

УДК 004.932.2

## АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯХ

А.И. ЛОГВИН, А.В. ВОЛКОВ

В статье рассмотрен вариант решения задачи автоматического обнаружения взлетно-посадочной полосы на видеоизображениях.

**Ключевые слова:** обнаружение взлетно-посадочной полосы, преобразование Хафа, системы синтетического видения, оператор Собеля.

### Введение

Заключительным этапом любого полета является заход на посадку и посадка, которые с точки зрения безопасности полетов считаются наиболее сложными и ответственными. Сложность обусловлена тем, что пилотирование воздушного судна ведется в условиях значительного изменения высоты, скорости полета и частых разворотов, а также высокими требованиями к выдерживанию заданного маневра снижения и захода на посадку.

Необходимость повышения безопасности полетов, обеспечения безопасного захода на посадку и выполнения посадки требует внедрения новых способов обработки информации от бортовых систем технического зрения различных спектральных диапазонов, навигационных приборов и цифровых карт местности.

### Распознавание взлетно-посадочной полосы на видеоизображениях

Одним из направлений развития систем технического зрения является предварительная обработка в реальном времени текущих видеоизображений, полученных от сенсоров системы технического зрения. Под обработкой подразумеваются вопросы фильтрации, контрастирования и выделения типовых объектов. Задача распознавания взлетно-посадочной полосы сводится к выделению продольных границ активной (рабочей) полосы и маркированию порогов.

При этом указанная задача должна быть решена на максимально возможном удалении воздушного судна от точки приземления. Однако в силу малого размера фрагмента изображения ВПП относительно полного изображения результат выделения границ ВПП и маркирование порогов считается недостоверным. По мере приближения воздушного судна к ВПП процедура автоматического распознавания повторяется и результаты уточняются в реальном масштабе времени. Таким образом, процедуру автоматического распознавания можно разделить на 2 этапа: распознавание в ближней и дальней зонах.

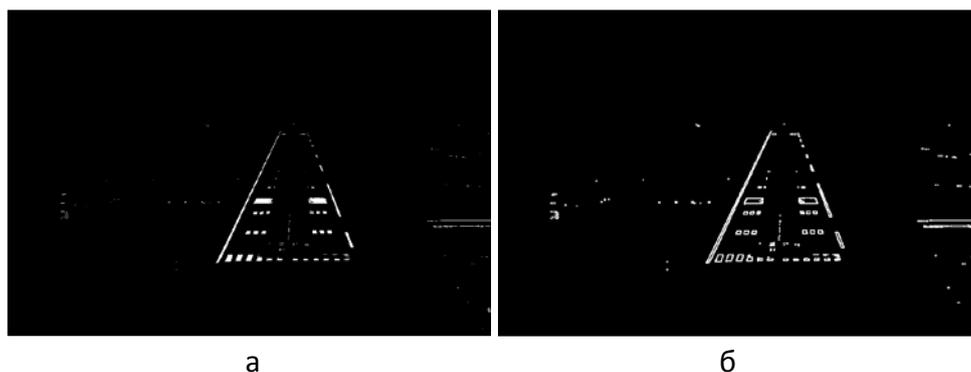
### Описание алгоритма распознавания

На рис. 1 представлено исходное изображение.



Рис. 1. Исходное изображение

На первом этапе выполняется бинарное квантование изображения. Заметим, что предварительно применяется фильтр Гаусса для удаления шумов на исходном изображении, и выполняется преобразование полученного изображения в оттенки серого [1]. После квантования изображение принимает следующий вид (рис. 2а). Далее к полученному черно-белому видеофрагменту применяется оператор Собеля для выделения границ изменения яркости [2]. Оператор использует ядра  $3 \times 3$ , с которыми свёртывают исходное изображение для вычисления приближенных значений производных по горизонтали и по вертикали. Результат выделения границ представлен ниже (рис. 2б).



**Рис. 2.** Результат применения к изображению: а – бинарного квантования; б – оператора Собеля

После детектирования к изображению применяется классическое ортонормальное преобразование Хафа [1]. Поиск продольных экстремумов сводится к поиску в аккумуляторе Хафа наиболее симметричных локальных экстремумов максимальной амплитуды.



**Рис. 3.** Результат поиска в пространстве Хафа прямых, соответствующих границам ВПП

### Увеличение достоверности работы алгоритма

Для увеличения достоверности результатов работы алгоритма следует выполнить обнаружение линии горизонта на видеоизображении. Обнаружение линии горизонта позволит структурно разделить видеоизображение на участок "небо" и участок "земля". Распознавание ВПП целесообразно проводить только на участке "земля".

Обнаружение линии горизонта выполняется аналогично, то есть происходит последовательное выполнение следующих этапов алгоритма: бинарное квантование, удаление шумов с использованием фильтра Гаусса, применение оператора Собеля и преобразования Хафа.

В качестве дополнительной меры разделения видеоизображения целесообразно ввести следующий дополнительный фактор: усредненное значение яркости со стороны участка "небо" выше, чем значение яркости со стороны участка "земля". Результат работы алгоритма представлен на рис. 4.

## Заключение

Указанный алгоритм является несовершенным и требует некоторых доработок. Это связано с тем, что на некоторых видеопоследовательностях продольные границы ВПП определяются ошибочно или не определяются вовсе. Эта проблема связана с наличием высококонтрастных линий, попадающих в аккумулятор Хафа, которые ошибочно определяются алгоритмом как границы ВПП.

Кроме того, отсутствует надежный признак, позволяющий уверенно судить об отсутствии на изображении ВПП.



Рис. 4. Определение линии горизонта

В качестве дополнительной обработки возможно выполнение маркирования порогов на основе информации о геометрическом расположении линий, характеризующих ВПП.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гонсалес Р., Вудс Р. *Цифровая обработка изображений*. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
2. Комаров Д.В., Визильтер Ю.В., Выголов О.В. Разработка алгоритма автоматического обнаружения взлетно-посадочной полосы на видеоизображениях // *Техническое зрение в системах управления*. 2011. № 2. С. 37-55.

## ALGORITHMS FOR AUTOMATIC RUNWAY DETECTION ON VIDEO SEQUENCES

Logvin A.I., Volkov A.V.

The article discusses algorithm for automatic runway detection on video sequences. The main stages of algorithm are represented. Some methods to increase reliability of recognition are described.

**Keywords:** runway detection, Hough transform, system visualization synthetic, Sobel operator.

## REFERENCES

1. Gonsales R., Vuds R. *Tsifrovaja obrabotka izobrazhenij*. М.: Tekhnosfera. 2005. 1072 p.
2. Komarov D.V., Vizilter Yu.V., Vigolov O.V. Razrabotka algoritma avtomaticheskogo obnaruzhenija vzletno-posadochnoj polosoj na videoizobrazhenijah. *Tekhnicheskoe zrenije v sistemakh upravlenija*. 2011. № 2. Pp. 37-55.

## Сведения об авторах

**Логвин Александр Иванович**, 1944 г.р., окончил КГУ (1966), профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры управления воздушным движением МГТУ ГА, автор более 510 научных работ, область научных интересов – радиолокация, техническая эксплуатация РЭО, системы УВД.

**Волков Андрей Владимирович**, 1989 г.р., окончил МАИ (2012), аспирант МГТУ ГА, автор 1 научной работы, область научных интересов – радиолокация.