на ионосферные и тропосферные ошибки, данные об антеннах и времени [7].

Основное уравнение RTK-навигации может быть выражено как:

$$\Delta X = X_{\text{геф}} - X_{\text{д}} + \varepsilon$$

где ΔX — поправка координат, $X_{\text{геф}}$ — координаты базовой станции, $X_{\text{д}}$ — координаты дрона, ε — ошибка фазового измерения [8].

Таблица 1. Примеры применения RTK.

Область	Применение RTK
Геодезия	Топосъёмка, вынос точек

Область	Применение RTK
Строительство	Контроль высот, проектирование
Сельское хозяйство	Точное земледелие, навигация тракторов
Картография	Создание ортофотопланов и 3D-моделей
Инфраструктурный мониторинг	Контроль деформаций мостов, дамб

Таблица 2. Сравнение RTK и других методов:

Параметр	GNSS (обычн.)	RTK	РРК
Точность	1–5 м	1–3 см	2–5 см
Связь с базой	Не нужна	Обязательна	Не требуется
Постобработка	Нет	Нет	Да
Устойчивость	Средняя	Средняя	Высокая

Для уточнения положения изображения часто используется установка наземных контрольных точек (GCP — Ground Control Points), координаты которых определяются с помощью геодезического GNSS-приёмника и вводятся в программное обеспечение. Однако при использовании RTK или РРК необходимость в GCP может быть сведена к минимуму [8, 9]. При РРК координаты уточняются после завершения полёта путём сопоставления логов от дрона и базовой станции.

Для повышения точности геопривязки изображений, полученных с БПЛА, особенно при отсутствии высокоточного GNSS-приёмника на борту, широко применяются наземные контрольные точки. Эти точки представляют собой физически обозначенные ориентиры на земной поверхности, координаты которых определены с высокой точностью с помощью геодезического оборудования, например, RTK- или РРК-GNSS-систем [10].

При фотограмметрической обработке снимков GCP служат опорными координатами, позволяющими:

- выровнять изображения по истинным координатам;
- уменьшить ошибку трансформации и масштабирования;
- скорректировать пространственное положение цифровой модели местности (DSM) или ортофотоплана [11].

Для установки GCP используют жёсткие, заметные маркеры (например, пластиковые щиты с крестами или «мишенями» высокой контрастности), которые хорошо различимы на аэрофотоснимках. Их координаты измеряются до запуска дрона с помощью RTK-приёмника, обеспечивая точность в пределах $\pm 2-3$ см [11, 12].

Согласно практике, для площадей до 10 гектаров достаточно 4–5 GCP, равномерно распределённых по краям и в центре участка. Увеличение числа GCP может повысить точность, особенно в сложном рельефе.

Однако при использовании дронов с **интегрированными RTK-модулями**, необходимость в GCP может быть значительно снижена или полностью устранена. RTK-навигация позволяет получить координаты точки съёмки каждого изображения в

реальном времени с точностью до 2 см, при условии стабильной связи с базовой станцией или коррекционной сетью [12].

Одной из важных метрик является среднеквадратическая ошибка:

$$\sigma = \sqrt{\left[\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2\right]}$$

где x_i — измеренное значение координаты, $\bar{x}$ — среднее значение, n — число измерений.

Также важны технологии SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), позволяющие строить карту и определять положение дрона без GNSS. Это актуально в помещениях и городских каньонах.

SLAM — это технология одновременной локализации и построения карты, позволяющая автономному устройству, такому как дрон, одновременно строить карту неизвестного пространства и определять своё положение в нём. В отличие от GNSS-навигации, SLAM не требует внешних источников координат, что делает её незаменимой в закрытых или плохо обзораемых пространствах [13].

Принцип работы SLAM основан на анализе сенсорных данных — изображений, облаков точек (LIDAR), инерциальных данных (IMU) и иногда ультразвука или радаров. Дрон, двигаясь по пространству, «видит» окружающую среду, сопоставляет текущие сенсорные данные с предыдущими и таким образом строит карту и определяет своё положение.

Основные этапы работы SLAM:

1. **Сбор сенсорных данных** — с камер (визуальный SLAM) или лидаров (лидарный SLAM).
2. **Экстракция признаков** — выделение характерных точек (углы, края) на изображении или в облаке точек.
3. **Оценка перемещения** — вычисление изменения положения дрона между кадрами (по признакам).
4. **Оптимизация карты** — построение карты и корректировка ошибок на основе наблюдений (алгоритмы типа Graph SLAM, EKF SLAM).
5. **Замыкание цикла (loop closure)** — повторное посещение уже пройденных точек с последующим уточнением карты [12, 13].

Уравнения SLAM:

$$x_k = f(x_{k-1}, u_k) + w_k$$

$$z_k = h(x_k) + v_k$$

где x_k — положение дрона, u_k — управление, w_k и v_k — шумы. Использование машинного обучения и нейросетей усиливает точность геопривязки и автоматизацию построения 3D-моделей. Применения включают кадастр, мониторинг, строительство и ЧС.

Выводы. Технологии координатного обеспечения с использованием дронов развиваются быстрыми темпами. Интеграция RTK, PPK и SLAM обеспечивает высокую точность, универсальность и адаптивность в различных условиях. Применение дронов становится неотъемлемой частью современной геодезии и картографии. При использовании RTK-дронов рекомендуется выполнять быструю калибровку на старте и проверять уровень связи с базовой станцией — например, по числу наблюдаемых спутников и уровню сигнала.

Adabiyotlar/Литература/References:

1. Залесов, С.А. Основы спутниковой геодезии. — М.: Геодезия, 2021. — 224 с.
2. Иванов, В.П. Беспилотные технологии в кадастре. — Казань: Техносфера, 2020. — 178 с.
3. Nex, F., Remondino, F. UAV for 3D mapping applications: a review // Applied Geomatics. — 2014. — Т.6. — №1. — С. 1–15.
4. Кудрявцев В. А. Основы спутниковой геодезии. — М.: Недра, 2020. — 287 с.
5. Жарков А. И., Ильин М. В. Современные геодезические приборы и технологии. — СПб.: Политехника, 2021. — 256 с.
6. Соловьев В. В. GNSS и RTK: технологии и применение. — М.: ГеоИнфо, 2022. — 198 с.
7. Григорьев А. Н. Применение RTK и PPK в аэросъёмке. // Геодезия и картография. — 2021. — №6. — С. 22–29.
8. El-Rabbany A. Introduction to GPS: The Global Positioning System. — Boston: Artech House, 2002. — 210 p.
9. Grejner-Brzezinska D. A., Toth C. K. RTK Positioning for Real-Time Applications. // Journal of Geodesy. — 2020. — Vol. 94(5). — P. 47–61.
10. Zhang C., Kovacs J. M. The application of small UAVs for precision agriculture: a review. // Precision Agriculture. — 2012. — Vol. 13(6). — P. 693–712.
11. Takasu T., Yasuda A. Development of the low-cost RTK-GPS receiver with an open-source program package RTKLIB. // International Symposium on GPS/GNSS. — 2009.
12. RTCM Special Committee 104. RTCM Standard for Differential GNSS Services, Version 3.3. — RTCM Paper 177-2016-SC104, 2016.
13. OpenDroneMap Documentation. High-accuracy Mapping with RTK/PPK Drones. — Open-Source Drones Project, 2023.

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ 5 (3)-2025

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130345-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com