



Разработка алгоритма автоматического обнаружения взлетно-посадочной полосы на видеоизображениях

*Д.В. Комаров, Ю.В. Визильтер, О.В. Выголов
ФГУП «ГосНИИ Авиационных систем», Москва
E-mail: viz@gosniias.ru*

ИКИ РАН, 15-17 марта 2011 г.

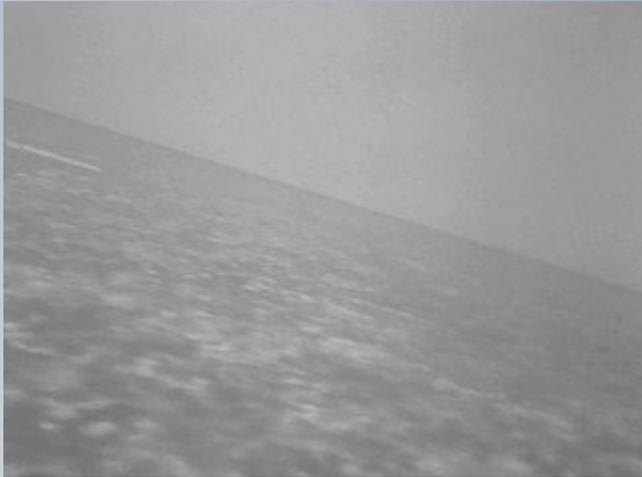
Алгоритм обнаружения ВПП

1. Поиск линии горизонта и определение относительного расположения земли и неба
2. Поиск области интереса, содержащей объекты типа ВПП
3. Проверка наличия маркера начала ВПП
4. Определение продольных границ ВПП
5. Уточнение положения начала и конца ВПП
6. Пространственно-временная фильтрация полученных для текущего кадра оценок положения ВПП



В представленном варианте алгоритма обнаружение ВПП производится без опоры на текущую ПНИ и априорные сведения об аэродроме и ВПП

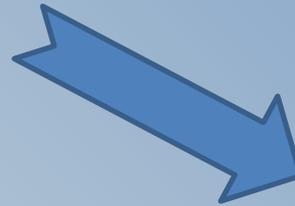
Поиск линии горизонта и определение относительного расположения земли и неба



Типовое модельное изображение

К типовому прореженному изображению применяется **оператор Собела**:

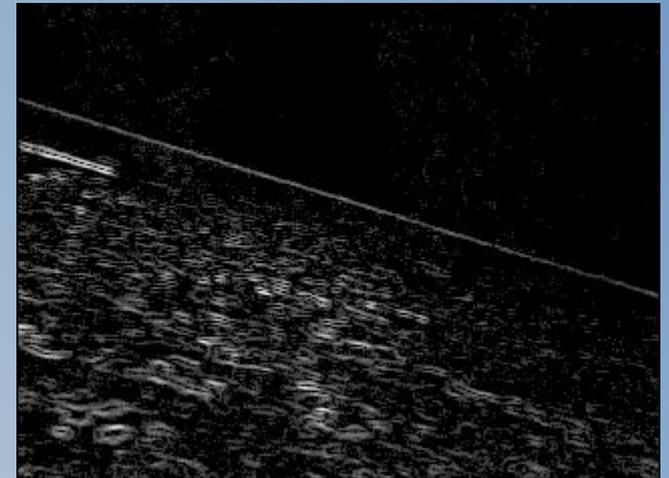
$$M_x = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix} \quad M_y = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{vmatrix}$$



Результатом применения оператора Собела является вектор-градиент (g_x, g_y) :

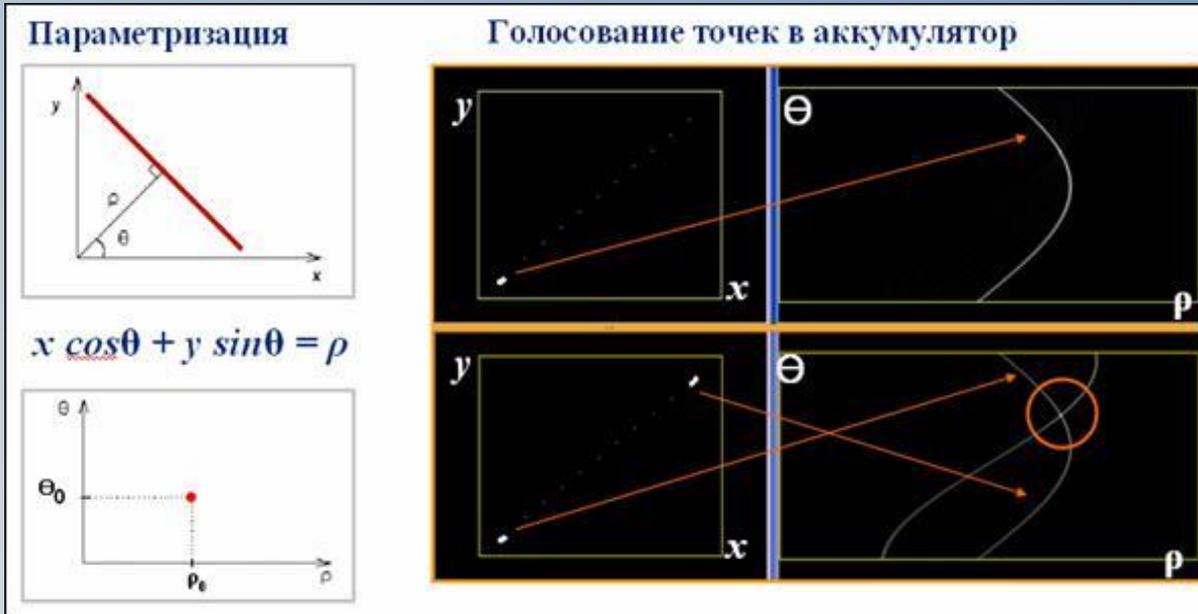
$$A = \sqrt{g_x^2 + g_y^2}$$

$$\phi = \text{arctg}(g_y/g_x)$$



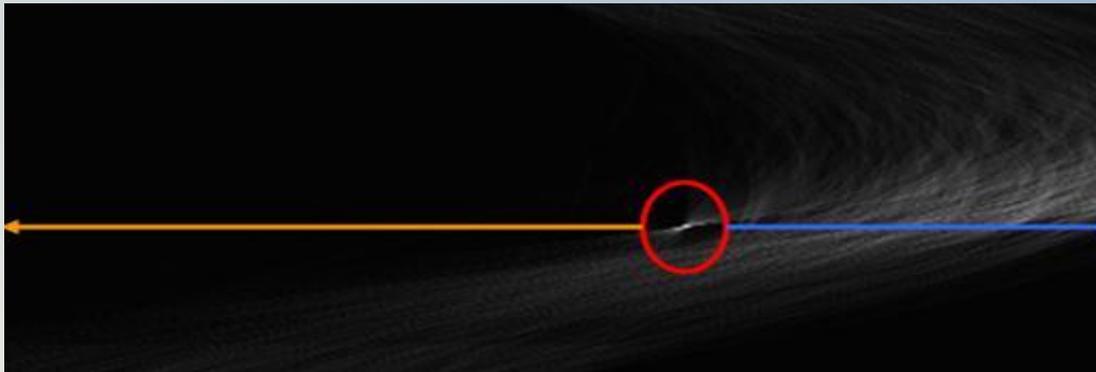
Градиентная карта (модуль амплитуды градиента яркости), полученная при помощи фильтра Собела

Поиск линии горизонта и определение относительного расположения земли и неба



Выделение линии горизонта на контурном основано на использовании классического преобразования Хафа

Параметризация и процедура голосования преобразования Хафа.



Изображение аккумулятора Хафа контурного препарата типового модельного изображения.

Линии горизонта соответствует локальный максимум, с одной стороны от которого свободное от контуров пространство (небо), а с другой – информативная область (земля).

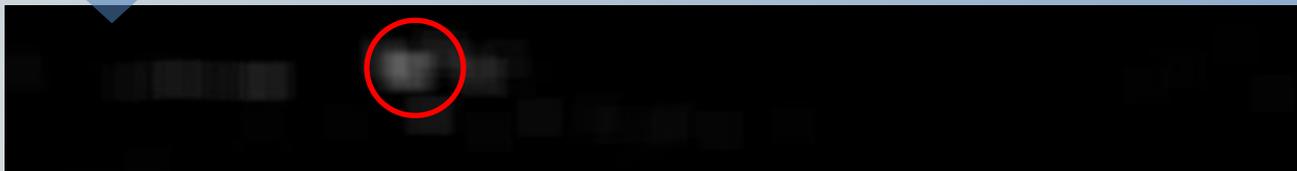
Поиск области интереса, содержащей объекты типа ВПП



Карта углов градиента для области интереса,
полученная с помощью фильтра Собела



Отфильтрованная медианой 3x3 карта вертикальных контуров



Локализация объекта типа ВПП по результатам двумерного скользящего среднего



Выделенный фрагмент изображения,
содержащий изображение ВПП

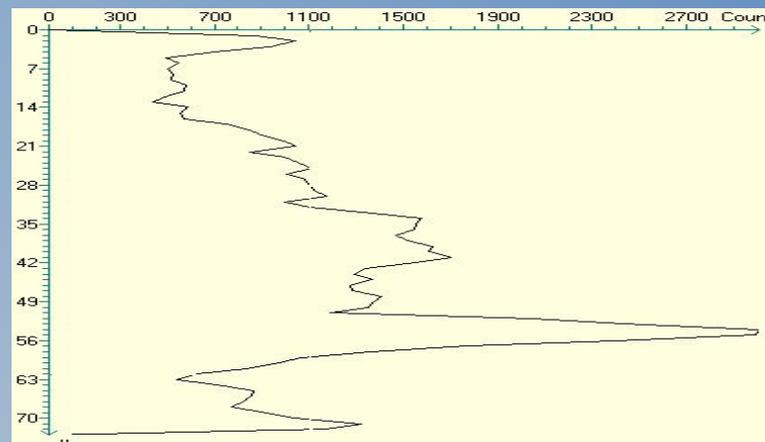
Проверка наличия маркера начала ВПП



Маркер начала ВПП, присутствующий на тестовых видеопоследовательностях



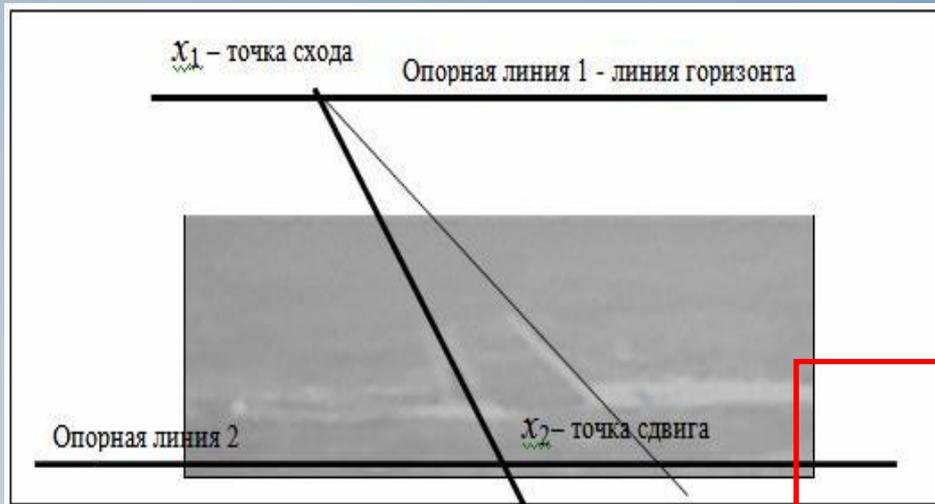
Карта горизонтальных градиентов фрагмента, содержащего изображение ВПП высокого разрешения.



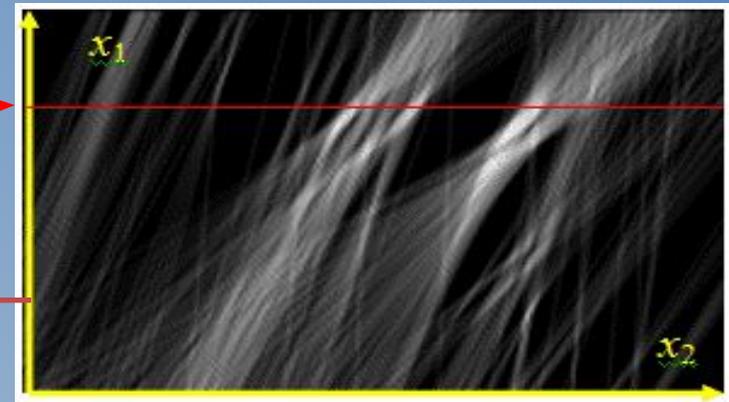
Горизонтальная проекция карты градиентов. Максимум в проекции определяет положение штрихового маркера.

$$\text{Proj}_y[y] = \sum_{x=0 \dots \text{DimX}-1} \text{Im}[x,y]$$

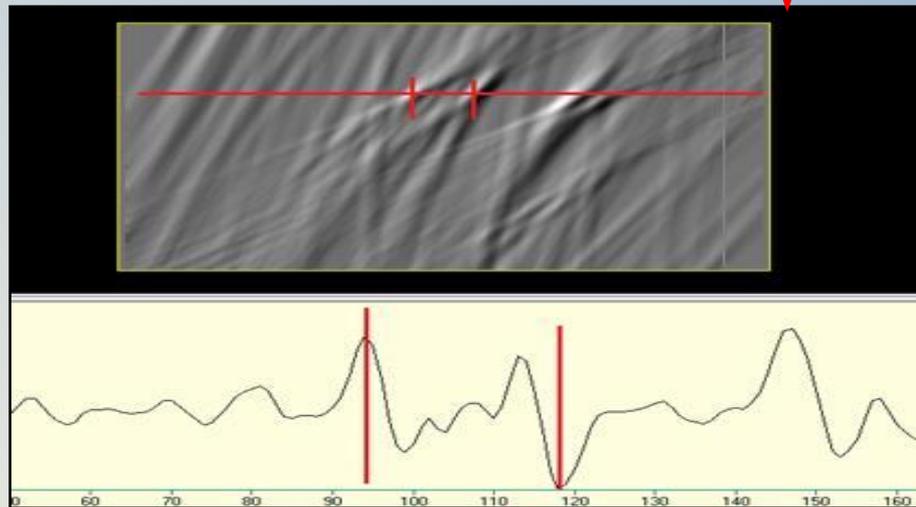
Определение продольных границ ВПП



Параметризация ортонормального преобразования Хафа (x_1, x_2)



Результат ортонормального преобразования Хафа изображения ВПП



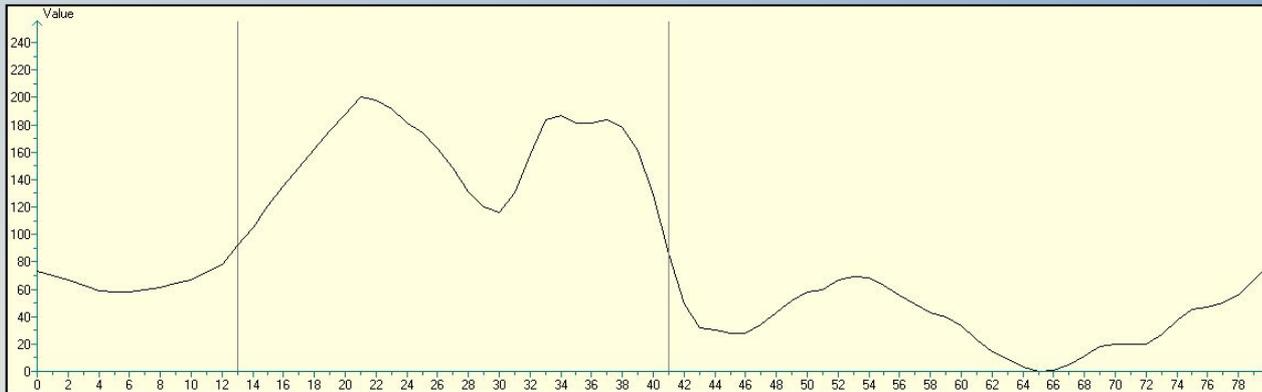
Оптимальная строка дифференцированного ОПХ (вверху), ее профиль (внизу) и соответствующие симметричные положения сигналов для левой и правой границ ВПП

Уточнение положения начала и конца ВПП



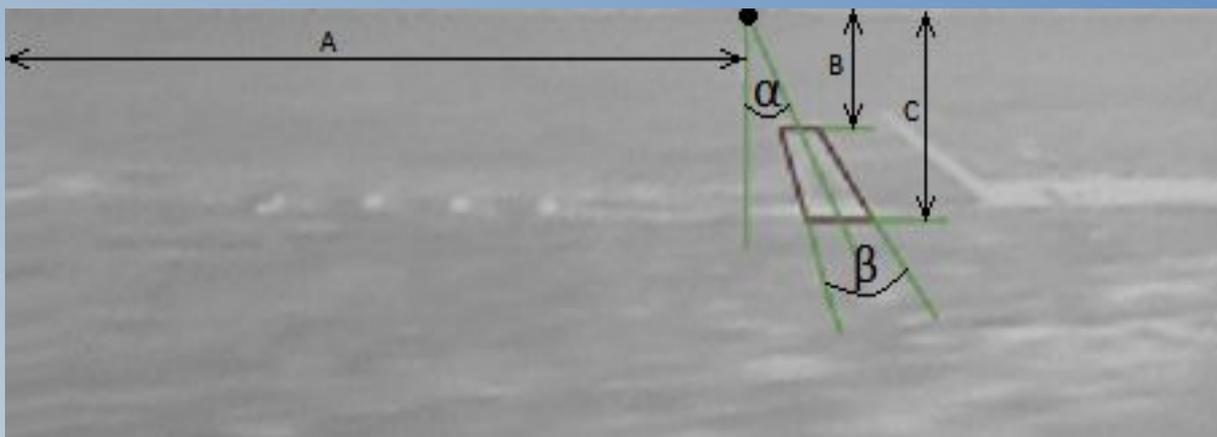
Для определения положения начала и конца ВПП (нижней и верхней границ) используется предположение о том, что образ ВПП на изображении имеет большую яркость, чем окружающий фон.

Линии продольных границ образуют треугольник, а начало и конец полосы в нем далее определяются как резкие перепады яркости при построчном суммировании внутри этого треугольника.



Нормализованная вертикальная проекция яркости внутри треугольника ВПП. Вертикальными линиями отмечены начало и конец ВПП.

Пространственно-временная фильтрация параметров положения ВПП



Оцениваемые параметры положения ВПП:

A - Координата точки схода (точка схода всегда принадлежит линии горизонта),

B – Расстояние от конца ВПП до линии горизонта,

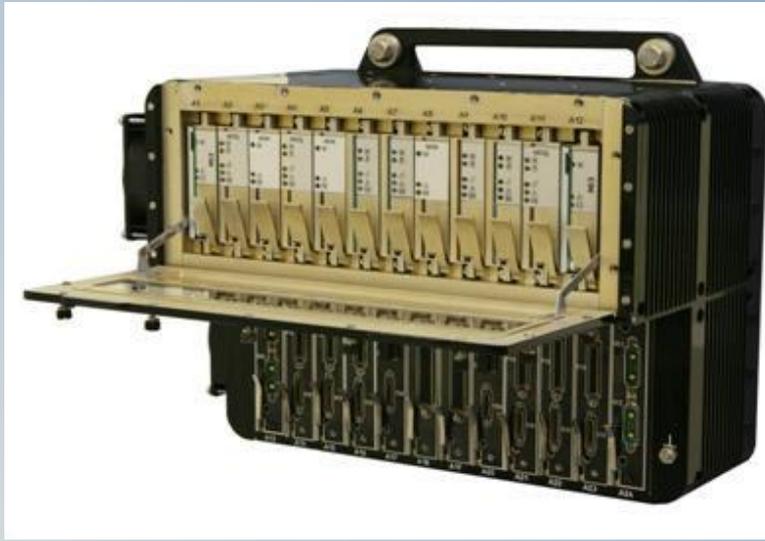
C – Расстояние от начала ВПП до линии горизонта,

α – Угол между вертикалью и средней линией ВПП,

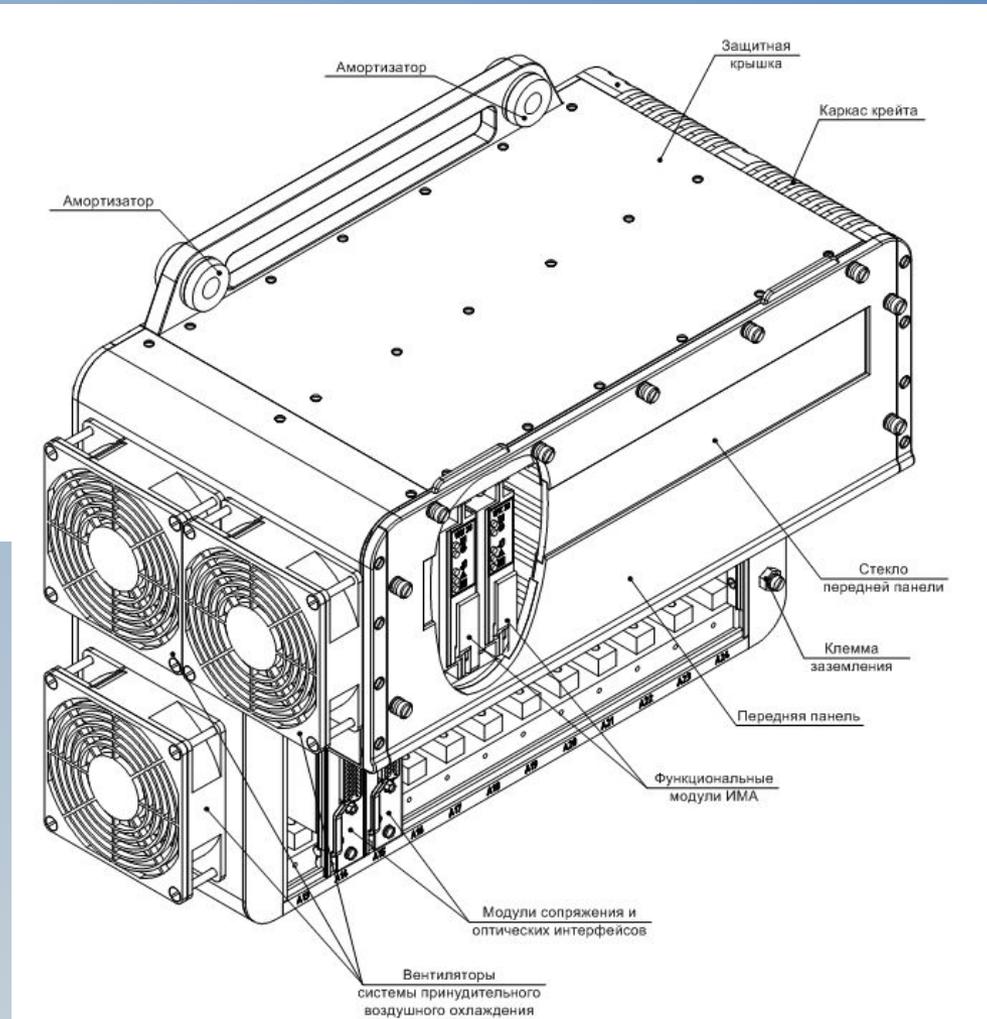
β – Угол раствора между левой и правой границами ВПП

Реализация алгоритма в составе системы EVS/SVS

Прототип EVS реализован на базе БУП ИМА и включен в состав демонстрационного стенда ФГУП «ГосНИИАС»



Быстродействующая
унифицированная платформа
(БУП) ИМА



Пример обнаружения ВПП на модельном ролике



Ролик ФГУП «ГосНИИАС», моделирование ФГУП «ПИЦ»

Основные результаты и направления дальнейшей работы

- ✓ Как показывают проведенные тесты, описанный алгоритм обеспечивает **устойчивое обнаружение, прослеживание и индикацию визуального положения ВВП** на модельных видеопоследовательностях
- ✓ Тестирование программной реализации алгоритма на крейте ИМА показало **возможность обработки видеопотока в реальном времени** на борту самолета.

Направления дальнейшей работы

- Достижение работоспособности алгоритма на реальных изображениях ВПП, в том числе – многоспектральных (ТВ+ИК)
- Повышение вероятности правильного обнаружения ВПП в сложных случаях за счет использования дополнительной информации – как текущей ПНИ, так и априорных картографических сведений об аэродроме и структуре расположения ВПП в аэродромном комплексе

Спасибо за внимание!