

# ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

**М.А. Романова**

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН*

Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

E-mail: maromanova@ipu.ru

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, мультиспектральная камера, мультиспектральные снимки, информационно-измерительная система, мобильная платформа.

**Аннотация:** В данной работе показана интеграция мультиспектральной камеры в информационно-измерительную мобильную платформу при решении задач экологического мониторинга. Проанализированы технологии обработки мультиспектральных снимков с учетом особенностей и проблем развития применяемых методов. Сделан акцент на приоритетное направление в подготовительном этапе обработки мультиспектральных снимков - это теоретические и прикладные исследования, ориентированные на повышение эффективности методов для решения определенных конечных задач. Предложена распределенная система, поддерживающая процесс обработки информации, распознавания объектов, хранения данных и принятия решений, с учетом разделения вычислительной мощности.

## 1. Введение

Одной из ключевых проблем урбанизации связана с повышением антропогенной нагрузки на окружающую среду. В связи с этим экологическому состоянию городской среды необходимо уделять больше внимания. Достоверная измерительная информация о состоянии экосистемы в условиях городской среды является одной из составляющих элементов управления и принятия решений. В последнее время для отслеживания экологического состояния экосистемы мегаполисов применяются наземные измерительные системы, а также информация, полученная от спутниковых гиперспектральных камер дистанционного зондирования. Однако данные способы получения информации об экологическом состоянии городской территории имеют больше ограничений, чем преимуществ. Измерительные системы не охватывают все пространство города и служат источником надежной информации по некоторым реперным точкам. Получение аналитических данных при обработке спутниковых изображений пока не обладают необходимым временным и пространственным разрешением. Извлекаемая измерительная информация данными подходами связана с высокими трудозатратами. Поэтому стоит актуальной задачей для контроля экологической обстановки городской экосистемы использовать автономные мобильные платформы экологического мониторинга. Благодаря мобильным платформам, получаемая измерительная информация может быть использована при построении

экологических карт, что в свою очередь способствует выявлению потенциальных зон загрязнения, а также приводит к снижению трудозатрат. Анализ методов и средств дистанционного мониторинга экосистемы с использованием мультиспектральной съемки [1-5] показывает, что для контроля экологической обстановки и оперативность реагирования на события необходимо применять автоматизированные мобильные платформы, обрабатывающие данные в реальном масштабе времени. Применение данного подхода накладывает возможные ограничения: сложность алгоритмов обработки данных и большой объем обрабатываемой информации.

Таким образом, для решения задач экологического мониторинга с помощью автономных мобильных платформ необходимо:

- объединить математические модели в основе которых лежат методы, алгоритмы и устройства для обработки измерительной информации;
- разработать алгоритмы, позволяющие обрабатывать информацию, полученную в различных спектральных диапазонах;
- интегрировать мультиспектрокамеры в информационно-измерительную систему, обладающую характеристиками: высокая скорость измерений, помехоустойчивость, устойчивость к изменению параметров окружающей среды (температуры, влажность, вибрации и др.), и высокая чувствительность, простота конструкции.

В данной работе приводится технология к формированию измерительной информации при процессе обработки мультиспектральных данных с целью обнаружения локальных зон загрязнения окружающей среды с возможностью классификации загрязняющего материала (вещества).

## **2. Описание обработки оптических мультиспектральных данных при решении прикладных задач**

Многоспектральные оптико-электронные средства, в том числе и мультиспектральные камеры, используются для проведения исследований излучения в широком спектральном диапазоне, непосредственно испускаемого различными физическими телами или трансформированного в результате взаимодействия этого излучения с поверхностью объектов. При этом проявляются физические явления: поглощение излучения, его отражение, рассеяние или люминисценция. Таким образом, многоспектральные оптико-электронные средства исследуют само излучение как сигнал, дающий информацию об объекте. [6]. На этапе постановки прикладной задачи в качестве базового физико-математического аппарата использовать законы отражения поверхностей объектов (закон Бугера-Ламберта-Бера) и основы прикладной теории стохастических систем. А уже на этапе сегментации и классификации объектов применяются подходы с использованием статистические методы анализа и генетических алгоритмов.

### **2.1. Методика обработки мультиспектральных данных**

Одним из основных применений оптических мультиспектральных данных дистанционного зондирования поверхности Земли (объекта) является в качестве универсального средства оценки состояния территории и мониторинга антропогенной деятельности, а также могут служить основой для различного рода экспертиз в сфере природопользования и экологии. Необходимо при дешифрировании мультиспектральных данных обеспечить необходимую точность и достоверность.

Исходя из анализа работ [7-13] по обработке мультиспектральных данных можно выделить основные этапы методики с целью получения измерительной информации:

- 1) Подготовительный этап включает в себя подбор пространственного разрешения;
- 2) Предварительный этап включает в себя выбор спектральных диапазонов измерения, а затем отбор информативных спектральных диапазонов на отдельном снимке, применение фильтров и удаление шума(фона);
- 3) Специальный (основной) этап включает в себя выбор пороговых значений областей (определение метрического пространства) контраста, необходимы для дальнейшей сегментации и кластеризации снимков (мультиспектральной информации);
- 4) Заключительный этап включает в себя анализ выборки кластеризации и принятие решений по каждому кластеру.

## **2.2. Проблематика обработки мультиспектральных данных**

Повышение требований к скорости и качеству обработки мультиспектральных данных при создании информационно-измерительных мобильных систем нуждается в разработке новых и совершенствованию существующих математического, алгоритмического и программного обеспечения систем обработки информации и принятия решений. Поэтому стоит необходимость в решении следующих задач:

- разработка или совершенствование методов автоматической сегментации мультиспектральных снимков без привлечения оператора на том или ином этапе обработки информации;
- разработка или совершенствование методов сжатия данных, способных повысить эффективность использования каналов передачи;
- разработка алгоритмов с учетом особенностей обрабатываемых данных (структура, распределение яркостей, вероятностный характер появления случайных выбросов и др);
- методов, построенных на применении нейросетевых моделей и технологий высокопроизводительных вычислений, исключая экспертное участие.

Выше перечисленное обосновывает актуальность решения задачи по совершенствованию технологий предварительной обработки и кластеризации объектов, заключающейся в классификации информации об объектах на основе их сходства друг с другом, когда принадлежность объектов каким-либо классам не задана.

## **3. Технология формирования мультиспектральных данных**

Вместе с методиками интеллектуального анализа, распознавания целевых объектов на полученных оптических мультиспектральных снимках параллельно развиваются и методики работы с данными большого объема распределенные и облачные вычисления. Применение комбинации методик (технологий) позволяют снизить временные затраты, но в тоже время позволит использовать более ресурсоемкое программное обеспечение с учетом высокоточной обработки.

Поэтому в данной работе предлагается распределенная система, поддерживающая процесс обработки мультиспектральных снимков, распознавания объектов, хранения данных и принятия решений. Данная система представлена на рис. 1 в виде схемы процесса, направленного на разделение вычислительной мощности.



**Рис. 1.** Схема процесса, направленного на разделение вычислительной мощности при обработке мультиспектральных снимков.

## Список литературы

1. Варламова А.А., Денисова А.Ю., Сергеев В.В. Информационная технология обработки данных ДЗЗ для оценки ареалов растений // Компьютерная оптика. 2018. Т. 42, № 5. С. 864-876. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-5-864-876.
2. Спевакова С.В., Спеваков А.Г., Чернецкая И.В. Математическая модель обработки мультиспектральных данных для мобильной платформы экологического мониторинга // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение 13. 2023. № 2. С. 153-169.
3. Замаев Р.Ю., Попов С.Е. Технология совместной обработки радарных и мультиспектральных спутниковых снимков для обнаружения потенциальных оползневых зон. // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2023). 2023. С. 63-68.
4. Заславский М.М., Крыжановский, К.Е. Иванов, Д.В. Разработка системы экологического мониторинга на базе технологий пространственной разметки и машинного зрения // Известия высших учебных заведений России: Радиоэлектроника. 2023. Т. 26, № 4. С. 56-69.
5. Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю., Березина О.А., Деменев А.Д. Современные методы изучения экологической ситуации в горнодобывающих районах (на примере Кизеловского угольного бассейна) // Всероссийская научная конференция с международным участием «Земля и космос» к столетию академика РАН К.Я. Кондратьева. 2020. С. 245-249.
6. Тарасов К.И. Спектральные приборы. Л.: Машиностроение, 1974. 368 с.
7. Paredes J.A., González J., Saito C., Flores A. Multispectral imaging system with UAV integration capabilities for crop analysis // 2017 First IEEE International Symposium of Geoscience and Remote Sensing (GRSS-CHILE). Valdivia, Chile, 2017. P. 1-4. doi: 10.1109/GRSS-CHILE.2017.7996009.
8. Wijitdechakul J., Sasaki S., Kiyoki Y., Koopipat C. UAV-based multispectral image analysis system with semantic computing for agricultural health conditions monitoring and real-time management // 2016 International Electronics Symposium (IES). Denpasar, Indonesia, 2016. P. 459-464, DOI: 10.1109/ELECSYM.2016.7861050.
9. Vytovtov K.A., Barabanova E.A., Gladkikh T.Y., Kulina A.L., Vytovtov G.K. Remote Monitoring of Water Pollution With Oil Products in the Visible Range by Using UAV Multispectral Camera // 2022 International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT). Astrakhan, Russian Federation, 2022. P. 1-5, DOI: 10.1109/ICCT56057.2022.9976826.
10. Maier K., Nascetti A., van Pelt W., Rosqvist G. Direct photogrammetry with multispectral imagery for UAV-based snow depth estimation // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2022. Vol. 186. P. 1-18. DOI 10.1016/j.isprs.2022.01.020.
11. Román A., Tovar-Sánchez A., Olivé I., Navarro G. Using a UAV-Mounted Multispectral Camera for the Monitoring of Marine Macrophytes // Frontiers in Marine Science. 2021. Vol. 8, No. 722698. P. 1-12. DOI: 10.3389/fmars.2021.722698.

12. Das S.K., Bose P., Patra K., Chakravarty S. UAV Based Multispectral Image Processing Framework: A Band Combination Approach // 2023 International Conference on Machine Intelligence for GeoAnalytics and Remote Sensing (MIGARS). Hyderabad, India, 2023. P. 1-4. DOI: 10.1109/MIGARS57353.2023.10064514.
13. Carmona J.Á.S., Quirós E., Mayoral V., Charro C. Assessing the potential of multispectral and thermal UAV imagery from archaeological sites. A case study from the Iron Age hillfort of Villasviejas del Tamuja (Cáceres, Spain) // Journal of Archaeological Science: Reports. 2020, Vol. 31, No. 102312. P. 1-11. DOI: 10.1016/j.jasrep.2020.102312.