

УДК 621.397.424(045)

Н. Ф. Тупицин, канд. техн. наук

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ПОМОЩЬЮ ВИДЕОКАМЕРЫ

Институт електроніки і систем управління НАУ, e-mail: nift@mail.ru

Предложен алгоритм определения характеристик движения различных транспортных средств с помощью системы видеонаблюдения. Приведена оценка точности определения этих характеристик, полученная на основе анализа материалов видеосъемки.

Вступление и анализ проблемы. Всё большее применение в повседневной жизни и в производственных процессах находят системы видеонаблюдения, использующие цифровую обработку, передачу и хранение видеоматериалов. Для профессиональных интегрированных систем безопасности компьютерные системы являются безальтернативными. При больших возможностях цифровых систем главной информацией об объекте наблюдения, как правило, являются:

- тип объекта (массогабаритные характеристики);
- ряд параметров, характеризующих его движение.

За последние годы значительные финансовые вложения в развитие видеотехники и разработку алгоритмического и программного обеспечения компьютерного зрения в США [1; 2] позволили проанализировать и решить целый спектр задач, в частности:

- охрана и обеспечение безопасности важных объектов с помощью видеокамеры (ВК);
- обеспечение слежения за потоком транспорта на автомагистралях и др.

В Украине информация об алгоритмах определения параметров движения транспортных средств (ТС), реализованных в зарубежных системах слежения обычно недоступна, а отечественная база данных пока только накапливается. Эта работа посвящена детальной проработке одного из таких алгоритмов.

Постановка задачи. Предположим, что в нашем распоряжении имеется система видеонаблюдения (СВН), размещенная, например, на беспилотном летательном аппарате (БПЛА) или на неподвижном основании для наблюдения за заданным участком автомобильной трассы, причем объектив (ВК) направлен на заданный участок автомобильной трассы (рис. 1).

В состав СВН должны входить следующие устройства: ВК, компьютер, устройство управления, видеонакопитель и поворотное устройство с трансфокатором (объектив с переменным фокусным расстоянием (f^*)). Целесообразно, чтобы ВК имела возможность автоматического (или ручного, с помощью оператора) переключения режимов с цветного в черно-белый при снижении освещенности, в противном случае, необходимо иметь две ВК: цветную и черно-белую. Черно-белые ВК стоят в среднем в полтора раза дешевле цветных, у них лучше, примерно в два раза, разрешающая способность и почти на порядок выше чувствительность. Они хорошо работают в условиях низкой освещенности или небольшого тумана. Цветные ВК позволяют лучше идентифицировать наблюдаемый объект, например, различать цвет автомобиля. Однако цветные ВК работают только при достаточном освещении и требуют цветного монитора. Пусть у ВК постоянная частота кадров ν или заданное время обновления CDD матрицы t_3 . При наличии в кадре двух маркеров (дорожных столбов), расположенных на заданном расстоянии один от другого, нетрудно определить скорость движения ТС и его габариты.

Задача заключается в том, чтобы обеспечить слежение за дорожной обстановкой и безопасностью движения транспортных средств. При решении данной задачи возникают следующие проблемы:

- 1) составить базу данных транспортных средств, включающую проекции ТС на картинную плоскость при их наблюдении под разными относительными пеленгами;

2) разработать алгоритм определения характеристик движения транспортных средств.

Рассмотрим только вторую проблему, которая может быть решена с помощью видеозаписи движения ТС (последовательного ряда кадров) и получения полной информации о габаритах ТС и характеристиках его движения.

Следует только отметить, что при разработке алгоритма необходимо иметь проекции ТС на картинную плоскость при их наблюдении с разных ракурсов.

Алгоритм определение характеристик движения транспортных средств. При расположении ВК со стороны от траектории движения ТС на заданном расстоянии r от середины трассы и на высоте h над ней, как это показано на рис. 1, можно наблюдать за участком трассы при неподвижном положении ВК. При таком размещении ВК и при направлении оптической оси объектива на ТС можно в любой момент времени иметь в кадре постоянный «масштабный» размер-маркер.

Для фиксации всей траектории ТС в пределах видимости ВК необходимо поворачивать ВК [3] с заданной угловой скоростью $\omega_{\text{ВК}}$, причем величина $\omega_{\text{ВК}}$ связана с расстояниями r , h и величиной скорости ТС (V) и определяет угловую скорость линии визирования центр объектива ВК – центр масс ТС. При этом в работе [3] приведена формула для оценки величины угловой скорости $\omega_{\text{ВК}}$ только в частном случае, когда наблюдаемый объект движется по прямой линии и с постоянной скоростью. В общем случае [4] в плоскости вектора скорости ТС и центра ВК угловая скорость линии визирования (рис. 2) имеет вид

$$\omega_{\text{ВК}} = \dot{\xi} = V_{\perp}/D,$$

где D – расстояние между центром оптической оси ВК и центром масс ТС; $V_{\perp}$ – нормальная проекция вектора скорости ТС.

Для простоты на рис. 2 кинематическая схема движения ТС показана в системе координат, связанной с ТС.

Соотношение для угла ξ можно записать в виде $\cos(\xi) = H/D$, а значит

$$\omega_{\text{ВК}} = \dot{\xi} = V(H/D)/D = (VH)/D^2, \quad (1)$$

где $H = \sqrt{R_1^2 + h^2}$, причем R_1 – расстояние на трассе от точки размещения ВК до траектории движения центра масс ТС на трассе.

В том случае, когда СВН позволяет определить величину $\omega_{\text{ВК}}$ и известна величина скорости, то из формулы (1) нетрудно получить дальность от ВК до ТС:

$$D = \sqrt{(VH)/\omega_{\text{ВК}}}, \quad (2)$$

а при известной дальности ВК–ТС можно найти величину скорости ТС

$$V = (\omega_{\text{ВК}} D^2) / H. \quad (3)$$

Как видно из формулы (1) величина $\omega_{\text{ВК}}$ достигает своего максимального значения тогда, когда значение D минимально при заданных величинах V и H . Кроме того, из формулы (3) по заданной величине $\omega_{\text{ВК}}$ можно определить ТС, движущиеся со скоростью, превышающей пороговое значение скорости $V_{\text{п}}$, т. е. когда скорость $V > V_{\text{п}}$.

Как следует из формул (2) и (3) скорость ТС пропорциональна текущему значению $\omega_{\text{ВК}}$, а дальность до него обратно пропорциональна величине $\sqrt{\omega_{\text{ВК}}}$.

При анализе видеозаписи движения масштаб картинки (кадра) определяется при помощи измерения расстояния на кадре с использованием ПК и специальных программ и сравнения его с расстоянием на местности.

В данной работе для вычисления масштаба пересчета использовались реальные размеры маркера M_1 ($11,4 \times 0,45$ м) на трассе и его размеры на экране в пикселях, а также величина дальности от маркера до объектива камеры.

Масштаб n -го кадра (рис. 3) определялся по формуле

$$M_n = \left(\frac{W_{1n}}{P_{ix_{мар1n}} (X_{мар1} + X_1)} \right),$$

где W_{1x} – линейный размер маркера M_1 на n -м кадре; $P_{ix_{мар1n}}$ – размер маркера M_1 на n -м кадре в пикселях; $X_{мар1}$, X_1 – проекции расстояний от ТС до маркера M_2 и от маркера M_2 до видеокамеры.

Примеры расчета характеристик движения ТС. При расчете характеристик движения ТС выберем следующие диапазоны изменения дальности D – (0 – 5000 м); скорости ТС – (0 – 60 м/с); величины H – (15 – 50 м), угловой скорости линии визирования центра масс ТС – центр объектива ВК – (0 – 15 град/с).

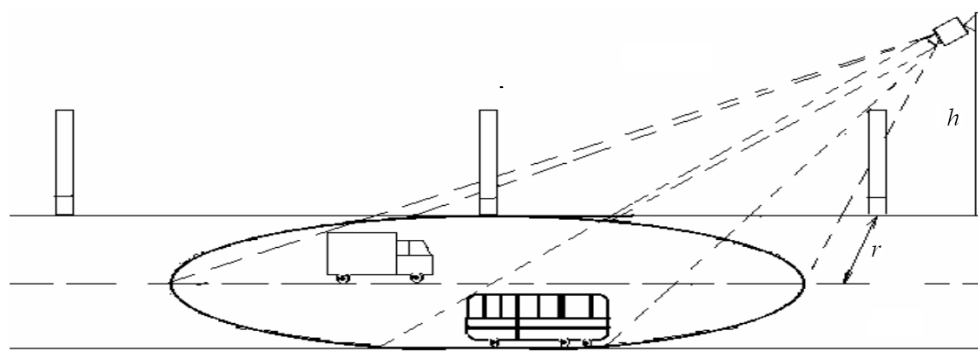


Рис. 1. Схема размещения видеокамеры

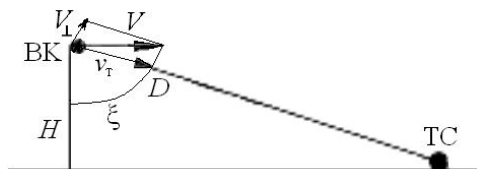


Рис. 2. Расположение ВК со стороны траектории ТС

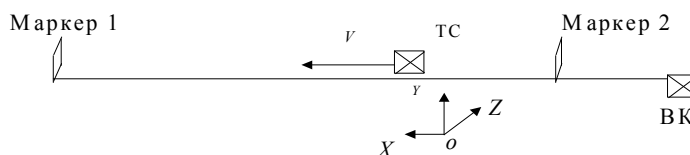


Рис. 3. К определению масштаба n -го кадра

Задавая величины $\omega_{ВК}$ и $H = 30$ м, при помощи формулы (3), получим зависимость между значениями дальности ВК – ТС и скорости ТС при различных угловых скоростях линии визирования центра масс ТС – центр объектива ВК (рис. 4).

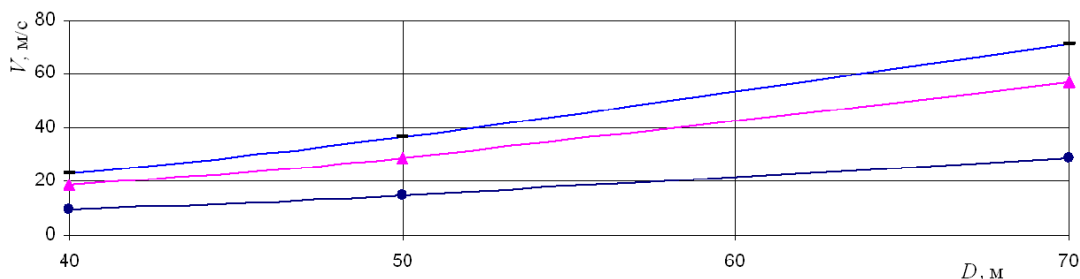


Рис. 4. Зависимость между значениями дальности ВК–ТС и скорости ТС при различных значениях угловой скорости линии визирования ВК – ТС: —▲— – 20 град/с; —●— – 10 град/с; —■— – 30 град/с

Максимальное значение угловой скорости линии визирования существенно зависит от величины H (рис. 5), которая определяет минимальное расстояние прохождения ТС от ВК.

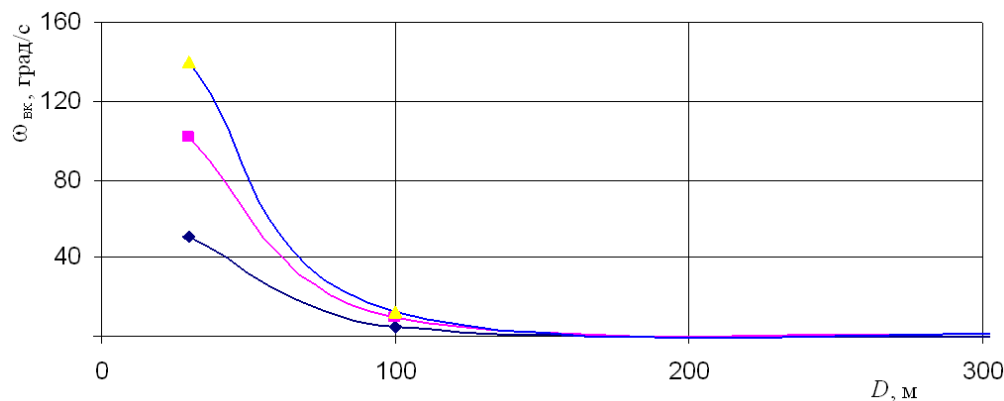


Рис. 5. Зависимость угловой скорости линии визирования центра масс ТС – центр объектива ВК от величины D при скорости ТС $V=40$ м/с (144 км/ч): —◆— $H=20$ м; —■— $H=40$ м; —▲— $H=55$ м

Выводы. Разработанный алгоритм может быть применен в системах видеонаблюдения за дорожным движением. Для рассматриваемого диапазона скоростей ТС и располагаемых дальностей наблюдения за ними нецелесообразно применять поворачивающуюся ВК.

Список литературы

1. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман: пер. с англ. – М.: БИНОМ. 2006. – 752 с.
2. Форсайт, Дэвид А., Понс, Жан. Компьютерное зрение. Современный подход.: пер. с англ. – М.: Изд. Дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
3. Аблесимов А. К., Тупицин Н. Ф. Метод определения параметров движения летательного аппарата с помощью видеокамеры // Електроніка та системи управління. НАУ 2006. – №3. – С. 60 – 67.
4. Енохович А. С. Краткий справочник по физике. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1976. – 288 с.

М. Ф. Тупіцин

Алгоритм визначення характеристик руху транспортного засобу за допомогою відеокамери

Запропоновано алгоритм визначення характеристик руху різноманітних транспортних засобів за допомогою відеокамери або системи відеоспостереження. Наведено оцінку точності визначення цих характеристик, отриману на основі аналізу матеріалів відеоспостережень.

N. F. Tupytsin

Algorithm of definition of characteristics of movement of a vehicle with the help of the videocamera

The algorithm of traffic characterization of various carriers with the help of video camera is offered. The estimation of the characterization accuracy is resulted, received on the basis of the footage analysis.