

АППАРАТУРНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ОСВЕЩЕННОСТИ СТАНЦИЙ МЕТРОПОЛИ- ТЕНА

д.т.н., проф. А.И. Стрелков, д.т.н., проф. Б.И. Макаренко,
к.т.н. Т.А. Стрелкова, А.П. Лытюга

В статье рассматривается влияние пространственной неравномерности освещенности станции метрополитена на качество информации при автоматизации измерения количественных характеристик пассажиропотоков. Предложен метод аппаратной компенсации в реальном масштабе времени влияния низкочастотной и высокочастотной шумовых составляющих телевизионного сигнала и вариант его технической реализации.

Метрополитен является одним из важнейших элементов инфраструктуры современного индустриального города. Являясь важнейшей транспортной артерией, он обеспечивает ежедневные перевозки большого числа пассажиров. Для обеспечения высокого качества предоставляемых метрополитеном услуг расписание движения поездов должно быть согласовано с интенсивностью пассажиропотока, существенно изменяющейся несколько раз в течение дня. Для оптимизации графика движения поездов необходима оперативная информация о количественных характеристиках пассажиропотоков на всех станциях метрополитена [1].

В настоящее время для оценки количества пассажиров, находящихся на станции, используется система видеонаблюдения, включающая в себя телевизионные камеры, находящиеся в вестибюлях, переходах и на платформах, сопряженные с мониторами, установленными в комнате оператора. Оператор анализирует изображение станции и визуально оценивает количество находящихся на станции пассажиров. Естественно, что такой способ не эффективен, утомителен для оператора и может приводить к большим погрешностям в оценке интенсивности пассажиропотока. Для обеспечения возможности получения высокоточной, оперативной информации о пассажиропотоках необходимо автоматизировать процесс их количественной оценки.

Для обеспечения максимальной эффективности внедрения такой системы представляется рациональным использовать имеющиеся на станциях метрополитена технические средства (телевизионные камеры, соединительные кабели и др.). Другими словами, работа автоматизированной системы должна основываться на компьютерном анализе телевизионных изображений участка станции, находящегося в поле зрения телевизионных камер. На рис. 1 представлен фрагмент сюжета, записанного на одной из станций Харьковского метрополитена. В телевизионном кадре, наряду с изображениями пассажиров,

элементами оборудования станции, также присутствуют изображения ламп системы освещения. Кроме того, освещенность, создаваемая лампами, неоднородна по пространству, а отраженные от блестящих поверхностей лучи создают блики.



Рис. 1. Телевизионный кадр

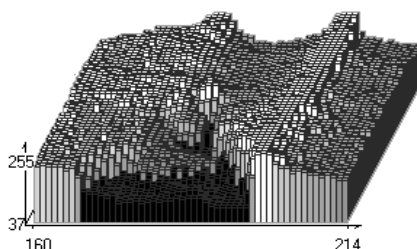


Рис. 2. Гистограммы напряжений, соответствующие выделенному фрагменту телевизионного кадра

На рис. 2 приведены гистограммы напряжений, сформированных элементами разрешения фотокатода телевизионной камеры. Гистограммы соответствуют фрагменту телевизионного кадра, выделенному на рис.1 белым прямоугольником (по оси X – телевизионные координаты; по оси Y – градации серого).

Из анализа рис. 2 видно, что разность напряжений, обусловленная неравномерностью освещенности станции, может превосходить по абсолютной величине разность освещенностей, вызванную присутствием пассажира, а в некоторых точках освещенность может превысить динамический диапазон телевизионной камеры, что приводит к насыщению элементарных фотоприемников и к потере информации, содержащейся в некоторых элементах изображения.

При компьютерной обработке телевизионного изображения неравномерность освещенности станции будет приводить к ошибкам в оценке количества пассажиров. Поэтому в схему обработки телевизионного сигнала должен быть включен блок учета неравномерности освещения станции, который может быть реализован программным или аппаратным путем. В случае программной реализации быстродействие системы будет значительно снижено, так как ресурсы ЭВМ будут привлечены для выполнения большого количества операций, обеспечивающих попиксельный анализ телевизионных кадров. В случае аппаратной реализации предварительная обработка телевизионного сигнала с целью учета неравномерности освещения станции может быть проведена в реальном масштабе времени, что существенно снизит время проведения измерения. Данная статья рассматривает возможность аппаратной реализации учета пространственной неравномерности освещенности станции метрополитена для решения задачи автоматизации процесса количественной оценки пассажиропотока. Для реализации функции учета пространственной неравномерности освещенности станции метрополитена предлагается ис-

пользовать устройство, структурная схема которого приведена на рис.3. Данная структурная схема состоит из аналого - цифрового преобразователя (АЦП), управляющего блока, двух пороговых блоков, ключа, линии задержки, управляемого блока памяти и вычитающего блока.

Рис. 3. Структурная схема устройства учета неравномерности освещенности станции метрополитена

Работа рассматриваемого устройства состоит в следующем. Пусть на вход АЦП поступает сигнал $U_{ВХ}(t)$. Эпюра сигнала на выходе АЦП представлена на рис. 4. Сигнал с выхода АЦП поступает на управляющий блок и с выхода

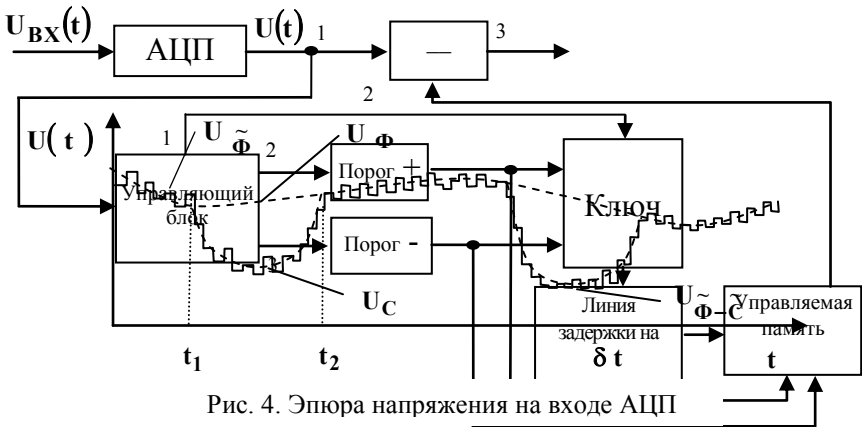


Рис. 4. Эпюра напряжения на входе АЦП

1 через нормально замкнутый ключ, через линию задержки на время δt , равное нескольким временным дискретам, транслируется без запоминания на второй вход вычитающего блока. Одновременно в управляющем блоке производится вычисление значения производной $\frac{dU}{dt}$. На первый вход вычитающего блока поступает сигнал непосредственно с выхода АЦП.

Так как фоновая компонента является медленно меняющимся во времени сигналом, т.е. $U(t) \approx U(t + \delta t)$, то на выходе вычитающего блока сигнал будет близким к 0. Значение производной на выходах 2 и 3 управляющего блока будут близким к нулю. В момент времени t_1 на вход управляющего блока поступает вместе с фоновой компонентой и сигнальная компонента U_c . Производная от переднего фронта U_c отрицательна и велика по абсолютной величине, т.е.

$$\frac{dU_c}{dt} \ll 0, \quad (1)$$

сигнал на выходе 3 управляющего блока превышает отрицательный порог,

включается блок памяти и запоминается величина сигнала в момент времени $(t_1 - \delta t)$, т.е. $U(t_1 - \delta t)$. В этот же момент времени t_1 размыкается ключ и на вход блока памяти прекращается поступление сигнала $U(t)$. С выхода блока памяти сигнал $U(t_1 - \delta t)$ поступает на второй вход вычитающего блока. На 1-й вход вычитающего блока продолжает поступать сигнал непосредственно с выхода АЦП. После вычитания этих сигналов сигнал на выходе вычитающего блока (точка «3» на рис. 3.) будет описываться выражением

$$U_3 = U_{\Phi}(t_1 - \delta t) - U_C(t_1) \quad (2)$$

В момент времени t_2 на выходе 2 управляющего блока формируется положительный сигнал

$$\frac{dU_C}{dt} \gg 0, \quad (3)$$

который превышает положительный порог, возвращает в исходное состояние блок памяти и замыкает ключ. При этом сигнал с выхода АЦП поступает через замкнутый ключ, через линию задержки, транслируется через управляемый блок памяти без запоминания на 2-й вход вычитающего блока. На выходе вычитающего блока сигнал вновь становится равным 0.

В телевизионном сигнале присутствуют флуктуационные составляющие, обусловленные неоднородностью входного светового потока, темновыми токами и квантовой структурой сигнала [2]. Значение напряжения, формируемого каждым элементом разрешения, является случайной величиной, и, следовательно, производная в каждой точке будет принимать случайные значения.

Для уменьшения количества ложных включений пороговой схемы будем перед операцией дифференцирования проводить усреднение значений входного напряжения по нескольким элементам разрешения. Воспользуемся известной методикой сглаживания траекторий, изложенной в [3].

Суть данной методики заключается в следующем. Если имеются данные некоторого количества m измерений величины $x(t)$, полученные в различные моменты времени t_i ($k - m < i < k - 1$) (рис. 5), то возможно экстраполировать значение измеряемой величины и ее производной в момент времени t_k , используя выражения:

$$\hat{x}(t_k) = \sum_{i=k-m}^{i=m-1} p_i x(t_{k-i}), \quad (4)$$

$$\hat{V}(t_k) = \sum_{i=k-m}^{i=m-1} q_i x(t_{k-i}), \quad (5)$$

где $\hat{x}(t_k)$ и $\hat{V}(t_k)$ - экстраполированные значения измеряемой

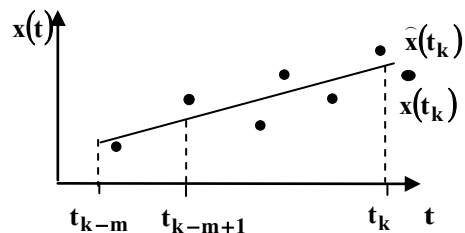


Рис. 5. Значения случайной величины $x(t)$ и ее экстраполированное значение $\hat{x}(t_k)$

величины и ее производной в момент времени t_k ; p_i и q_i - коэффициенты.

В качестве случайной величины $x(t)$ рассматривается значение напряжения, сформированного элементом разрешения передающей телевизионной трубки под действием светового потока.

Так как низкочастотная шумовая компонента медленно меняется по фотокатоду, то ее изменение можно аппроксимировать линейной функцией. Для случая линейного характера аппроксимирующей функции коэффициенты p_i и q_i могут быть вычислены в соответствии с выражениями [3]:

$$p_i = \frac{6(m-i) - 2m - 2}{m(m+1)}; \quad (6)$$

$$q_i = \frac{12(m-i) - 6m - 6}{T_0 m(m^2 - 1)}, \quad (7)$$

где T_0 - промежуток времени между двумя соседними измерениями, равный времени считывания информации с одного элемента разрешения ПТТ.

В этом случае дисперсия значения измеряемой величины, экстраполированного на момент времени t_k будет определяться выражением

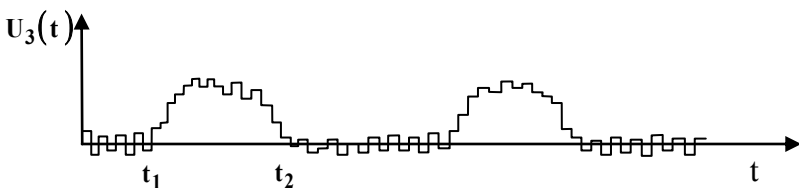
$$\sigma_{\bar{x}(t_k)}^2 = \sigma_x^2 \frac{2(2m-1)}{m(m+1)}, \quad (8)$$

а дисперсия ее производной определяется выражением

$$\sigma_{\dot{v}(t_k)}^2 = \sigma_x^2 \frac{12}{T_0^2(m-1)}. \quad (9)$$

Принимая во внимание вышеизложенное, опишем работу управляющего блока (рис.3). Очевидно, что он должен проводить сглаживание флуктуационной составляющей. Будем проводить сглаживание флуктуационной составляющей, используя экстраполяцию среднего значения по фрагменту строчной развертки. Используем значения напряжения, полученные в промежуток времени $T_1 = t_{k+m} - t_k$. Проведем экстраполяцию среднего значения напряжения в точке t_k и вычислим производную в этой точке. Очевидно, что в случае, когда значения напряжения, формируемого пикселями, обусловлены низкочастотной фоновой компонентой (в отсутствие сигнальной компоненты) производная в точке t_k будет мала. Экстраполированное среднее значение будет транслироваться через замкнутый ключ, линию задержки и блок управляемой памяти без запоминания на второй вход вычитающего устройства.

При появлении сигнала от объекта (пассажира) (момент времени t_1 на рис. 4) значение производной превышает отрицательный порог (условие (1)), управляющий блок формирует команду на размыкание ключа. Далее работа



блока учета неравномерности осветительной системы станции метрополитена происходит выше описанным образом. Эпюра сигнала на выходе вычитающего блока схематически представлена на рис. 6.

Рис. 6. Схематическое изображение эпюры сигнала на выходе вычитающего блока

Таким образом, выполнение вышеописанных операций обеспечит центрирование фоновой составляющей и инвертирование сигнальной компоненты. При этом будет учтена неравномерность осветительной системы станции метрополитена, что даст возможность снизить потери информации, связанные с наличием бликов и неравномерной освещенностью станции, при обработке видеоинформации с целью автоматического определения количества пассажиров на станциях метрополитена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные технологии на железнодорожном транспорте / Под ред. Б.И. Макаренко. – Харьков : ХВУ, 2000. – 180 с.
2. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 696 с.
3. Кузьмин С.З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации. – М.: Сов. радио, 1974. – 432 с.

Поступила в редколлегию 22.10.2001
