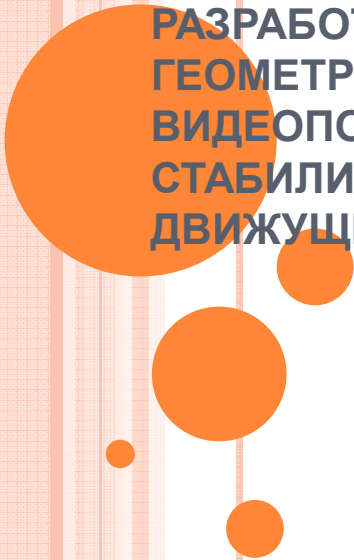


г. Долгопрудный 28 октября 2008



**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ КАДРОВ
ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ К ЗАДАЧАМ
СТАБИЛИЗАЦИИ, СОПРОВОЖДЕНИЯ И СЕЛЕКЦИИ
ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ**

Слынько Юрий Вячеславович

ЦЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ

Цель: создание и исследование алгоритмов определения геометрических трансформаций кадров видеопоследовательности и их применение к задачам стабилизации и построения мозаики, а также алгоритмов сопровождения объектов и селекции движущихся целей.

Задачи:

- ❑ Разработка, реализация и исследование методов реального времени совместного **сопровождения и оконтуривания объектов** в условиях существенной априорной неопределенности.
- ❑ Создание, реализация и анализ алгоритма реального времени **оценки геометрических трансформаций** кадров видеопоследовательности в применении к задачам стабилизации и построения панорамных изображений.
- ❑ Создание, реализация и исследование алгоритма реального времени **определения корректности** (в смысле принятой модели) видеопоследовательности.
- ❑ Разработка и реализация алгоритма **селекции движущихся целей** при авиационном или космическом наблюдении.
- ❑ Создание и испытание **экспериментального прототипа** комплекса видеонаблюдения и программного обеспечения для него.

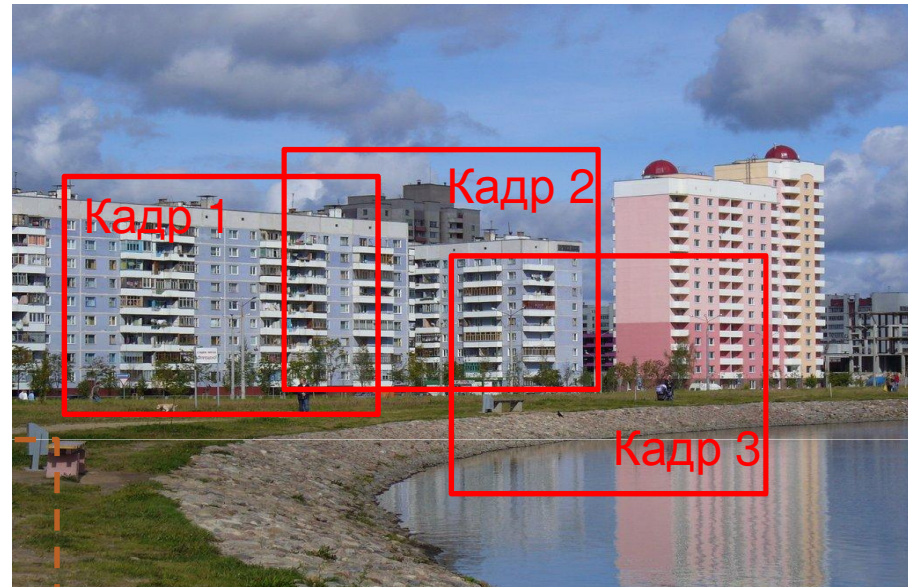
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Модели преобразований

1. Аффинные
2. Проективные
3. Квадратичные

Известные подходы

1. Методы с использованием характерных точек
2. Методы оптического потока
3. Прямые корреляционные методы
4. Интегральные преобразования (Фурье, вейвлеты и др.)



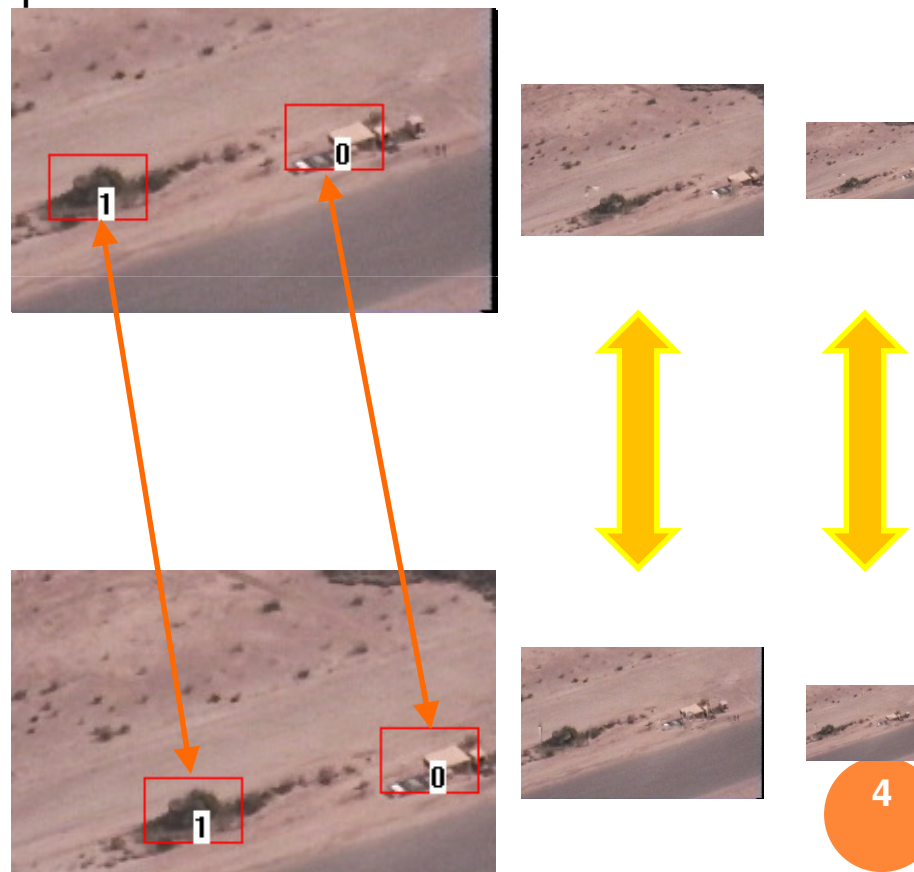
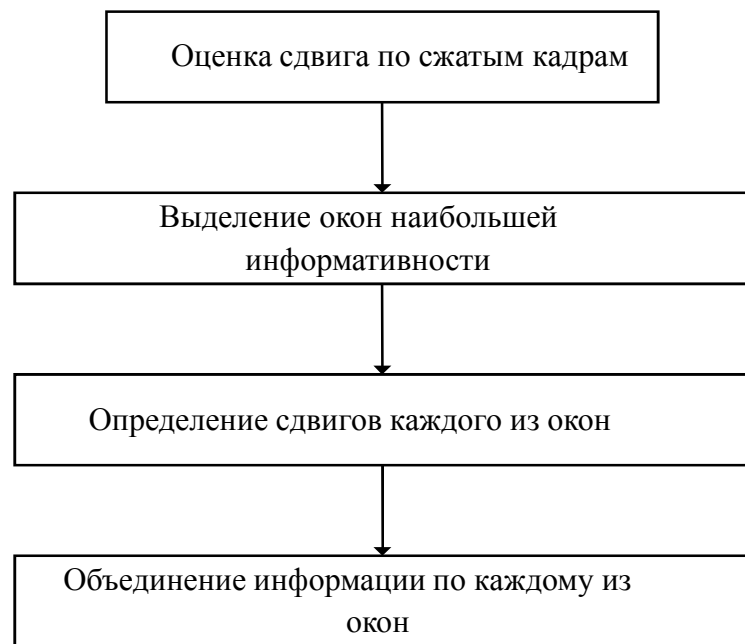
Ключевые задачи

1. Работоспособность в широком спектре неблагоприятных условий съемки
2. Возможность работы в реальном времени на современных ПК

СТРУКТУРА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Особенности реализации

1. Объединение трех основных существующих подходов к решению задачи в один комплексный алгоритм
2. Постоянный контроль качества принимаемых решений на всех этапах обработки



Ключевой алгоритм – определение сдвига фрагмента кадра

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СДВИГА

Целевая функция

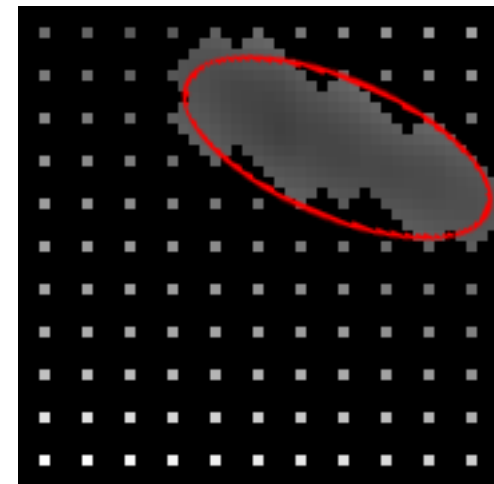
$$X_{(F^1, F^2)}(dx, dy) = \frac{1}{S(M)} \sum_{(i,j) \in M(dx, dy)} (F^1_{ij} - F^2_{i+dx, j+dy})^2 \quad \text{- функция невязки}$$

Доверительная области минимума

$$\tilde{D} = \{dx_i, dy_i : X_{(F^1, F^2)}(dx_i, dy_i) < m_i + B \cdot \sigma_i\}$$

$$m_i = \frac{X_{\min}}{N_p} \cdot N_i \quad \sigma_i = \frac{X_{\min}}{N_p} \cdot \sqrt{2N_i}$$

$$X_{\min} = \min_{(dx, dy) \in D} X_{(F^1, F^2)}(dx, dy)$$



ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МЕТОДА

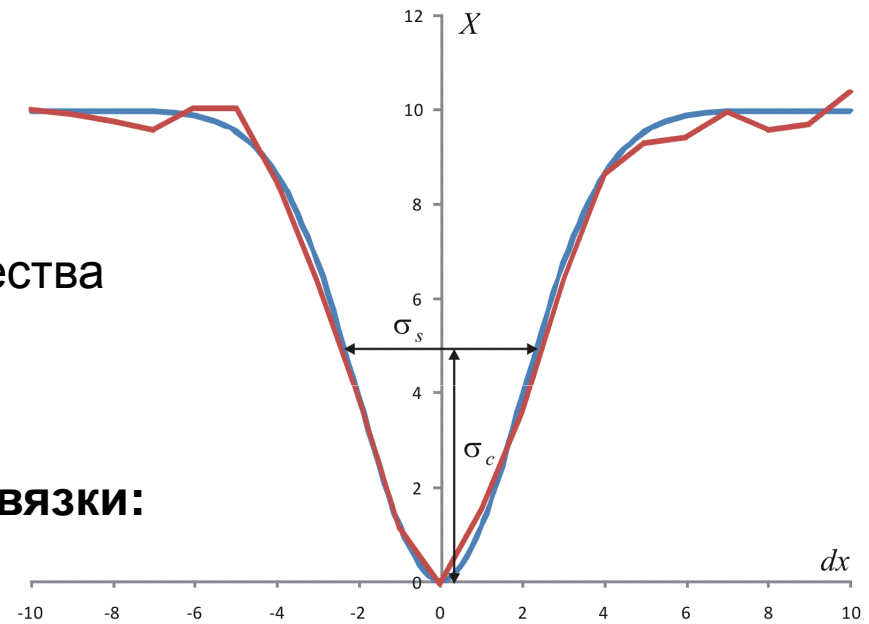
Приближение функции невязки:

$$C(dx, dy) = -Ane^{-\frac{dx^2 + dy^2}{2a^2}}$$

Дисперсия невязки: $\sigma_c = \sqrt{2\sigma_p^2 n + (0.5\bar{F}')^2}$
 зависит от собственных шумов, количества точек на изображении и средней производной яркости пикселей

Дисперсия положения минимума невязки:

$$\sigma_s = \sqrt{2a^2 \ln \frac{An}{An - \sigma_c}} \approx a \sqrt{\frac{2\sigma_c}{An}} \approx 2^{3/4} a \sqrt{\frac{\sigma_p}{A\sqrt{n}}}$$



При размытии изображения Гауссовским фильтром с ядром $G(dx, dy) = \frac{1}{2\pi\sigma_\Gamma^2} e^{-\frac{dx^2 + dy^2}{2\sigma_\Gamma^2}}$

дисперсия положения минимума невязки будет:

$$\sigma_{s\Gamma} \approx \sqrt{\frac{4\pi\sigma_\Gamma^2 (a^2 + 2\sigma_\Gamma^2)^2 \sqrt{\sigma_{c\Gamma}^2 + (0.5\bar{F}' / 4\pi\sigma_\Gamma^4)^2}}{Ana^2}}$$

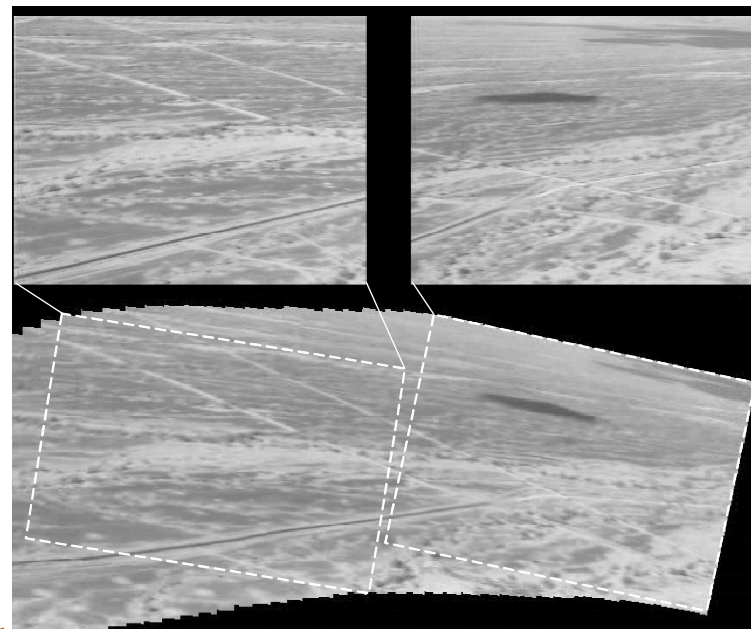
ПРИЛОЖЕНИЯ

Стабилизация
отображение
видеопоследовательности
с компенсацией мешающих
случайных колебаний камеры

Подзадачи:

1. Оценка геометрических преобразований
2. Определение некорректного входа
3. Разделение колебаний на шумовые и управляемые

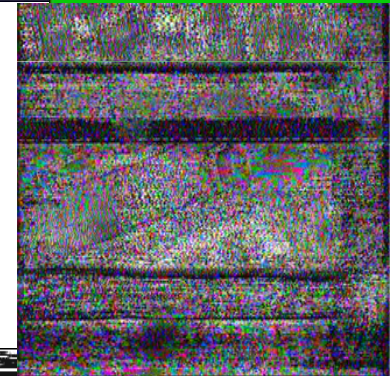
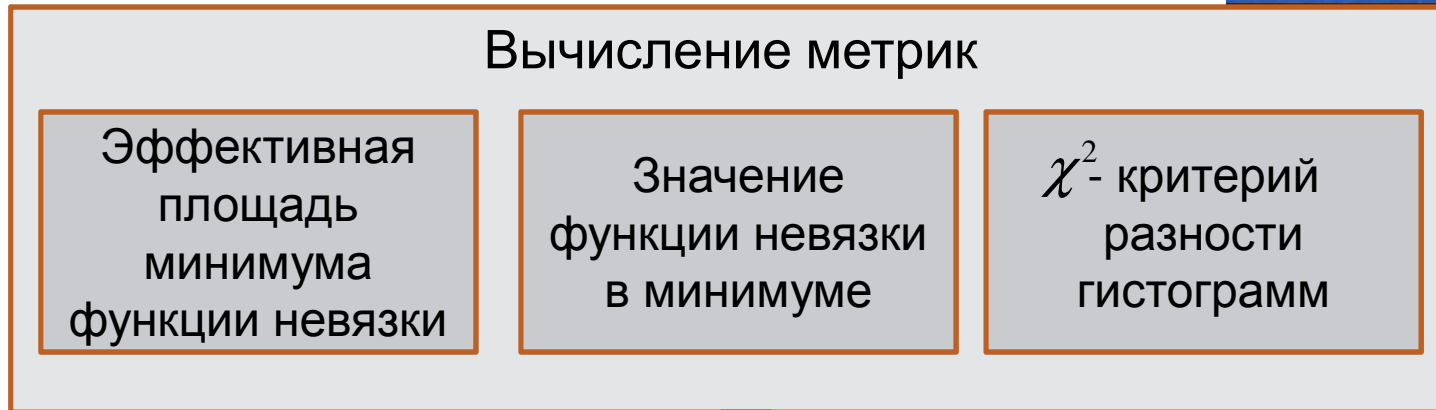
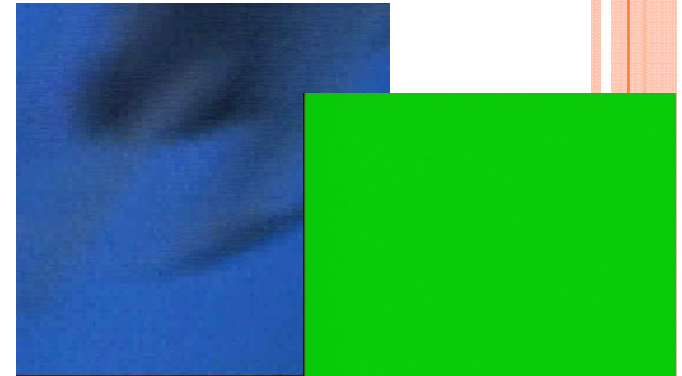
Построение мозаики
создание кадра большого размера
из последовательности с учетом
оцененных преобразований



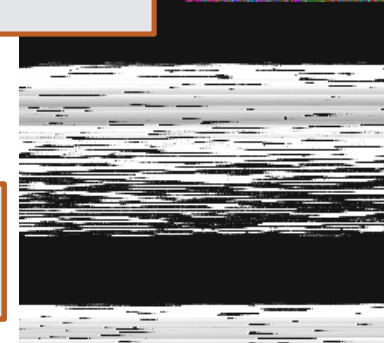
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОРРЕКТНОГО ВХОДА

Примеры некорректного входа:

1. Смена сцены
2. Отсутствие полезной информации на входе
3. Сильная зашумленность разного характера
4. Слабоинформативные, плохо связанные по времени кадры



Классификатор на основе нейронной сети



АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Способы тестирования:

1. Модельные кадры – тестирование точности, надежности и скорости.
2. Реальные кадры – тестирование надежности.
3. Тестирование на реальных кадрах с известным сдвигом.
4. Сравнение с другими алгоритмами и коммерческими продуктами

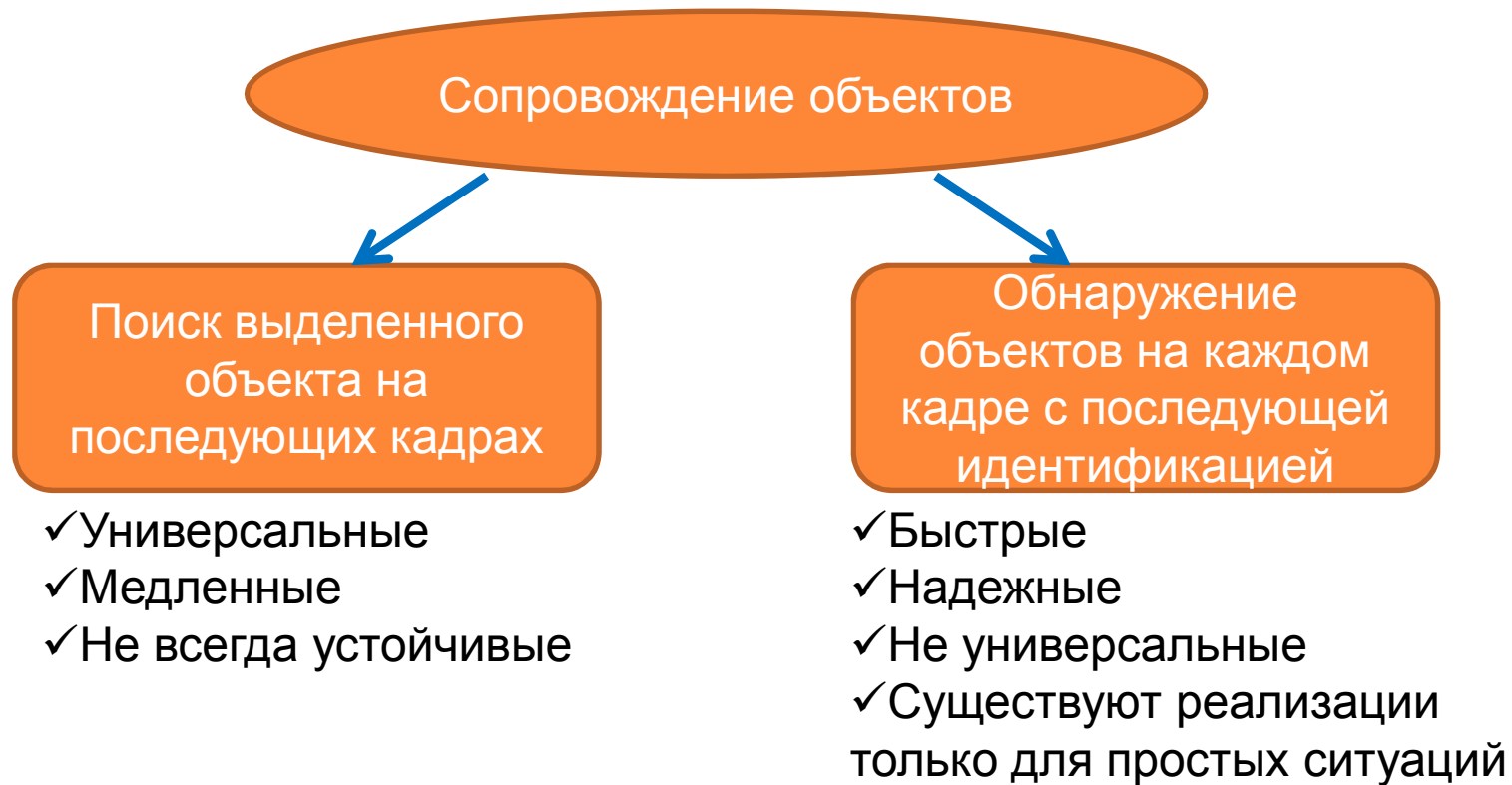
Точность определения сдвига, пиксели	Максимальный сдвиг, % размера кадра	Точность определения угла, °	Максимальный угол, °	Точность определения коэффициента масштабирования, %	Количество кадров (320x240) в секунду	Вероятность сбоя на реальных последовательностях, %	Максимальный размер кадра, обрабатываемый в реальном времени
0.03	50	0.034	10	0.2	715	<0.1	1600x900

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ



СОПРОВОЖДЕНИЕ ОБЪЕКТОВ

Известные методы



КОМПЛЕКС АЛГОРИТМОВ СОПРОВОЖДЕНИЯ И ОКОНТУРИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ



Метод максимального правдоподобия: сопровождение для случая отсутствия априорной информации о размерах и форме объекта и существенно нестационарном фоне

МЕТОД МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ

Метод максимального правдоподобия: сопровождение для случая отсутствия априорной информации о размерах и форме объекта и существенно нестационарном фоне

Особенности постановки задачи:

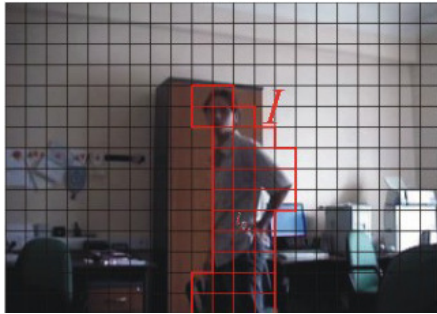
1. Нет информации о форме и размере объекта
 - Оператор не имеет возможность задать дополнительные параметры
 - Объект задан только одной точкой
2. Сильно нестационарный фон
 - Присутствуют сильно шумовые участки
 - Присутствуют регулярнодвигающиеся участки
 - Поле зрения быстро меняется



Особенности реализации:

1. Одновременно с задачей сопровождения необходимо решить задачу определения контура объекта
2. Нет возможности опираться на информацию о фоне
3. Основные трудности возникают при завязке сопровождения

МЕТОД МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ



I - множество точек объекта

Функция правдоподобия

$$J(I) = \prod_{i \in I} p(i \in object) \prod_{i \notin I} p(i \notin object)$$

Функция невязки

для части $\tilde{C}_i(\delta x, \delta y) = \sum_{l, k \in P_i} (f_t(l, k) - f_{t-1}(l - \delta x, k - \delta y))^2$

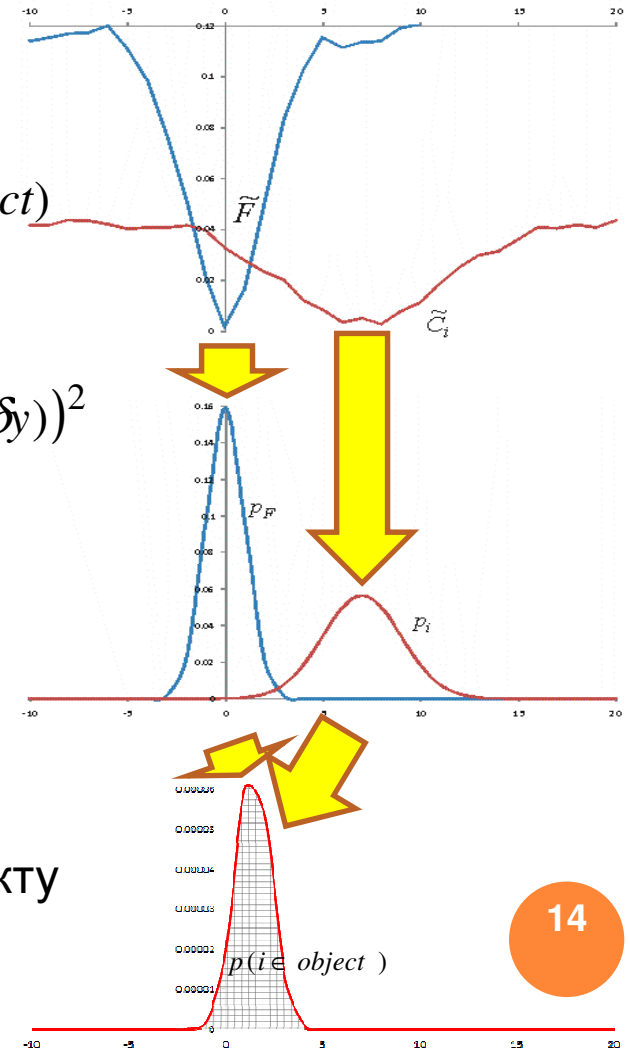
для объекта $\tilde{F}(\delta x, \delta y) = \sum_{i \in I} \tilde{C}_i(\delta x, \delta y)$

Распределение истинного сдвига части

$$p_i(\delta x, \delta y) = \frac{1}{2\pi \sqrt{\det(\Gamma_i)}} e^{-\frac{1}{2}(\bar{x} - \bar{x}_i)^T \Gamma_i^{-1} (\bar{x} - \bar{x}_i)}$$

Вероятность того, что часть принадлежит объекту

$$p(i \in object) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} p_i(\delta x, \delta y) p_F(\delta x, \delta y) d\delta x d\delta y$$



МЕТОД МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ

Контур объекта $I = \arg \max_I J(I)$

Сдвиг объекта $(\delta\hat{x}, \delta\hat{y}) = \arg \min_{(\delta x, \delta y)} \tilde{F}(I)$

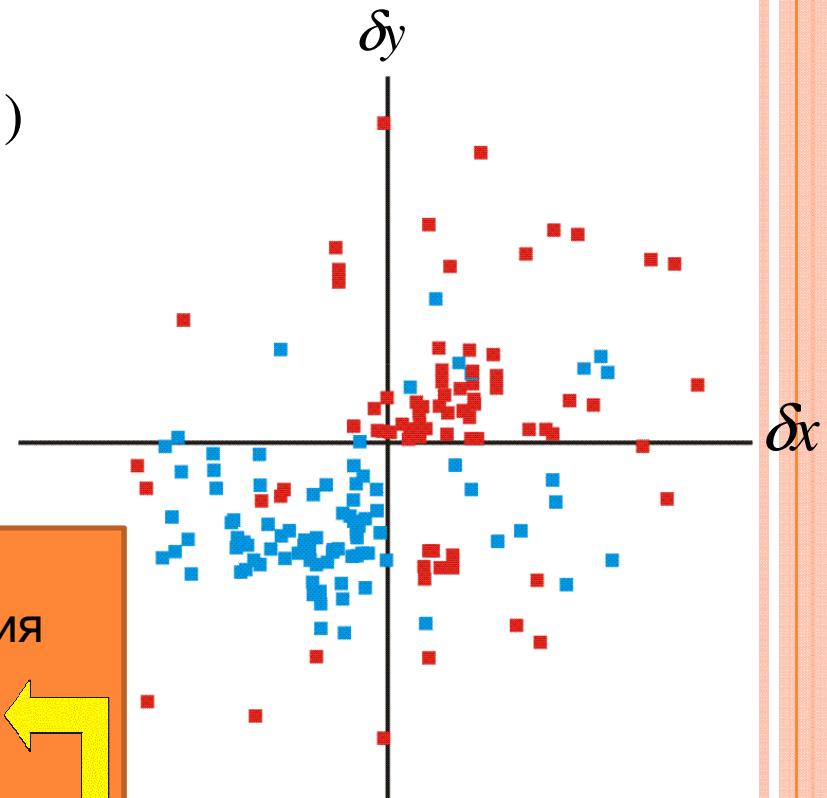
Метод К-средних
Первоначальное
разбиение на объект и фон



Итеративное уточнение контура с
использованием функции правдоподобия

Вычисление \tilde{F}

Для каждого i при фиксированном \tilde{F}
 $i \in I$ если $p(i \in object) > p(i \notin object)$

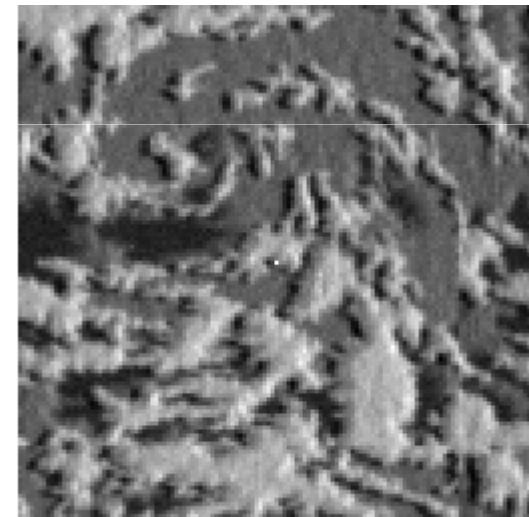
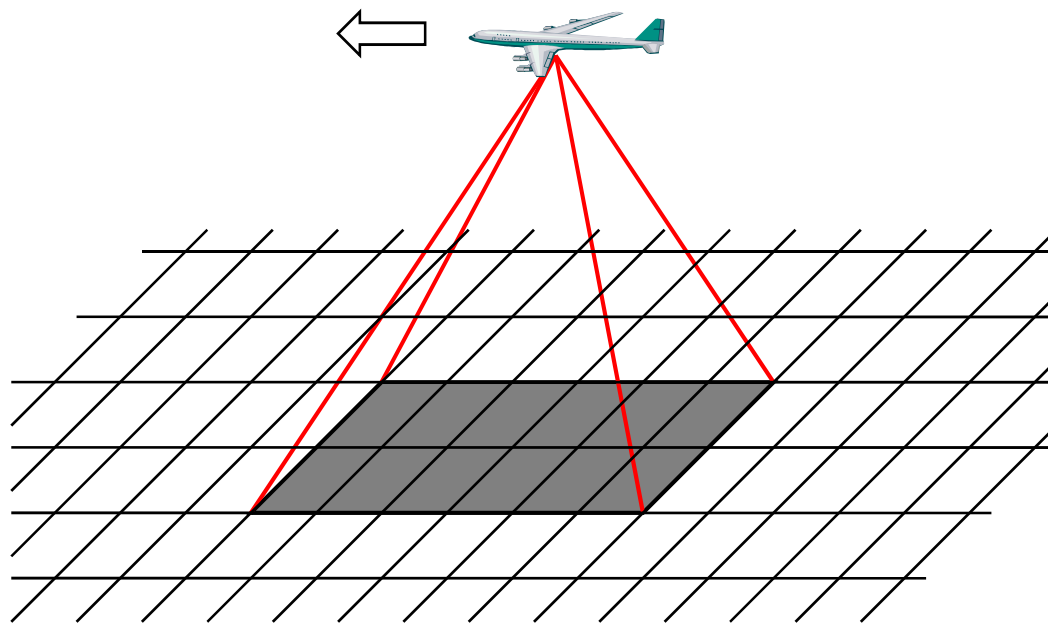


АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

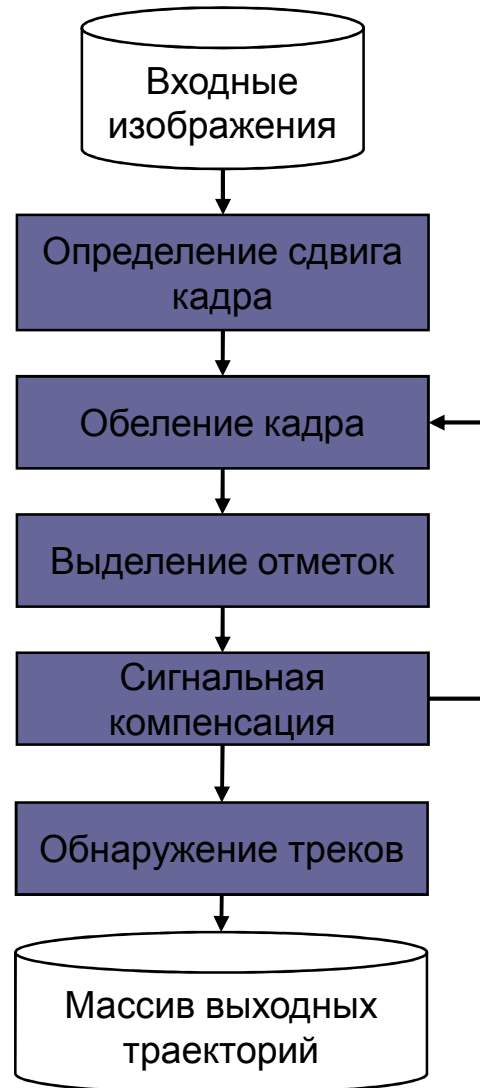


СЕЛЕКЦИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Задача: обнаружение точечных движущихся объектов на фоне помех при наблюдении с подвижного авиационного или космического носителя



СЕЛЕКЦИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Определение сдвига кадра производится изложенными выше методами

Обеление кадра авторегрессионным методом

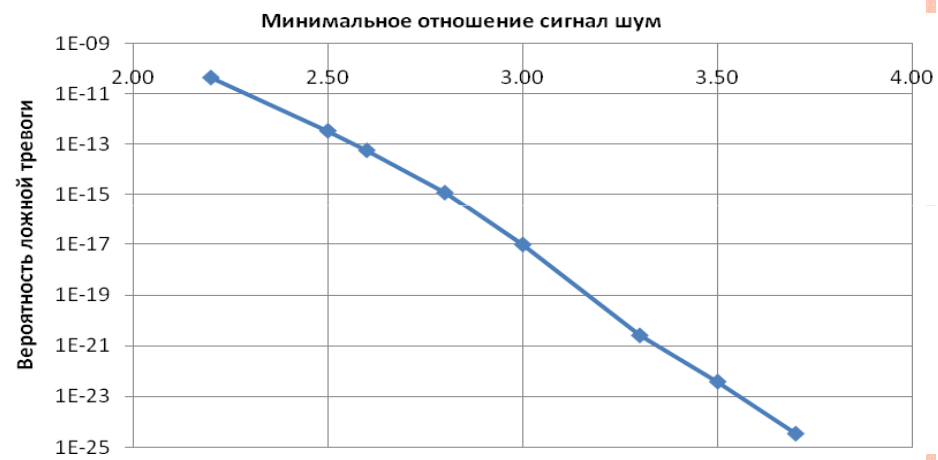
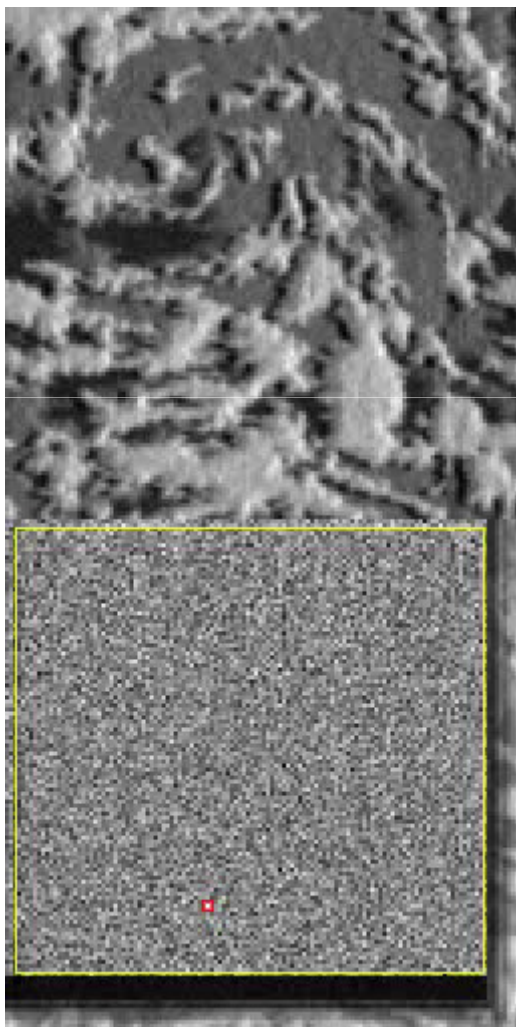
$$\|W_{ij}\| = \left\| b_{ij}(t) - \sum_k a_k f^k_{ij} \right\|$$

Критерий выбора параметров авторегрессии

$$\min_{a_k} \left\{ \sum_{i,j} (W_{ij})^2 \right\}$$

В блоке **сигнальной компенсации** из кадра «вырезаются» яркие отметки, и он снова подается на обработку

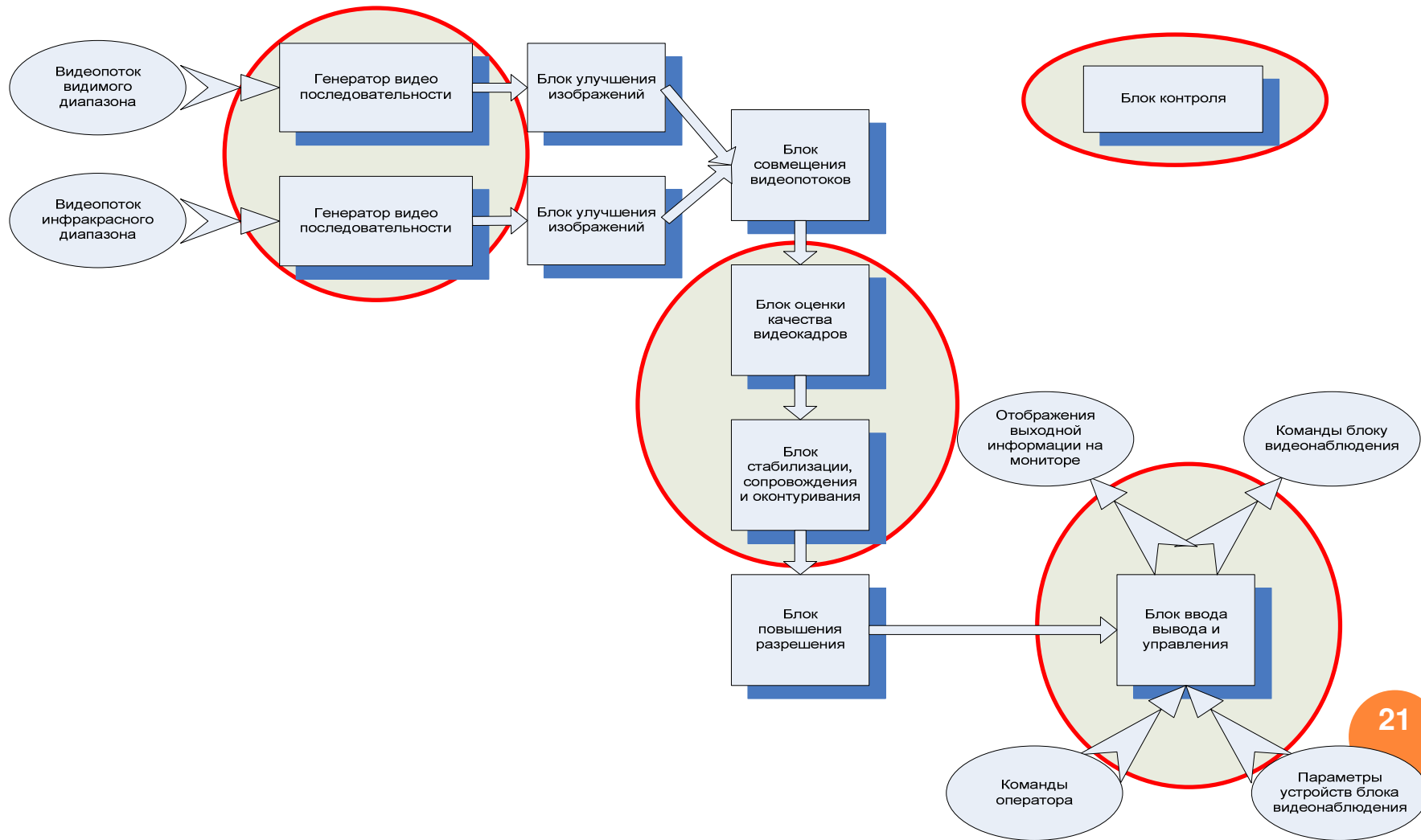
АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ



Выводы

1. Разработан алгоритм определения геометрических трансформаций кадров видеопоследовательности.
2. Алгоритм определения геометрических преобразований использован для решения задач стабилизации изображений и построения мозаики.
3. Получены решения следующих задач: разделение движения камеры на управляемое и шумовое и определение качества видеопоследовательности.
4. Выведено решающее правило на основе критерия максимального правдоподобия для оценки смещения объекта одновременно с оценкой его контура и размера.
5. Разработанная модификация алгоритма определения геометрических преобразований использована для решения задачи селекции движущихся целей для задач авиационного или космического наблюдений.
6. Спроектирована и создана экспериментальная установка комплекса реального времени обработки изображений с возможностью удаленного контроля и передачи видеоинформации.