

УДК 004.89

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЁМА РЕЗУЛЬТАТОВ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАДРОКОПТЕРА**

**Топольницкий А.А. (ИТМО),**

**Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Томашевич С.И.  
(ИТМО)**

**Введение.** Знание объема результатов деятельности угледобывающей промышленности, в частности куч угля, является критическим для управления процессами в угледобывающей промышленности, так как это напрямую связано с безопасностью, эффективностью добычи и оптимизацией логистики. Точные данные о размере кучи помогут в планировании и контроле производственных операций, что позволит избежать перегрузки оборудования и обеспечит более эффективное использование ресурсов. Среди используемых в настоящее время методов можно выделить расчёт объёма на основе спутниковых изображений, совместное использование спутниковой связи для определения положения квадрокоптера и человека, управляющего квадрокоптером, а также использование квадрокоптера с лидаром, управление которым происходит с пульта дистанционного управления человеком. Разработка системы получения данных для последующего расчёта объёма угля с помощью квадрокоптера без вмешательства человека является важной задачей, поскольку позволяет повысить безопасность данной процедуры, уменьшить количество человеческого капитала, необходимого для решения поставленной задачи, а также для оптимизации производственных процессов [1].

**Основная часть.** Существует целый ряд современных методов, позволяющих восстанавливать объём объектов. Одной из самых знаковых работ последних 5 лет можно назвать работу под коротким названием NeRF, рассматривающую способ получения трёхмерной модели объекта на основании координат камеры и её углового положения с помощью полносвязной нейросети [2]. Данный подход и его дальнейшие модификации последние годы показывают значимые результаты в сфере восстановления объёма.

Другим способом восстановления объёма является метод, предлагаемый во фреймворке PredRecon [3]. Его особенностью является использование модуля, позволяющего предсказывать грубую полную поверхность рассматриваемого объекта на основе текущей неполной реконструкции. Затем модуль картирования использует эти предсказания и текущее состояние реконструкции, чтобы передать эти данные в модуль планировщика пути, позволяющего получить оптимальную с точки зрения сбора данных траекторию. После сбора данных происходит офлайн реконструкция трёхмерной модели объекта.

Успех первой работы и подход, рассматриваемый во второй работе, позволяют рассмотреть задачу восстановления объёма куч угля, полученных в результате деятельности угледобывающей отрасли. Предлагается следующий алгоритм:

1. В качестве основного инструмента для измерения объема используется квадрокоптер квадрокоптер, который оснащён RGB-D камерой или лидаром;
2. Окружением для квадрокоптера выступает площадка, на которой располагается куча угля, причём цвет площадки должен отличаться от цвета исследуемого объекта, например, цвет площадки серого цвета;
3. В процессе полёта квадрокоптеру необходимо совершить облёт вокруг исследуемого объекта так, чтобы определить его границы. Определить границы между площадкой и кучей угля можно, например, с помощью алгоритма Хафа, позволяющего идентифицировать геометрические элементы изображения [4];
4. Исследовать ряд траекторий движения, позволяющих собрать данные о высоте кучи в соответствующих координатах, и провести сравнительный анализ траекторий, чтобы выбрать такую траекторию, которая позволяет наиболее полно покрыть исследуемый объект и

получить значения объём объекта;

5. Для сравнительного анализа траекторий необходимо провести сбор данных о значениях высоты кучи в соответствующих координатах и выполнить расчёт объёма кучи;

6. Провести сравнительный анализ с современными используемыми решениями и с известной величиной объёма для того, чтобы дать оценку точности работы алгоритма относительно современных аналогов, оценить его другие характеристики такие как затраченное время на получение объёма, вычислительные затраты.

Этап сравнения разных траекторий полёта, а также разных скоростей полёта является одним из ключевых в предлагаемом алгоритме. В зависимости от того, сколько времени квадрокоптер проводит над отдельным участком исследуемого объекта, сколько данных успевают собрать, пролетая на нем, может отличаться значение точности получаемых в итоге измерений. Поэтому крайне важно выбрать такие траектории и скорости, которые обеспечивают хороший результат по одному из заданных показателей, например, по времени миссии или по точности значения полученного объёма.

**Выводы.** Проведен анализ современных методов сбора данных об объекте для решения последующей задачи расчёта объёма объектов в целом и разработана система для измерения объёма результатов деятельности угледобывающей промышленности с использованием робототехнической системы.

#### **Список использованных источников:**

1. Alsayed Ahmad, Nabawy M. R.A. Stockpile Estimation in Open and Confident Environments: A Review // Drones. – 2023. – Т.7. – №537.

2. Ben Mildenhall, Pratul P. Srinivasan, Matthew Tancik, Jonathan T. Barron, Ravi Ramamoorthi, and Ren Ng. 2021. NeRF: representing scenes as neural radiance fields for view synthesis. Commun. ACM 65, 1 (January 2022), 99–106.

3. C. Feng, H. Li, F. Gao, B. Zhou and S. Shen, "PredRecon: A Prediction-boosted Planning Framework for Fast and High-quality Autonomous Aerial Reconstruction," 2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), London, United Kingdom, 2023, pp. 1207-1213.

4. Leavers V. F., «A dynamic combinatorial Hough transform for straight lines [Text],» / V. F. Leavers, D. Ben-tzvi, M. B. Sandler // Proc. of the 1989 Alvey vision conference, – 1989.