

УДК 531

**В.П. КВАСНИКОВ, Р.С. ЛОБУС, М.С. РУДНЕВА**

*Национальный авиационный университет, Киев, Украина*

## **ВИДЕОСИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ПОСТОРОННИХ ОБЪЕКТОВ НА ШАССИ САМОЛЁТА**

Рассмотрена система видеомониторинга заданного фрагмента самолёта с целью обнаружения посторонних объектов, что могут вызвать повреждение или повышенный износ оборудования самолёта. Система способна предупреждать экипаж об опасных предметах на взлётной полосе и в случае необходимости выдавать экстренные управляющие сигналы.

**видеосистема, мониторинг, распознавание, стереоизображение, определение расстояния, идентификация**

### **Введение**

Посторонние предметы, находящиеся вблизи шасси самолёта, могут привести к серьезным повреждениям взлётной полосы, самих шасси и оборудования самолёта. Это, в свою очередь, может вызвать серьезные сбои в эксплуатационном процессе, задержки в расписании работы и связанные с этим значительные материальные потери. Предметами могут быть обломки деревьев, поврежденные и свисающие части самолёта, кульки, а также другие посторонние объекты, в том числе и умышленно оставленные на взлётной полосе.

### **Решение задачи**

Проблема может быть решена с помощью системы, своевременно обнаруживающей посторонние объекты, находящиеся в районе шасси. В настоящее время таких разработок не существует. Системы, предназначенные для обнаружения препятствий на железнодорожном пути или на автомобильных дорогах, для этой цели не подходят. Они в основном рассчитаны на обнаружение крупных объектов (размером не менее 60 см), которые по цвету и форме хорошо выделяются на фоне серого асфальтового покрытия или путевой решетки на балласте.

Посторонние предметы в районе шасси могут

быть похожи на их элементы, поэтому возникают трудности при их идентификации. Операции, проводимые в процессе автоматической оптической диагностики шасси должны проходить в режиме реального времени. В связи с этим были произведены экспериментальные исследования с целью определения расстояний до объектов двумя видеокамерами и выделения инородных объектов вблизи заданной трёхмерной фигуры.

### **Концепция**

Видеосистема состоит из оптических сенсорных устройств и аппаратуры для последующей цифровой обработки полученных данных.

На рис. 1 показана принципиальная схема обнаружения посторонних предметов в районе шасси самолёта.

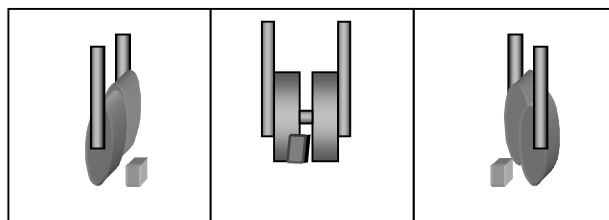


Рис. 1. Принцип обнаружения посторонних предметов в районе шасси самолёта

В системе используются три видеокамеры, смещенные относительно друг друга в горизонтальной

плоскости, и два компьютера, один из которых служит для сохранения видеоинформации, поступающей с частотой 30 изображений на одну камеру в секунду, что соответствует 30 Мбайт/с, а другой - для управления и анализа. Прибор для измерения расстояния позволяет определять число изображений в зависимости от скорости. Устройство, формирующее сигналы тревоги и экстренного управления.

### **Оптические сенсорные устройства**

В ходе исследований были использованы три промышленные видеокамеры последовательного сканирования с разрешением  $525 \times 728$  пикселей и объективами с переменным фокусным расстоянием, изменяющимся от 50 до 300 мм. Камеры были размещены на расстоянии 2,5 м перед объектом мониторинга. Для определения оптимальных параметров проведено несколько серий испытаний. При этом был установлен ряд взаимозависимостей.

### **Фокусное расстояние**

Чем больше фокусное расстояние, тем лучше решение. При этом увеличивается дальность обзора и точность определения местоположения объектов.

Меньшее фокусное расстояние приводит к увеличению угловой апертуры. Благодаря этому можно также контролировать кривые малого радиуса.

Оптимальным оказалось фокусное расстояние, равное 140 мм. Объективы с фокусным расстоянием 300 мм также могут распознавать объекты на расстоянии 80 м, но при этом теряется изображение в кривых малого радиуса, в связи с чем посторонние предметы в этих зонах могут остаться необнаруженными.

Для контроля элементов взлётной шасси в кривых малого радиуса необходима более мощная видеоматрица камеры. Кроме того, необходимо разрабатывать «интеллектуальную» камеру, которая сама будет определять участки, представляющие наибольший интерес, и на этой основе регулировать объем передаваемой информации.

### **Высота расположения камер**

Если камеры расположены выше, т. е. ближе к шасси, изображение объектов в горизонтальной плоскости имеет значительные искажения. В результате этого объекты, находящиеся ниже центра шасси, обнаружить трудно. С другой стороны, при большей высоте уменьшается загрязнение камер.

Другим недостатком расположения камер на большой высоте является то, что на изображении появляется много посторонних объектов (деревья, горы и т.д.), которые затрудняют распознавание предметов, находящихся в зоне обзора.

Как было установлено в процессе исследований, высота установки камер, равная 1,5 м, является оптимальной для контроля участков длиной от 35 до 70 м.

### **Число камер**

Для определения пространственных координат необходимо больше одной камеры, чтобы из двумерного изображения с помощью триангуляции получить третий размер, а именно расстояние до наблюдаемых объектов. Только таким образом возможно обнаружение препятствий в интересующей зоне.

Камеру нежелательно устанавливать так, чтобы шасси закрывали вид на взлётную полосу. При установке трех камер шасси всегда находится в поле зрения одной из пар. При этом объекты и элементы изображения не перекрывают друг друга и не затрудняют контроль зоны мониторинга. Это иллюстрирует рис. 2: с помощью боковых камер хорошо видно посторонний предмет, в то время как на изображении центральной камеры он закрыт элементами шасси.



Рис. 2. Посторонний предмет в габарите шасси

Кроме того, система с тремя камерами облегчает сопоставление разных изображений и таким образом упрощает их распознавание. Сопоставление необходимо для определения расстояния до объектов по их смещению на разных изображениях. Реализовать это достаточно сложно, так как из-за большого базисного расстояния посторонние предметы на изображениях представляются по-разному и с большим смещением. Использование трех камер значительно облегчает эту задачу, но увеличивает стоимость системы.

### **Анализ изображений**

Прежде всего на изображении находят занесённый в базу данных объект, который является базовой линией для оценки высоты расположения любых других объектов. Это позволяет определить, находятся ли они в зоне прохода шасси. Программа должна автоматически и с достаточной надёжностью распознавать на изображениях шасси и его элементы независимо от изменений его положения по высоте и направлению.

Далее достаточно определить положение других объектов по отношению к шасси, чтобы решить, являются ли они посторонними предметами, находящимися на пути их движения. Такой метод даёт хорошие результаты даже при использовании оптики недостаточно высокого уровня. Разработанный для этого алгоритм не требует использования данных об участке или о внешних признаках предполагаемых препятствий.

### **Распознавание шасси самолёта**

Для автоматического распознавания шасси разработан алгоритм, который преобразует снятые камерами изображения таким образом, что все объекты, находящиеся в плоскости шасси, появляются в одинаковой позиции. Затем изображения комбинируются поэлементно (по пиксельно), в результате чего изображение шасси представляется в виде

сплошной темной зоны, проходящей сверху вниз.

Для проведения аффинного преобразования необходимо лишь знать уравнение плоскости, которое задается расстоянием до шасси на изображениях начала и конца участка. Сами же значения расстояния до шасси можно получить по трем изображениям и последовательности кадров.

### **Распознавание посторонних объектов**

После распознавания шасси, можно проверить все объекты вблизи него, чтобы установить, являются ли они препятствием на пути их следования. С этой целью определяют положение каждого объекта в трех координатах. Соответствующие объекты на изображениях отдельных камер накладываются друг на друга. По горизонтальному смещению определяют расстояние до объектов, а затем и остальные координаты.

По состоянию на конец 2006 года разработанная система могла распознавать лишь те посторонние объекты, которые находились вблизи контактного провода. Алгоритм для контроля пути следования шасси самолёта планируется создать на следующих этапах разработки.

При известном расположении двух камер, точка левого изображения  $(x'_l, y'_l)$  соответствует лучу, выходящему из начала системы координат  $x_l = x'_l s$ ,  $y_l = y'_l s$ ,  $z_l = fs$ .

В правой системе координаты точек этого луча имеют вид:

$$x_r = (r_{11}x'_l + r_{12}y'_l + r_{13}f)s + r_{14}, \quad (1)$$

$$y_r = (r_{21}x'_l + r_{22}y'_l + r_{23}f)s + r_{24}, \quad (2)$$

$$z_r = (r_{31}x'_l + r_{32}y'_l + r_{33}f)s + r_{34}, \quad (3)$$

они проектируются в

$$\frac{x'_r}{f} = \frac{x_r}{z_r}, \quad \frac{y'_r}{f} = \frac{y_r}{z_r}. \quad (4)$$

Повышение эффективности работы системы определяется уменьшением числа ложных срабатываний, что достигается с помощью строго задаваемых

критериев реакции системы. Так, посторонние объекты должны определяться на нескольких последовательно получаемых тремя камерами изображениях. Объект должен при этом приближаться и увеличиваться в размерах или же сохранять размеры в определенных заданных границах.

На рис. 3 приведён фрагмент программы, вычисляющий расстояние до объекта с использованием всего двух камер.

```
#define CalcMod
struct
{
int x, y, a;
} TPosition;
struct
{
int m0, m1, t;
} TDrive;
void VCalc(TPosition *Pos, TDrive *Drive)
{
Speed = (m0 + m1) / 2;
dist = Speed * Drive->t;
theta = (m0 - m1) / D,
Position->X = Position->X + dist * sin(theta);
Position->Y = Position->Y + dist * cos(theta);
}
```

Рис. 3. Фрагмент программы

### Результаты испытаний и перспективы

В ходе испытаний системы изображения получали и сохраняли в реальных условиях, после чего информацию обрабатывали с помощью указанных алгоритмов.

Было установлено, что обработка полученных изображений возможна и в реальном масштабе времени.

Система безошибочно распознала посторонний предмет, находившийся на шасси или взлётной полосе с зигзагом +0,4 м между отметками 5,5 и 5,7 м под самолётом. Так же безошибочно распознавались препятствия, которые помещались на испытательном участке в середине пролета. Строго определенные критерии срабатывания системы обеспечивали отсутствие ложных реакций.

Наиболее важным результатом этих испытаний было то, что обусловленные высокой скоростью колебания камер и шасси не снижали качества изображений и их пригодности для обработки. Для получения системы, пригодной для использования при любых заданных условиях, необходима дальнейшая доработка как технических средств, так и программного обеспечения.

### Литература

1. Витязев В.В. Цифровая обработка сигналов; ретроспектива и современное состояние // Электросвязь. – 1997. – № 6. – С. 8-12.
2. Automatic Incident Detection Through Video Image Processing / P.G. Michalopoulos, R.D. Jacobson, Anderson C.A., T.B. DeBruycker // Traffic Engineering & Control. – Feb 1993. – P. 66-75.
3. Битязев В.В. Новое в цифровой обработке сигналов // Электросвязь. – 1998. – № 10. – С. 14-17.

*Поступила в редакцию 15.06.2007*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.В. Конин, Национальный авиационный университет, Киев.