

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ВЫРАВНИВАНИЯ
ИЗОБРАЖЕНИЙ РАЗНЫХ МОДАЛЬНОСТЕЙ НА ПРИМЕРЕ
РАДИОЛОКАЦИОННЫХ И ОПТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Зацепина К.А. (ИТМО)

**Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Бойцев А.А.
(ИТМО)**

Введение. Выравнивание и согласование радарных изображений с синтезированной апертурой (SAR) и оптических изображений имеет решающее значение в некоторых областях науки и жизни: в дистанционном зондировании, где мультимодальные изображения используются для борьбы со стихийными бедствиями, такими как обнаружение наводнений, оползней или вырубки лесов с помощью SAR (который собирает данные о поверхности в любую погоду) и оптических изображений (которые предоставляют богатую визуальную информацию), выявление долгосрочных изменений в землепользовании (например, урбанизация, вырубка лесов, отступление ледников), анализ состояния сельскохозяйственных культур с использованием SAR (измерения уровня влажности) и оптических (внешний вид растительности) изображений. Радиолокационная съемка может осуществляться при слабом освещении, тумане или облаках, в то время как оптические камеры обеспечивают высокую детализацию изображения при ясной погоде.

Сочетание радиолокационного и оптического входов позволяет принимать надежные навигационные решения на сложной местности во время всепогодных операций.

Разные физические принципы формирования этих изображений приводят к заметным отличиям в интенсивности, текстуре, шумах и геометрии, что создает сложности при их сопоставлении. Для решения этой задачи в работе предлагается разработать и протестировать алгоритмы регистрации, ориентированные на устойчивость к различным типам искажений (интенсивность, шумы, перспективные искажения), а также на адаптацию алгоритмов под разнородные данные.

Разработанный метод LNIFFTTransformer обеспечивает инвариантность к повороту, что значительно повышает точность сопряжения радиолокационных SAR и оптических данных. Векторное представление многомодальных признаков создаётся в компактной и устойчивой форме, что позволяет интегрировать разнородные типы сенсорных данных и тем самым обеспечивать стабильность процессов навигации. Предложенный подход с помощью LNIFFTTransformer демонстрирует высокую точность сопряжения неоднородных данных даже в условиях сложной внешней среды, минимизируя влияние атмосферных и геометрических искажений. Это, в свою очередь, способствует более точному мониторингу и планированию природоохранных мероприятий. Оптимизированные алгоритмы уменьшения размерности признакового пространства позволяют существенно снизить вычислительные затраты, традиционно возникающие при обработке многомодальных данных.

Основные этапы исследования включают анализ существующих методов (частотные, градиентные, пиксельные и пространственные), а также разработку алгоритмов, сочетающих преимущества нескольких подходов для повышения точности выравнивания.

Основная часть. Мультимодальная визуализация или мультиплексированная визуализация относится к одновременному получению сигналов для более чем одного метода визуализации.

LNIFFTTransformer – модель, сочетающая в себе локальную нормализацию и архитектуру на основе трансформатора для сопоставления признаков в SAR и оптических изображениях. Эта модель имеет привлекательные приложения и ценность во многих областях, особенно в тех, которые связаны с мультимодальной обработкой изображений и выравниванием.

Надёжность и адаптивность разработанного LNIFFTTransformer метода делают его ключевым инструментом для широкого спектра приложений, включая дистанционное

зондирование, автономные системы навигации, восстановление после чрезвычайных ситуаций и управление агропромышленными процессами. Эффективное объединение таких разнородных технологий, как радиолокационная (SAR) и оптическая съемка, открывает новые перспективы для научных и прикладных исследований, обеспечивая практическую значимость разработанного подхода.

Метод LNIFT включает в себя ряд подходов, улучшающих сопоставление признаков в задачах мультимодальной обработки изображений:

1. Локальная нормализация

- Предварительная обработка, корректирующая локальные интенсивности изображения для минимизации различий в освещении и характеристиках сенсорных данных (например, радиолокация SAR и оптические изображения).
- Повышает инвариантность признаковых описателей к различиям в структуре данных.

2. Инвариантность к повороту и масштабу

- Компенсация различий в ориентации и разрешении за счёт нормализации градиентов и локальных областей изображения.
- Обеспечивает надёжное сопоставление, исключая зависимость от начального угла поворота объектов.

3. Многоуровневое представление

- Извлечение признаков на различных масштабах позволяет учитывать элементы изображения с разным разрешением, повышая точность сравнения.

4. Сопоставление мультимодальных признаков

- Разработано для сценариев, где исходные изображения обладают значительными различиями в структуре и характере данных, таких как сравнение радиолокационных и оптических снимков.

Выводы. Были разработаны алгоритмы регистрации и сопоставления признаков мультимодальных объектов.

Список использованных источников:

1. What is image registration and how does it work? / Sourabh Mehta // AI Mysteries. – 2022. – URL: <https://analyticsindiamag.com/what-is-image-registration-and-how-does-it-work/> (дата обращения: 10.12.2023).
2. Feature Matching OpenCV / Jatin Kumar Singh // Codingninjas. – 2023. – URL: <https://www.codingninjas.com/studio/library/feature-matching-opencv/> (дата обращения: 01.12.2023).
3. Feature Matching methods comparison in OpenCV / Strahinja Zivkovic // OpenCV. – 2021. – URL: <https://datahacker.rs/feature-matching-methods-comparison-in-opencv/> (дата обращения: 10.12.2023).
4. Li, J. LNIFT: Locally Normalized Image for Rotation Invariant Multimodal Feature Matching / Jiayuan Li [и др.] // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2022. – Vol. 60.