# МИНОБРНАУКИ РОССИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА) Кафедра МО ЭВМ

#### ОТЧЕТ

# по научно-исследовательской практике

Тема: Обзор статьи «Accuracy Assessment of a UAV Direct Georeferencing Method and Impact of the Configuration of Ground Control Points»

Студент гр. 0303	Архипов В.А.
Студент гр. 0303	Давыдов М.Д.
Студент гр. 0303	Парамонов В.В.
Руководитель	Иванов Д.В.

Санкт-Петербург

2023

# ЗАДАНИЕ

# НА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ПРАКТИКУ

Студент Архипов В.А.

Студент Давыдов М.Д.

Студент Парамонов В.В.

Группа 0303

Тема практики: Обзор статьи «Accuracy Assessment of a UAV Direct Georeferencing Method and Impact of the Configuration of Ground Control Points»

Задание на практику:

В рамкой данной практики необходимо выполнить подробный обзор статьи «Accuracy Assessment of a UAV Direct Georeferencing Method and Impact of the Configuration of Ground Control Points», результатом которого является отчет.

Сроки прохождения практики: 20.02.2023 – 24.04.2023

Дата сдачи отчета: 25.03.2023

Дата защиты отчета: 25.03.2023

Студент	Архипов В.А.
Студент	Давыдов М.Д.
Студент	Парамонов В.В.
Руководитель	Иванов Д.В.

#### **АННОТАЦИЯ**

Цель данной научно-исследовательской практики — получение навыков в анализе научной статьи и написание отчёта с обзором на неё.

Целью исследования, приведенного в статье «Оценка точности метода прямой географической привязки беспилотных летательных аппаратов и влияние конфигурации наземных контрольных точек», является изучение возможности использования прямой географической привязки без наземных контрольных точек и оценка эффективности комбинации обоих методов при различном количестве и конфигурации наземных контрольных точек.

#### **SUMMARY**

The purpose of this research internship is to gain skills in analyzing a scientific article and writing a report with a review on it.

The purpose of the research paper «Accuracy Assessment of a UAV Direct Georeferencing Method and Impact of the Configuration of Ground Control Points» is to study the possibility of using direct georeferencing without ground control points and to evaluate the effectiveness of the combination of both methods with different number and configuration of ground control points.

# СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	5
1.	Поставленная цель и задачи	6
2.	Тематика статьи	8
3.	Методы обоснования	9
4.	Характеристика экспериментальной части	10
4.1.	Методы проведения эксперимента	10
4.2.	Используемые данные и их характеристики	10
4.3.	Способы обработки измерений	10
4.4.	Правомерность выводов по итогам эксперимента	10
5.	Характеристика выводов	12
5.1.	Сравнительный анализ поставленных целей и достигнутых	12
	результатов	
5.2.	Степень раскрытия результатов	12
5.3	Направления дальнейших исследований	12
6.	Качество списка литературы в статье	13
7.	Качество иллюстративного материала	14
8.	Достигнутый результат	15
8.1.	Чем именно является результат	15
8.2.	Характер результата	15
8.3.	Характеристики результата	15
8.4.	Границы применимости результата и степень его	17
	универсальности	
8.5.	Технические ограничения полученного результата	17
8.6.	Недостатки полученного решения	18
8.7.	Вопросы касательно результата	18
	Заключение	19
	Список использованных источников	20

#### **ВВЕДЕНИЕ**

co стремительным развитием технологии беспилотных летательных аппаратов (далее БПЛА) возросла их роль в качестве платформы для аэрофотосъемки. БПЛА предоставляют такой же результат, что и методы спутниковой съёмки, при относительно низких затратах большой вариативности сбора и анализа данных. Устоявшийся метод использования БПЛА для географической привязки включает в себя установку наземных контрольных точек (далее НКТ) по всей исследуемой поверхности, что требует времени и человеческих усилий.

В данной статье произведена оценка точности метода прямой географической привязки при использовании различного количества НКТ в разных конфигурациях для ответа на вопрос: «Какое минимальное количество НКТ необходимо для сохранения точности географической привязки?».

#### 1. ПОСТАВЛЕННАЯ ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

Целью статьи является оценка минимального необходимого количества НКТ, которое обеспечивает относительно высокую точность географической привязки.

#### Задачи исследования:

- 1. Оценить разницу эффективности методов прямой географической привязки и привязки с использованием НКТ.
- 2. Изучить влияние на точность географической привязки количества НКТ.
- 3. Изучить влияние на точность географической привязки конфигурации НКТ на местности.

Каждый раздел статьи затрагивает все три обозначенные задачи исследования:

#### 1. Введение.

В данном разделе произведена постановка целей и задач исследования, а также описаны критерии оценивания точности географической привязки.

### 2. Материалы и методы.

В этом разделе описаны порядок проведения исследования и территория, на которой оно проводилось. Помимо этого, приведены различные конфигурации количества и расположения НКТ (задачи 2 и 3), формальное описание методов оценки точности полученных результатов (задача 1).

#### 3. Результаты.

В данном разделе приведены результаты статистической обработки данных, полученных в ходе проведения эксперимента. По каждой задаче построены необходимые графики точности в соответствующих подпунктах раздела.

#### 4. Обсуждение.

В этом разделе произведен дальнейший анализ статистических результатов из раздела 3, на основании которых авторы начинают формулировать выводы.

# 5. Выводы.

В данном разделе представлены конкретные выводы по поставленным в начале исследования задачам.

# 2. ТЕМАТИКА СТАТЬИ

Тема статьи – получение данных топографии высокого разрешения и точности. Эти данные широко применяются для картографирования местности, в археологии, мониторинге территорий, изучении окружающей среды и прочих науках, изучающих поверхность планеты.

# 3.МЕТОДЫ ОБОСНОВАНИЯ

В качестве методов обоснования достигнутых результатов были использованы:

- 1. Эксперимент в реальных условиях.
- 2. Сравнительный анализ полученных результатов.
- 3. Сравнение с эталоном.

# 4. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ

#### 4.1. Методы проведения эксперимента

В данной статье используется натурный метод проведения эксперимента, потому что сбор данных происходит в реальных условиях без использования симуляции и построения математической модели.

# 4.2. Используемые данные и их характеристики

В процессе эксперимента были использованы следующие данные:

- 1. RGB фотографии местности, сделанные БПЛА и сохраненные в формате JPG.
- 2. Цифровые параметры таких датчиков БПЛА, как GPS (Global Positioning System) и IMU (Inertial Measuring Unit Инерциальный измерительный блок). Датчик GPS предоставляет глобальные координаты БПЛА, в то время как IMU позволяет получить ориентацию БПЛА в пространстве.
- 3. Текстовая информация о положении НКТ в пространстве: глобальные координаты каждой точки и её уникальный идентификатор.

# 4.3. Способы обработки измерений

На основании полученных в результате эксперимента данных были построены цифровая модель поверхности (далее DSM – Digital Surface Model) и цифровая орто мозаика (далее DOM – Digital Orthomosaic). На основании этих моделей были произведены оценки точности географической привязки при различном количестве НКТ и их разной конфигурации. Конкретно были использованы среднеквадратичное отклонение по горизонтали и вертикали, а также модель сравнения облаков (далее M3C2 – Multiscale Model to Model Cloud Comparison).

# 4.4. Правомерность выводов по итогам эксперимента

Эксперимент проводился при солнечной погоде и слабом ветре, вследствие чего можно сделать вывод о том, что погрешность измерений,

вносимая внешней средой, была минимальной. Также в третьем разделе были приведены все необходимые графики и таблицы вычислений, что не оставляет сомнений в объективности проведенного эксперимента и полученных выводов.

# 5. ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫВОДОВ

# 5.1. Сравнительный анализ поставленных целей и достигнутых результатов

В разделе 5 «Выводы» авторы статьи приводят конкретные выводы, которые полностью соответствуют поставленным в начале статьи задачам и обозначенной цели.

#### 5.2. Степень раскрытия результатов

Рассмотрим по отдельности каждый пункт, представленный в разделе «Выводы»:

- 1. В первом выводе описывается достигнутая точность метода прямой географической привязки, что полностью соответствует задаче 1, поставленной авторами статьи в начале.
- 2. Во втором выводе для достижения компромисса между точностью и эффективностью авторы предлагают использовать 2-3 НКТ на километр исследуемой области, что отвечает на вопрос задачи 2.
- 3. В третьем пункте авторы приходят к выводу о том, что лучшим распределением НКТ по исследуемой местности является равномерное с одной НКТ, расположенной близко к центру. Задача 3 раскрыта.

# 5.3. Направления дальнейших исследований

В результате проведенного исследования авторы уверены в возможности дальнейшего развития технологии прямой географической привязки, в связи с этим ожидается появление новых статей, посвященных исследованию более совершенной версии данной технологии с использованием высококачественных оптических линз и многочастотного GPS.

# 6. КАЧЕСТВО СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ В СТАТЬЕ

Рассматриваемая статья ссылается на 45 источников, при этом медианное значение возраста использованных в работе статей составило 5 лет. Кроме того, средний индекс Хирша использованных научных журналов составил 71, однако больше всего авторы ссылаются на статьи, опубликованные в журнале Remote Sensing, индекс Хирша которого составляет 120.

# 7. КАЧЕСТВО ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА

В статье представлены несколько информативных схем (схема проведения эксперимента, схема расстановки контрольных точек, схема маршрута БПЛА, перекрытие аэрофотосъемки), фотографий исследуемой местности и процесса установки НКТ, графиков и таблиц с результатами и характеристиками БПЛА. Весь иллюстративный материал был достаточно информативным, уместно расположенным, и покрыл большую часть исследования.

# 8. ДОСТИГНУТЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

#### 8.1. Чем именно является результат

Результатом исследования является модификация метода географической привязки с использованием БПЛА, заключающаяся в использовании прямой географической привязки при слабых требованиях к точности и 2-3 равномерно распределенных НКТ на километр при сильных требованиях к точности, при этом одна из НКТ должна быть расположена близко к центру исследуемой местности.

#### 8.2. Характер результата

Результат является прикладным, так как может быть использован в практических ситуациях.

#### 8.3. Характеристики результата

Точность прямой географической привязки по вертикали и горизонтали соответственно составила 0.087 м и 0.041 м, при этом максимальная точность достигнутая путем применения НКТ составила 0.032 м и 0.015 м по вертикали и горизонтали соответственно.

В рисунке 5 статьи указана зависимость среднеквадратичной точности от плотности распределения НКТ (см. рис. 1). Очевидно, наибольший вклад в увеличение точности вносит добавление первых трех НКТ.

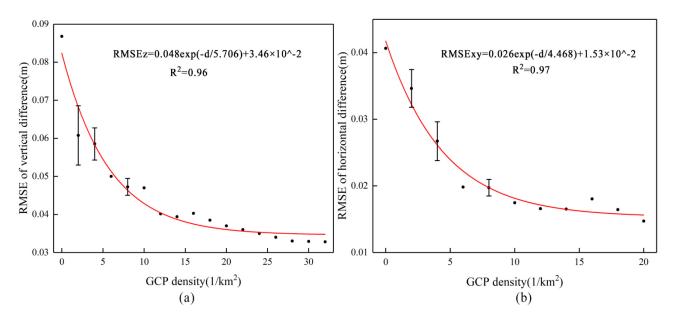


Рисунок 1 – Зависимость среднеквадратичной точности от плотности распределения НКТ [1]

Влияние конфигурации показано авторами на рисунке 10 статьи: при увеличении расстояния от географически определяемой точки до ближайшей НКТ, наблюдается экспоненциальный рост ошибки (см. рис. 2). Соответственно, необходимо распределять НКТ равномерно, чтобы у всех точек исследуемой поверхности было примерно одинаковое расстояние до ближайшей НКТ. Однако ближе к центру исследуемой области должна располагаться хотя бы 1 НКТ, что было доказано на рисунке 9 статьи (см. рис. 3).

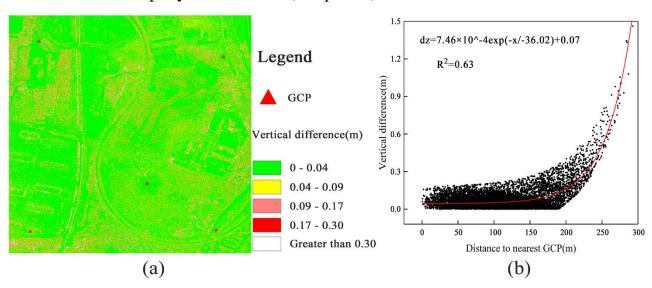
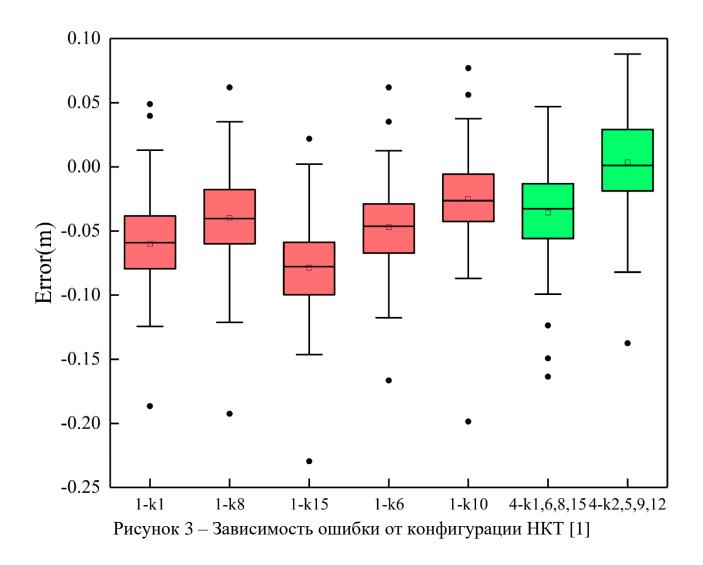


Рисунок 2 – Зависимость ошибки от расстояния до ближайшей НКТ [1]



# 8.4. Границы применимости результата и степень его универсальности

Результат можно применять для любой задачи, где необходима точная географическая привязка и доступно использование БПЛА. Результаты можно считать достаточно универсальными, потому что данный метод будет иметь описанную точность в нормальных, но не экстремальных условиях: местность без большого количества резких перепадов, хорошие погодные условия, имеющаяся возможность размещения НКТ.

# 8.5. Технические ограничения полученного результата

Полученный результат имеет такие же технические ограничения, как и проверяемые в исследовании методы (для прямой географической привязки – стабильное соединение со спутниковой системой и базовой станции для

кинематики в реальном времени; для метода с использованием НКТ – видимость НКТ с высоты съемки БПЛА).

### 8.6. Недостатки полученного решения

Решение не является абсолютно универсальным, при этом оно наследует все технические ограничения обоих методов.

#### 8.7. Вопросы касательно результата

При анализе стать возникли следующие вопросы:

- 1. Будет ли работать данный метод также эффективно на другой местности? (Например, горной или любой другой, имеющей много сильных перепадов высот)
- 2. Будет ли работать данный метод также эффективно при менее благоприятных погодных условиях?

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе научно-исследовательской практики были получены навыки исследования научных статей и произведен разбор статьи: «Accuracy Assessment of a UAV Direct Georeferencing Method and Impact of the Configuration of Ground Control Points».

В ходе анализа представленного исследования, можно сделать вывод, что авторам статьи удалось оценить минимальное необходимое количество НКТ, которое обеспечивает относительно высокую точность географической привязки. Также ими было показано, что метод прямой географической привязки применим в случае не высоких требований к точности.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Xiaoyu L., Xugang L., Wenfu Y., Fan W., Yu H., Yafei Z., "Accuracy Assessment of a UAV Direct Georeferencing Method and Impact of the Configuration of Ground Control Points", *Drones* **2022**, 6(2), 30.