

DOI 10.58351/2949-2041.2025.23.6.026

Крыштоп Александр Игоревич, студент
МГТУ им. Н. Э. Баумана

МЕТОД СОВМЕЩЕНИЯ ВИДЕОПОТОКОВ НА ОСНОВЕ ПЕРЕКРЫВАЮЩИХСЯ ФРАГМЕНТОВ КАДРОВ

Аннотация. Предложен метод совмещения видеопотоков для панорамного видео на основе перекрывающихся фрагментов кадров. Метод использует SIFT для детектирования ключевых точек и RANSAC для вычисления гомографии. Реализация включает параллельную обработку и оптимизацию ресурсов. Результаты показывают точность $SSIM \geq 0.95$ при перекрытии 15% и скорости 50 мс/кадр, превосходя методы оптического потока и корреляции блоков.

Ключевые слова: Панорамное видео, совмещение видеопотоков, SIFT, RANSAC, перекрывающиеся фрагменты, гомография, параллельная обработка.

Введение. Актуальность задач совмещения видеопотоков возрастает в контексте развития систем видеонаблюдения, виртуальной реальности и телеконференций. Ключевые проблемы включают синхронизацию потоков, компенсацию параллакса, цветовую коррекцию и обработку динамических сцен. Традиционные методы (оптический поток, корреляция блоков) демонстрируют ограниченную эффективность при малом перекрытии кадров или изменении условий съемки. Цель работы – разработка метода, сочетающего точность совмещения, минимальное перекрытие (15–25%) и высокую производительность.

Описание метода. Метод совмещения видеопотоков основан на обработке перекрывающихся фрагментов кадров и включает четыре этапа:

1. Прием и декомпозиция видеопотоков:
 - Видеопотоки разделяются на кадры с сохранением временных меток.
 - Кадры преобразуются в градации серого.
2. Коррекция временных меток:
 - Кадры группируются по временным интервалам с допустимым отклонением ≤ 20 мс.
 - Алгоритм сортировки и кластеризации обеспечивает синхронизацию потоков.
3. Совмещение кадров (наиболее ресурсоемкий этап):
 - Детектирование ключевых точек с использованием SIFT.
 - Построение гауссовой пирамиды и разности гауссианов.
 - Локализация экстремумов в пространстве масштабов.
 - Вычисление 128-мерных дескрипторов на основе градиентов.
 - Сопоставление точек с применением RANSAC.
 - Фильтрация выбросов и оптимизация параметров преобразования.
 - Трансформация и смешивание кадров с использованием проективного преобразования.
4. Объединение кадров в видео:
 - Формирование итогового видеофайла с заданными параметрами (разрешение, частота кадров).

Оптимизация производительности. Используется параллельная обработка кадров, полученных в один момент времени, с использованием пула потоков (библиотека ThreadPoolExecutor Python). Также может использоваться кэширование матриц гомографии для снижения вычислительной нагрузки.

Программная реализация. Разработанный программный комплекс использует:

1. Язык программирования: Python 3.8.
2. Библиотеки: OpenCV 4.5.5 (детекция SIFT, RANSAC, геометрические преобразования), NumPy (манипуляции с данными), PyQt5 (графический интерфейс).



3. Архитектура:
 - Модуль ввода/вывода (загрузка видео, сохранение результатов).
 - Модуль совмещения (реализация SIFT, RANSAC, многопоточность).
 - Модуль логирования (отслеживание прогресса и ошибок).
 - Режимы работы: стандартный, параллельный, с пониженной частотой кадров.

Экспериментальные результаты. Тестирование проводилось на наборах данных:

1. Статичные сцены (3–4 камеры, разрешение 1920×1080).
2. Динамичные сцены (движущиеся объекты, освещение).

Критерии оценки: точность (SSIM), минимальное перекрытие, скорость обработки.

Метод обеспечивает точное совмещение ($SSIM \geq 0.95$) при перекрытии кадров от 15%. Параллельная обработка ускоряет совмещение в 1.5-2 раза по сравнению с последовательным методом. Преимущества перед аналогами:

1. Устойчивость к изменениям масштаба, поворота и освещения (благодаря SIFT).
2. Эффективность в динамичных сценах (алгоритм RANSAC фильтрует выбросы).

Ограничение: высокая ресурсоемкость этапа детектирования ключевых точек.

Заключение. Разработанный метод решает задачу совмещения видеопотоков с минимальным перекрытием 15% и высокой точностью. Перспективные направления: интеграция нейросетевых алгоритмов для ускорения детектирования особенностей, адаптация для embedded-систем с использованием GPU-ускорения. Метод применим в системах видеонаблюдения, VR/AR и телеконференций.

Список литературы:

1. Lowe D. G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints // IEEE International Conference on Computer Vision. Washington, DC, USA, 2004. P. 91–110.
2. Fischler M. A., Bolles R. C. Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography // Communications of the ACM. 1981. Vol. 24, no. 6. P. 381–395.
3. Brown M., Lowe D. G. Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features // International Journal of Computer Vision. 2007. Vol. 74, no. 1. P. 59–73.
4. Rublee E., Rabaud V., Konolige K., Bradski G. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF // IEEE International Conference on Computer Vision. Barcelona, Spain, 2011. P. 2564–2571.

