

ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

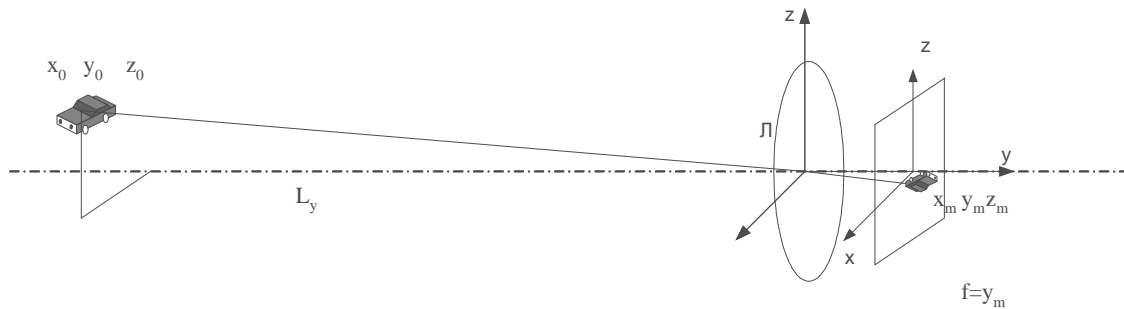
Нгуен Лием Хиеу

Тулский государственный университет *e-mail*: liemhieu@mail.ru

Для контроля дорожной обстановки на трассах с большой интенсивностью движения широко используются камеры видео наблюдения. Информация, поступающая с видеокамер, содержит данные об изменении положения в пространстве автомобилей, находящихся в поле зрения системы. Обработка этой информации на основе алгоритмов, используемых в телевизионных измерительных системах, позволяет определить скорость движения отдельных (выделенных на изображении) транспортных средств.

Однако практическая реализация данного метода встречает целый ряд трудностей, среди которых основными являются необходимость решения задач выделения отдельного объекта из нескольких, находящихся в поле зрения; преобразование двумерных координат объекта в плоскости фотоприемной матрицы в трехмерные пространственные координаты; вычисление вектора скорости объекта при различных ситуациях (поперечное движение, сближение, удаление, комбинированное движение) и другие.

Схема преобразования изображения в телевизионной системе контроля дорожного движения представлена на рисунке. Оптическая система видеокамеры L формирует на поверхности матрицы фотоприемников, расположенной в фокальной плоскости объектива f , плоское (так называемое видимое) изображение наблюдаемого объекта.



Рисунок

Основная система координат расположена в центре оптической системы (объектива L). Плоское изображение объекта формируется в системе координат матрицы, которая представляет собой результат параллельного переноса основной системы на расстояние y_m , равное фокусному расстоянию объектива f .

Исходное изображение объекта с совокупностью координат всех его точек x_0, y_0, z_0 преобразуется оптической системой в плоское изображение с координатами точек $x_m, y_m, z_m \approx f$ (поскольку в рассматриваемом случае объект расположен на расстоянии $L_y \gg f$).

В соответствии с законами геометрической оптики связь между координатами плоского изображения объекта на матрице и реальными координатами в пространстве определяется соотношениями:

$$x_0 = \frac{x_m(y_0 - f)}{f}; y_0 = \frac{y_m f}{y_m - f}; z_0 = \frac{z_m(y_0 - f)}{f},$$

а расстояние до объекта L_y :

$$L_y = \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + z_0^2}.$$

Из выражений следует, что объективное измерение скорости автомобиля по видимому изображению возможно только при априорно известном расстоянии до него L_y . Эта затруднение может быть решено двумя методами: измерение параметров движения на предварительно калиброванном расстоянии; измерение расстояния телевизионной измерительной системой по объекту в поле зрения с известными геометрическими размерами (дорожный знак, указатель, рекламный щит и т.д.).

Общий алгоритм обработки изображений дорожной обстановки включает выполнение следующих операций:

1. Коррекция цветовой гаммы, яркости и контраста изображения для оптимального выделения интересующих объектов.

2. Фильтрация изображения с целью подавления фона и помех. Удаление фона приводит к сокращению времени обработки видеоданных, повышению точности обнаружения интересующих объектов в пределах сцены. Фильтрация изображения может производиться с помощью спектральных методов, методов вейвлет-анализа, медианных фильтров.

3. Выделение движущихся объектов и подавление стационарного фона на плоском изображении. Анализ поля векторов скоростей позволяет разделить видеопоследовательность на двумерные слои когерентного движения для объектов,двигающиеся с различными скоростями на неподвижном или перемещающемся фоне. Дополнительными признаками являются пространственная близость пикселей, принадлежащих одному слою движения, форма, внешний вид и размеры объектов.

4. Выделение на изображении связанных областей повышенной яркости (сегментация объектов). После выделения на изображении областей, обладающих высокой энергией движения производится их сегментация, позволяющая сформировать объект как единый образ, характеризующийся определенной формой и размерами. Признаками для сегментации блоков объекта являются их пространственная и временная корреляция.

5. Определение координат центров тяжести объектов и их характерных размеров.

6. Наложение строга на изображение для выделения интересующего объекта из группы. Эта операция позволяет перейти от режима наблюдения дорожной обстановки к режиму измерения параметров движения конкретного выделенного автомобиля и одновременно резко сократить объем вычислений.

7. Определение размеров и дальности до объекта (дальность может быть априорно известной величиной или определяться по известным линейным размерам какого-либо объекта).

При известном размере объекта калибровки A расстояние до него y_0 может быть рассчитано по соотношению:

$$y_0 = \frac{f(A + a_m)}{a_m} \approx \frac{fA}{a_m},$$

где a_m – размер объекта на фотоприемной матрице. Абсолютная погрешность Δy_0 измерения расстояния в этом случае:

$$\Delta y_0 = -\frac{fA}{a_m^2} \Delta a_m.$$

8. Вычисление текущих координат центра тяжести объекта и их изменения во времени по смещению объекта в плоскости изображения камеры и изменению его размера.

9. Вычисление всех составляющих скорости объекта в системе координат местности (при поперечном движении определение скорости производится непосредственно по изменению координат центра тяжести изображения в системе координат местности; при продольном – по изменению масштаба изображения; при произвольном движении используется комбинированный алгоритм). Составляющие линейной скорости автомобиля определяются по формулам

$$V_x = \frac{h(y_0 - f)}{f} \left[\frac{\Delta x_p}{\Delta t} \right]; V_{y1} = -\frac{(y_0 - f)}{a_p} \left[\frac{\Delta a_p}{\Delta t} \right];$$

$$V_{y2} = -\frac{(y_0 - f)}{b_p} \left[\frac{\Delta b_p}{\Delta t} \right]; V_z = \frac{h(y_0 - f)}{f} \left[\frac{\Delta z_p}{\Delta t} \right],$$

где Δx_p , Δz_p – изменение поперечных координат центра тяжести автомобиля на фотоприемной матрице в пикселях; h – шаг расположения фотоприемных элементов на матрице; f – фокусное расстояние объектива; Δa_p , Δb_p – изменение размеров плоского изображения автомобиля на матрице (в пикселях).

Автором разработаны программы для тестирования описанных алгоритмов с точки зрения эффективности их применения в телевизионных измерительных системах контроля скоростного режима транспортных средств. Тестирование производилось на специально сформированных изображениях, моделирующих различные дорожные ситуации, а также на реальных видеорядах. Разработанные алгоритмы позволяют рассчитывать скорость движения автомобиля при различных направлениях его движения. Оценены погрешности определения скорости для различных вариантов движения. Минимальные погрешности определения скорости имеют место при поперечном варианте движения автомобиля.