

Н. Н. ВАСИН, В. Ю. КУРИНСКИЙ

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМАМИ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Представлены метод обработки видеосигналов систем измерения скорости движения протяженных объектов и способ снижения погрешности измерения.

Ключевые слова: обработка видеосигналов, измерение скорости, протяженный объект, смещение изображения, точность измерения.

Постановка задачи. Системы видеонаблюдения используются в АСУ технологическими процессами в связи с расширением функциональных возможностей при измерении скорости и ускорения, определении трасс движения и других параметров контролируемых объектов.

Во многих сферах деятельности необходимо измерять скорость движения протяженных объектов с использованием систем видеонаблюдения, когда оптическая ось видеокамеры перпендикулярна вектору движения протяженного объекта. Протяженными считаются такие объекты, геометрические размеры которых сопоставимы с размерами поля зрения применяемых видеокамер или существенно превосходят его, поэтому в процессе наблюдения в кадр попадают различные части объекта. Существующие системы видеонаблюдения не обеспечивают необходимую точность измерений даже в тех случаях, когда известны направление движения объекта, его начало и расстояние до видеокамеры.

В качестве примера протяженного объекта в статье рассматриваются железнодорожные вагоны, роспуск которых производится на сортировочной горке. Система видеонаблюдения в режиме реального времени измеряет скорость движения вагонов и передает информацию подсистеме управления замедлителями.

Метод измерения скорости движения протяженных объектов [1] базируется на определении смещения изображения за время следования кадров. Его недостатком являются низкая производительность вычислений, поскольку обрабатывается весь кадр, и высокая погрешность измерения параметров протяженного объекта, обусловленная вибрацией видеокамеры и движущегося объекта. Предлагаемый метод [2] характеризуется высокой производительностью за счет обработки только части видеоизображения и повышенной точностью измерения скорости движения протяженного объекта при наличии вибрации видеокамеры и самого объекта.

Метод определения величины смещения объекта. Изображение движущегося объекта на кадре $i+1$ смещается относительно i -го на некоторую величину Δs , что видно из рис. 1. При известных расстоянии от видеокамеры до объекта и значениях Δs за время τ следования кадров легко определить перемещение S самого объекта [1] и, следовательно, скорость его движения $V = S/\tau$. Таким образом, измерение скорости движения объекта сводится к измерению смещения изображения.

Для определения величины смещения подвижного объекта за известный период τ следования кадров видеокамеры на текущем i -м кадре выделяется совокупность строк видеоизображения, т.е. горизонтальная полоса по всей длине кадра X пикселей и высотой n пикселей в области изображения, где происходит отображение объекта (рис. 1, а).

Поскольку смещение Δs изображения $(i+1)$ -го кадра, согласно предлагаемому методу [2], определяется не для всего кадра, а только для горизонтальной полосы, координаты которой соответствуют координатам полосы i -го кадра (рис. 1), то производительность обработки видеоизображения существенно повышается.

Для анализа выделенной совокупности строк используется функция яркости $f(x, y)$, задающая суммарный уровень яркости каждого столбца высотой n и шириной 1 пиксел, который описывается следующей формулой и представляет собой столбчатую диаграмму:

$$F(x) = \sum_{y=y_0}^{y_n} f(x, y).$$

Совокупность столбцов выделенной полосы образует столбчатую диаграмму суммарного уровня яркости от координаты X (рис. 2). При движении объекта его изображения на двух соседних кадрах и соответствующие столбчатые диаграммы смещаются (рис. 2, а). Величину этого смещения Δs необходимо измерить.

При вычислении смещения Δs протяженного объекта за период следования кадров можно анализировать столбчатую диаграмму не всей горизонтальной полосы, а только прямоугольной области размером $m \times n$ на кадре i (см. рис. 1, б), которой соответствует выделенный участок на столбчатой диаграмме (см. рис. 2, б), что требует меньше вычислительных ресурсов.

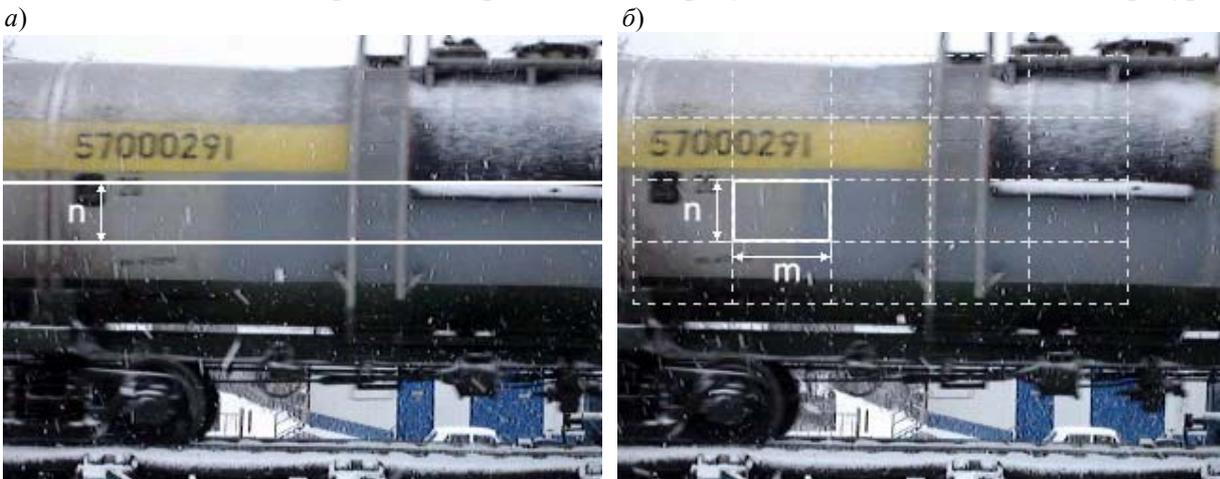


Рис. 1

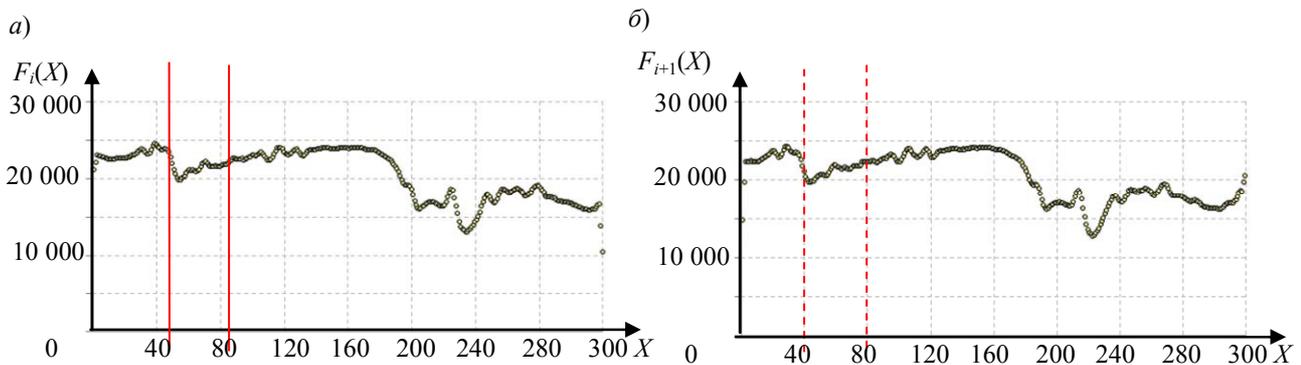


Рис. 2

Для поиска значения Δs необходимо определить положение эквивалентной прямоугольной области размером $m \times n$ на кадре $i+1$, для чего используется структурная функция:

$$Q(j) = \left[\sum_{k=1}^m \left(h_i(k) - h_{i+1,j}(k) \right)^2 \right],$$

где k — номер столбца прямоугольной области шириной в один и высотой n пикселей; $h(k)$ — сумма уровней яркости пикселей столбца k ; j — номер выделенной прямоугольной области.

Минимальная величина $Q(j)$ соответствует прямоугольной области кадра $i+1$, которая по своим характеристикам наименее отличается от выделенной прямоугольной области на

текущем i -м кадре. На рис. 2, а вертикальными линиями ограничен участок столбчатой диаграммы найденной прямоугольной области.

На рис. 3 приведена графическая зависимость структурной функции от смещения. Минимальное различие (когда $Q(j)$ минимально) соответствует наибольшему совпадению сравниваемых прямоугольных областей.

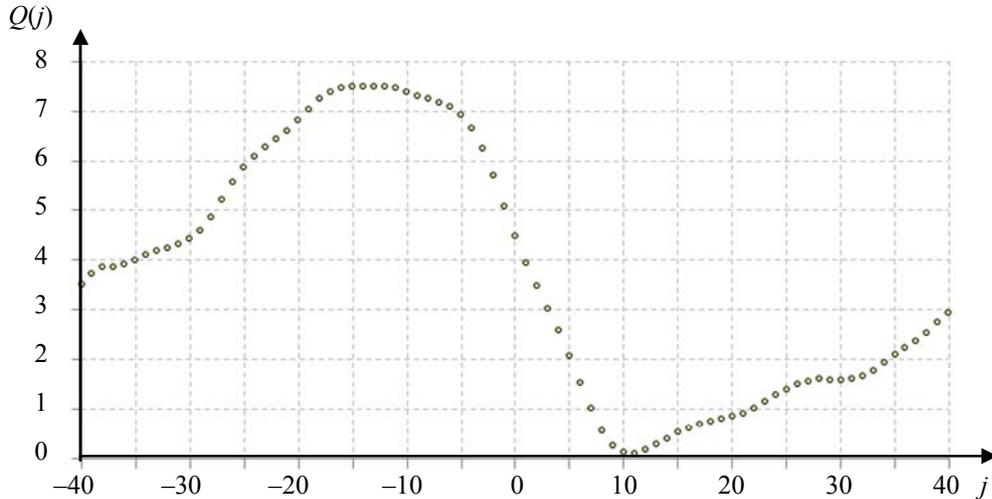


Рис. 3

Таким образом, существует значение Δs , для которого различие столбчатых диаграмм сравниваемых областей полос текущего и последующего кадров будет минимальным. Значение Δs характеризует смещение объекта за период следования кадров и, следовательно, скорость движения объекта.

Повышение точности измерения скорости. Оценка смещения изображения объекта Δs в области минимума $Q(j)$ производилась с использованием аппроксимирующего полинома 4-го порядка по методу наименьших квадратов. На кадре i выделялось множество (до 20) прямоугольных областей (рис. 1, б), для каждой из которых находилось значение Δs . Для заданного множества прямоугольных областей было найдено среднее значение и среднеквадратическое отклонение. При доверительной вероятности 0,997 случайная погрешность измерения смещения Δs находилась в пределах 6 % для диапазона скоростей 5—20 км/ч.

Повышение точности измерения смещения изображения Δs реализовано за счет увеличения интервала наблюдения, когда анализировалось смещение Δs диаграмм i -го и $(i+l)$ -го кадров. В проведенном эксперименте при скорости объекта 5—20 км/ч значение l изменялось от 1 до 10. При увеличении l от 1 до 7 смещение изображения Δs увеличивалось с 10 до 65 пикселей, а погрешность снижалась с 6 до 1,5 % (рис. 4), что объясняется интегрированием случайных отклонений величины смещения Δs . При дальнейшем увеличении l наблюдался рост погрешности, что обусловлено проявлением аберрации оптической системы, т.к. выделенная прямоугольная область на текущем кадре и эквивалентная на последующем наиболее далеко расположены друг относительно друга.

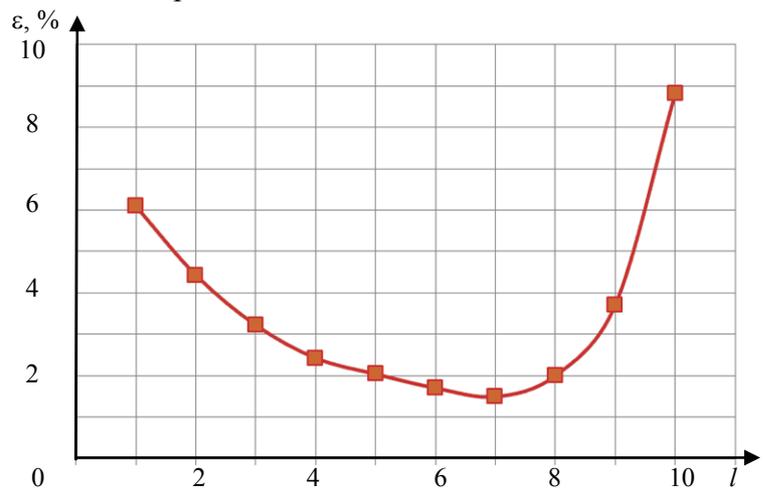


Рис. 4

Закключение. Описанный способ обработки видеосигналов позволяет измерять скорость движения протяженных объектов с погрешностью не более 1,5—2,0 % в диапазоне 5—20 км/ч. Однако предложенный способ может быть применен и для измерения скорости свыше 20 км/ч. Так, например, для диапазона 30—50 км/ч рекомендовано использовать 1-й опорный и 4-й последующий кадры, при этом погрешность измерения не превысит 2 %. При скорости выше 70 км/ч достаточно использовать i -й и $(i+1)$ -й кадры, поскольку при достаточно высокой скорости смещение изображения за период следования кадров будет большим, когда случайные отклонения интегрируются.

Автоматизированная система измерения скорости вагонов, созданная на основе предложенного способа, была апробирована на сортировочной горке станции Кинель Куйбышевской железной дороги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васин Н. Н., Куринский В. Ю. Метод измерения скорости движения железнодорожных вагонов на сортировочной горке // Инфокоммуникационные технологии. 2005. Т. 3, № 1. С. 40—44.
2. Патент РФ № 2398240. Способ измерения скорости движения протяженных объектов / Н. Н. Васин, В. Ю. Куринский. Оpubл. 27.08.2010.

Сведения об авторах

Николай Николаевич Васин

— д-р техн. наук, профессор; Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, кафедра систем связи, Самара; заведующий кафедрой; E-mail: vasin@psati.ru

Вадим Юрьевич Куринский

— канд. техн. наук; Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, кафедра систем связи, Самара; E-mail: red-hat@list.ru

Рекомендована кафедрой систем связи

Поступила в редакцию 16.02.12 г.