

УДК 621.397.13

СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СОСТАВОВ

Б. С. Тимофеев,

д-р техн. наук, профессор

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Рассмотрена структура и сформулированы задачи для видеокomпьютерной системы коммерческого осмотра железнодорожных составов. Даны результаты моделирования методов измерения скорости движения состава. Обсуждена программа оптимизации режима видеокamеры. Предложен метод синтеза изображения вагонов состава на экране компьютера. Рассмотрены алгоритмы определения порядкового номера и счета вагонов в железнодорожном составе.

The structure is considered and the tasks for a video of a computer system of commercial inspection of trains are formulated. The outcomes of simulation of methods of measurement of speed of motion of a structure are given. The program of optimization of a mode of the video camera argued. The method of picture synthesis of coaches of a structure on a screen of the computer is offered. The algorithms of definition of a serial number and score of coaches in the train are considered.

Системы видеонаблюдения используют на железнодорожном транспорте для решения широкого круга задач [1]. К ним относятся:

дистанционное оценивание технического состояния вагонов;

обнаружение негабаритного груза и других нарушений правил технической эксплуатации и безопасности, а также составление оперативных донесений о выявленных нештатных ситуациях;

фиксация времени прохождения локомотива и последнего вагона состава;

определение скорости и направления движения состава;

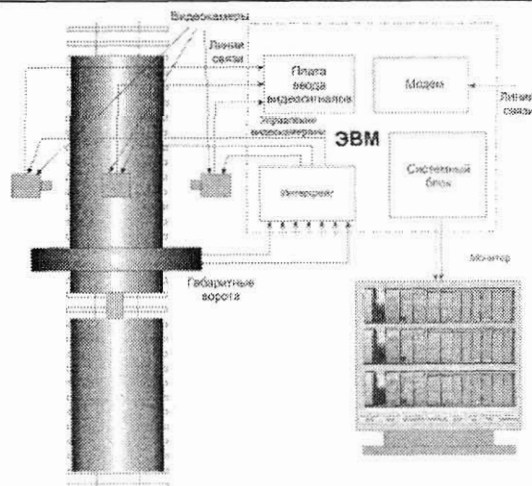
отображение порядкового номера вагона в составе и подсчет общего числа вагонов;

автоматическое различение типа вагона из согласованного списка по совокупности признаков;

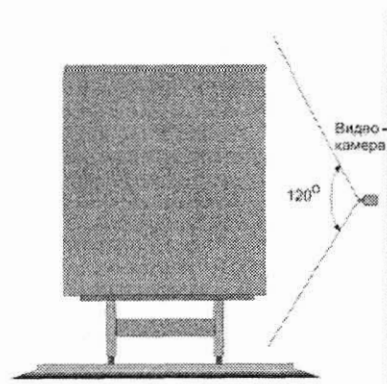
автоматический поиск местоположения, считывание и распознавание бортовых номеров вагонов;

автоматическая проверка на соответствие распознанных бортовых номеров и номеров из натурального листа;

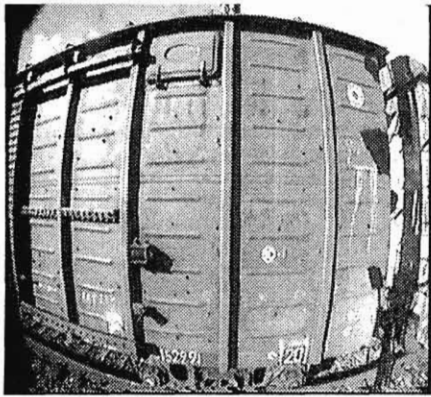
синтез цифровых изображений вагонов, формирование информационных кадров и сжатие видеoinформации для последующей архивации и составления базы данных.



■ Рис. 1. Структура системы осмотра железнодорожных составов



■ Рис. 2. Выбор угла зрения видеокамеры составов



■ Рис. 3. Видеокадр вагона

В состав системы видеонаблюдения (рис. 1) входят сенсоры; электронная система ввода видеоизображений в ПЭВМ; электронный блок аппаратной обработки сигналов; персональный компьютер; программное обеспечение. Сенсорами системы являются три видеокамеры, дающие видеоизображения левого и правого по ходу поезда бортов вагонов, а также вид сверху; габаритные электронные ворота для выявления негабаритного груза или его смещений во время движения. По тактическим соображениям видеокамеры бокового обзора должны быть установлены в промежутках между путями с тем, чтобы не допустить перекрытие сектора обзора встречным составом. Из геометрического построения (рис. 2) видно, что угол зрения объектива в этих условиях должен составлять не менее 120° . При этом возникают искажения формы объектов, которые существенно затрудняют их восприятие (рис. 3). В этой связи появляется дополнительная задача исправления геометрических искажений изображения методами цифровой обработки.

Видеоданные о проходящих составах должны быть автоматически записаны в сжатом виде на жесткий диск. Для экономии дискового пространства запись должна быть начата в момент начала прохождения состава и закончена тотчас после его окончания. Необходимо обнаружить начало и окончание движения в поле зрения всех трех видеокамер. Использование с этой целью видеоданных только от одной из боковых камер сопряжено с риском ложного решения,



■ Рис. 4. Расположение стробов в пределах ТВ-кадра

принятого на основании прохождения состава по соседнему пути.

Для сжатия видеоданных обычно используют традиционные методы (MPEG, Motion JPEG), применение которых приводит к частичной потере информации. Следует рассмотреть дополнительные возможности сжатия видеоданных, основанные на особенностях наблюдаемых движущихся объектов [2].

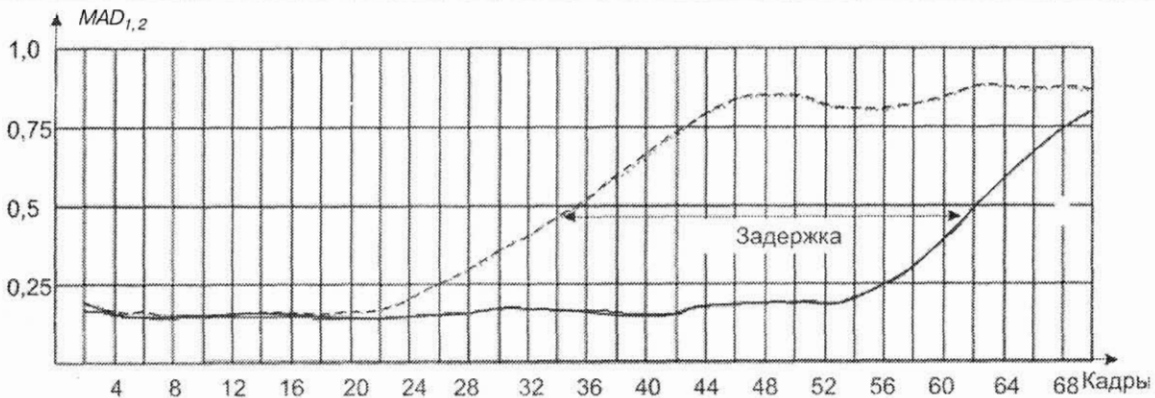
Определение параметров движения состава

Системы видеонаблюдения во многих случаях практического применения снабжают детекторами движения, принцип действия которых основан на регистрации энергии движения, вычисленной с использованием суммы модулей сигналов межкадровой разности

$$MAD = \sum_{i=1}^z \sum_{j=1}^b |L(x_j, y_i, k) - L(x_j, y_i, k-1)|, \quad (1)$$

где $L(x, y, k)$ – яркость объекта в пикселе с номером i, j в кадре с номером k ; z – число активных строк в кадре; b – число элементов по строке [3].

Так можно определить лишь *видимое движение*, которое порождено изменениями яркости пикселей $L(x, y, k)$ с координатами x и y в кадре с номером k . Видимое движение не эквивалентно 2D движению, так как имеет место даже в статической сцене с изменяющейся освещенностью, где движение отсутствует. Чтобы повысить надежность обнаружения 2D дви-



■ Рис. 5. Графики изменения сигналов в стробах 1 и 2, разнесенных в пространстве на базу В

жения, определить направление и скорость движения состава, предложено использовать два строба, разнесенные на некоторое расстояние (базу) (рис. 4). Подсчет энергии движения в пределах каждого из стробов позволяет решить поставленные задачи и исключить влияние изменения освещенности. Энергия движения, зафиксированная в таких стробах, по мере перемещения локомотива нарастает с задержкой τ (рис. 5) на время прохождения расстояния, равного базе B . Время задержки сигнала τ выражают в числе кадров, а базу B – в пикселях. Тогда предварительная оценка скорости движения состава $v = B / \tau$ пиксель/кадр. Направление движения определяют в соответствии с порядком возникновения сигналов в стробах (см. рис. 5).

На железнодорожных станциях системы видеонаблюдения устанавливаются вблизи входного (или выходного) светофоров. Состав, входящий на станционные пути, движется с замедлением, а выходящий – с ускорением. Поэтому скорость движения состава нужно измерять непрерывно. Для непрерывного оценивания скорости предложено использовать сильную корреляционную связь между сигналами в стробах 1 и 2. Значение задержки вычисляют как аргумент точки минимума взаимно корреляционной функции сигналов, полученных с этих стробов (рис. 6, 7)

$$MAD_{12}(\tau) = \sum_{k=1}^N |MAD_1(k - \tau) - MAD_2(k)|, \quad (2)$$

где N – объем выборки; k – номер кадра.

Ошибка при определении скорости не должна превышать одного пикселя за кадр. На точность влияет объем выборки N . Если выборка мала, возникает разброс в отчетах скорости, обусловленный особенностями изображения проходящих вагонов: на протяженных участках с малым количеством деталей информация об энергии движения отсутствует. При излишне большом объеме выборки вводится чрезмерное усреднение, что мешает следить за изменением скорости. Железнодорожный состав обладает значительной инерцией. Экспериментально найдено, что оптимальная выборка составляет 150–200 кадров или около 7 с. Известные углы зрения и расстояния, на которых установлены видеокамеры, дают возможность рассчитать скорость состава в км/ч.

Скорость движения состава вносят в путевой лист, а также используют для определения оптимальной выдержки при получении видеоданных.

Оптимизация режима видеокамер в сложных условиях наблюдения

Получение качественных исходных изображений объектов является основой для дальнейшей обработки изображений и решения оперативных задач. Важным резервом улучшения качества исходных изображений является расширение допустимого динамического диапазона освещенностей сцены, что позволяет наблюдать объекты в условиях резко контрастного освещения. Примерами могут служить следующие условия видеосъемки:

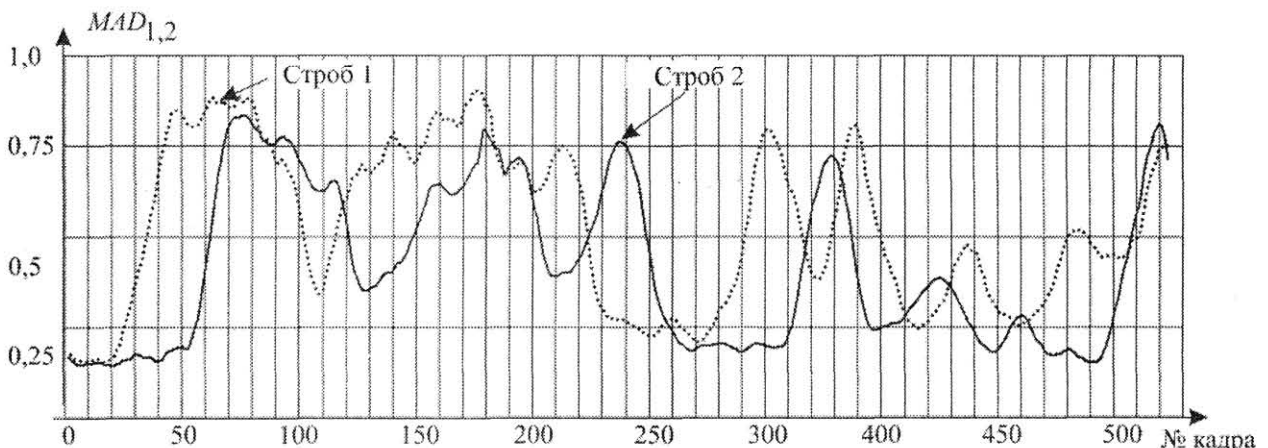
движущиеся объекты с резко контрастным уровнем освещенности (вагоны и промежутки между вагонами);

попадание в кадр солнца, ярких бликов, прожекторов;

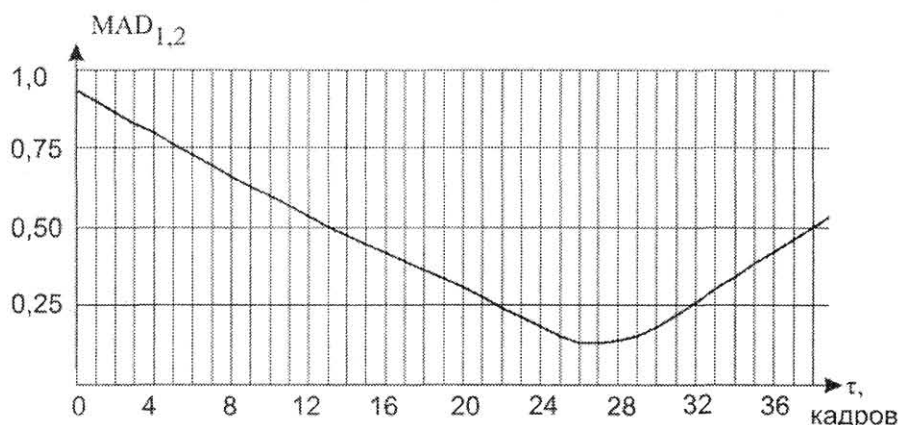
съемка против рассеянного солнечного света (в контражуре) и пр.

Световая характеристика приборов с зарядовой связью (ПЗС), применяемых практически во всех современных видеокамерах, в рабочем диапазоне освещенности линейна. Переполнение потенциальных ям носителями зарядов и их частичное перетекание в соседние потенциальные ямы проявляется на изображении в виде расплывания ярких деталей. В результате яркие детали не различимы: говорят, что изображение «уходит в белое». Это явление ограничивает сверху диапазон освещенностей (динамический диапазон), в котором может работать ПЗС. Промышленность выпускает матрицы ПЗС с антиблумингом, например, ASD-1070 фирмы «Sony». В таких ПЗС существенно снижен эффект расплывания зарядов от ярких деталей на соседние элементы, однако пополнения потенциальных ям носителями зарядов избежать не удается. Нижняя граница динамического диапазона определена шумами. Динамический диапазон ПЗС явно недостаточен для качественной работы ТВ-камеры в условиях естественного освещения (до десятков тысяч люкс).

Экспозиция или количество света, получаемое матрицей ПЗС в процессе видеосъемки, играет первостепенную роль для получения качественного изображения. Экспозиция H определяется освещенностью матрицы ПЗС E и временем экспонирования t , т. е. установленными значениями диафрагмы D и скорости срабатывания электронного



■ Рис. 6. Сигналы в стробах 1 и 2



■ Рис. 7. График взаимно корреляционной функции сигналов в строках 1 и 2

затвора t (временем накопления зарядов). Эти величины связаны выражением $H = E \times t$ (лк \times с), которое называют законом взаимозаменяемости (законом Бунзена–Роско): большое количество света, воздействующее на матрицу ПЗС короткое время, дает ту же экспозицию, что и малое количество света в течение длительного времени.

Практически все выпускаемые видеокамеры снабжены весьма эффективными системами автоматической регулировки чувствительности (АРЧ). Эти системы призваны сохранять номинальный размах видеосигнала на выходе видеокамеры за счет следующих факторов:

- стабилизации освещенности на белом – система автоматического регулирования диафрагмы объектива (АРД);
- управления выдержкой при съемке – автоматический электронный затвор;
- автоматического регулирования усиления – система АРУ.

В системе АРД сравнивают уровни выходного и эталонного сигналов и вырабатывают сигнал управления электромеханическим приводом диафрагмы. Весь вопрос заключается в том, что понимать под уровнем выходного сигнала. Если это пиковое значение видеосигнала от самой светлой точки в кадре, то яркий блик или точечный источник света, попавшие в поле зрения камеры, явятся причиной чрезмерного закрытия диафрагмы. При этом остальная часть кадра «уходит в черное» и многие сюжетно важные детали будут утеряны. Такая система видеонаблюдения «слепнет», если в сторону объектива видеокамеры направлен луч света.

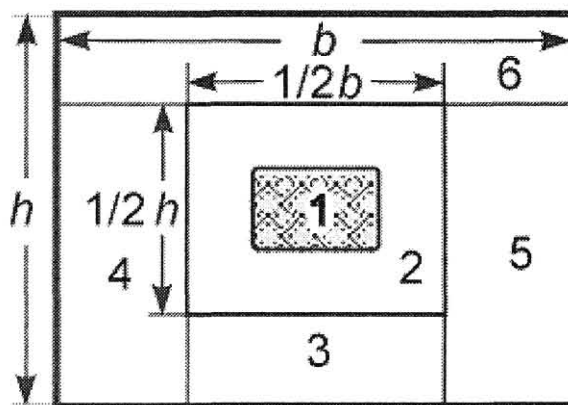
Если это среднее значение видеосигнала по всей площади кадра, пропорциональное средней освещенности сцены, то сильное влияние оказывает освещенность заднего плана. Объект на темном или светлом фоне будет экспонирован по-разному. В первом случае диафрагма будет излишне открыта, и объект «уйдет в белое», во втором случае – «уйдет в черное».

В последних модификациях видеокамер используются «интеллектуальные» цифровые системы управления диафрагмой. ТВ-кадр разбивают на зоны, значения сигналов в которых в системе АРД учитывают по-разному (рис. 8). Наивысший приоритет отдают зонам 1 и 2 в центре кадра, где обычно располагают сюжетно важные детали. Влияние освещенности заднего плана (зоны 3–6) уменьшают, чем

оптимизируют экспозицию передаваемой сцены. В некоторых видеокамерах предусмотрен режим *Back Light* («компенсации заднего света»): значение диафрагменного числа n принудительно уменьшают на 2,5 единицы относительно нормального режима (открывают диафрагму D). Тем самым поток света увеличивают примерно на 77 %, а сюжетно важный объект «выводят из черного». Однако одновременно передать слишком яркие и темные детали таким способом нельзя.

Применение электронного затвора значительно расширяет возможности по регулировке чувствительности видеокамер. Заметим, что использовать короткие экспозиции можно только при высокой освещенности объекта. В противном случае не удастся накопить заряды, достаточные для создания качественного изображения.

Одно и то же значение экспозиции получают при различных сочетаниях экспозиционных параметров D и t , что может породить конфликт между параллельно работающими системами АРД и электронного затвора. Для разрешения этого конфликта используют программное управление экспозицией, учитывающее дополнительные факторы. Оптимальные значения D и t должны соответствовать характеру снимаемой сцены. Так, увеличение диафрагмы D (уменьшение диафрагменного числа n) приводит к уменьшению глубины резкости изображаемого пространства. Снижение времени экспозиции t дает возможность получать четкие изображения движу-



■ Рис. 8. Зоны ТВ-кадра

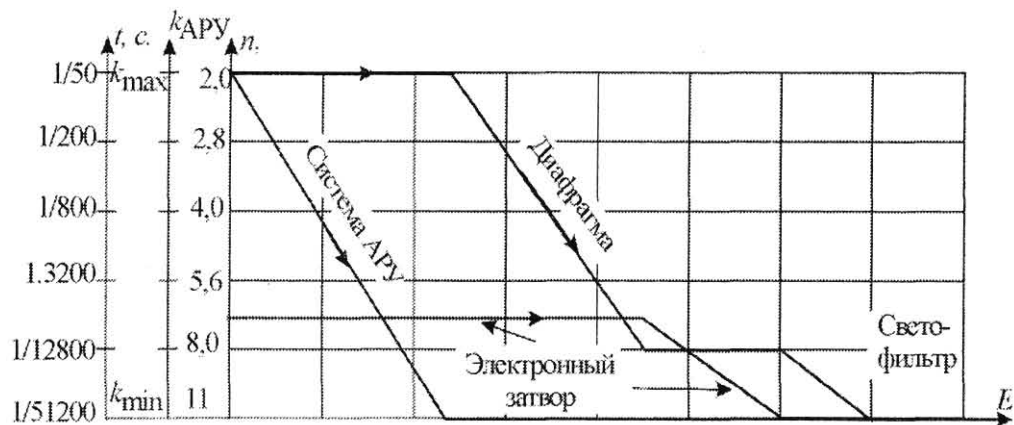


Рис 9. Программа управления экспозицией

щихся объектов. Дополнительным условием для конкретной решаемой задачи просмотра движущихся вагонов является достижение максимальной разрешающей способности видеосистемы. Факторами, влияющими на четкость создаваемого изображения, являются смаз при передаче движущихся объектов и глубина резко изображаемого пространства. При заданной скорости движения состава v величина смаза $\Delta = v / t$, где t — выдержка при съемке, установленной системой управления электронным затвором. Влияние смаза изображения будет сведено к минимуму, если его значение не превышает 0,5 пикселя. Выполнение этого условия позволяет динамически определять оптимальную выдержку при съемке на основании данных о скорости движения состава, а также уровня освещенности на объекте.

Большинство известных объективов обеспечивает наилучшую разрешающую способность и приемлемую глубину резко изображаемого пространства при значениях диафрагменного числа $n = 5,6 \div 8$. Надо также учитывать, что регулирование диафрагмы объектива и скорости срабатывания электронного затвора не влияет на соотношение сигнал-шум, тогда как увеличение коэффициента усиления в системе АРУ сопровождается ухудшением этого соотношения.

С учетом этих факторов можно предложить программу управления экспозицией, оптимальную для решаемой задачи (рис. 9). По мере роста освещенности сначала уменьшают усиление в канале АРУ для достижения максимального соотношения сигнал-шум. Диафрагма объектива при этом полностью открыта и установлена минимально допустимая скорость срабатывания электронного затвора. При дальнейшем росте освещенности диафрагму объектива закрывают вплоть до значения диафрагменного числа $n = 8$. Затем экспозицию регулируют увеличением скорости срабатывания электронного затвора, тем самым обеспечивая значительную глубину резкости снимаемой сцены. После того как возможности регулирования электронного затвора исчерпаны, закрывают диафрагму вплоть до максимально возможного для данного типа объектива диафрагменного числа n . При дальнейшем росте освещенности применяют нейтрально серый светофильтр. При минимальной освещенности, когда исчерпаны возможности системы АРУ по поддержанию номинального уровня сигнала, включают дополнительное освещение.

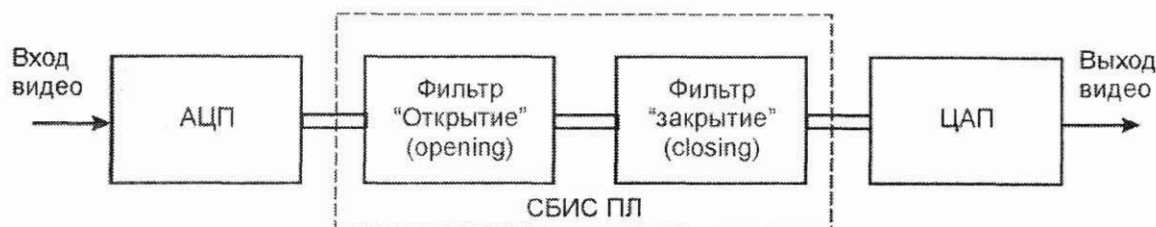
На практике в эту программу управления системой АРЧ приходится вводить так называемые «ку-

хонные» добавки. Системы управления диафрагмой, АРУ и электронным затвором имеют различные постоянные времени. Для предотвращения автоколебаний системы АРЧ в точках излома представленных на рис. 9 линий нужно ввести гистерезис. В некоторых типах видеокамер управление электронным затвором дискретное. Чтобы наблюдатель не замечал скачков видеосигнала (яркости изображения), параллельно должна работать система АРУ [4].

Условия наблюдения за движущимися железнодорожными составами характеризуются резкими сменами средней освещенности сцены в промежутках между вагонами. При съемках против источника света (солнце на закате) на стыке между вагонами резко растет освещенность. Система АРЧ отрабатывает это изменение света с некоторым запаздыванием, в результате чего оперативно значимое изображение поверхности вагона «уходит в черное». При съемке с источником света, расположенным позади видеокамеры, промежутки между вагонами оказываются темными и изображение поверхности вагона «уходит в белое». Кроме того, оказывают влияние достаточно протяженные блики на фронтальной поверхности вагона.

Применение линейных фильтров для сглаживания влияния этих возмущающих факторов не эффективно, так как в зависимости от типа вагонов длительность промежутков между ними может достигать 1/4 длины строк. В таких условиях обычное усреднение не дает желаемых результатов. Нужными свойствами обладает так называемая морфологическая фильтрация, основанная на логических операциях [5]. В Европе с 1960-х годов развивалась математическая морфология как системно-теоретический метод анализа изображений. В последнее время математическая морфология применялась в стандартных областях обработки/анализа цифровых изображений, таких как нелинейная фильтрация изображений, определение граней, подавление шумов, отображение форм, сглаживание и распознавание, скелетирование, кодирование.

Алгоритм обработки изображения, на входе и выходе которого находятся бинарные изображения, называют двумерным системным *SP* фильтром. Алгоритм, который преобразует входное полутоновое в выходное полутоновое изображение, называют функциональным двумерным *FP* фильтром. Логические операции совершают между структурным элементом (маской) *S* и областью цифрового изображения, выделенной этим структурным элемен-



■ Рис. 10. Структурная схема морфологического фильтра

том. Результат операции помещают в новую битовую матрицу на место, где находится фокус маски. Используют структурные элементы различной формы и размерности.

Наиболее распространенными операциями морфологической фильтрации, применительно к обработке бинарно квантованных или полутоновых изображений, являются эрозия (*erosion*), наращивание (*dilation*), открытие (*opening*) и закрытие (*closing*). Применительно к полутоновым изображениям операцию эрозии трактуют как нахождение минимума в пределах области исходного цифрового изображения, накрытой маской, и установкой этого значения в результирующей матрице на место, где расположен фокус маски. В операции наращивания ищут максимум сигнала.

Морфологические операции открытия и закрытия подавляют импульсные шумы, которые имеют большие положительные или отрицательные значения в некоторой области изображения. Предложено использовать морфологический фильтр для подавления импульсных помех от промежутков между вагонами в видеосигнале, поступающем на вход системы АРЧ. Поскольку промежутки между вагонами ориентированы вертикально относительно строк разложения, можно использовать структурный элемент типа «линия», ориентированный в горизонтальном направлении. Морфологические фильтры работают с цифровыми сигналами, поэтому видеосигнал следует преобразовать в цифровую форму. Так как этот сигнал не будет использован для создания изображения, частоту дискретизации можно существенно снизить (примерно до 0,5 – 1 МГц). Тем самым снижаются требования к аналого-цифровому преобразователю (АЦП) и числу ячеек структурного элемента. Для подавления импульсной помехи длительностью до 1/4 строки (порядка 10 мкс) нужен структурный элемент из 6 – 11 ячеек. Структурная схема морфологического фильтра (рис. 10) включает в себя АЦП, два полутоновых

морфологических фильтра, реализующих операции открытия (подавляет помехи светлее фона) и закрытия (подавляет помехи темнее фона). Затем сигнал преобразуют в аналоговую форму с помощью цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). Морфологические фильтры реализованы на СБИС программируемой логики фирмы ALTERA. Морфологический фильтр подавляет импульсные помехи более эффективно, чем обычный низкочастотный фильтр (рис. 11).

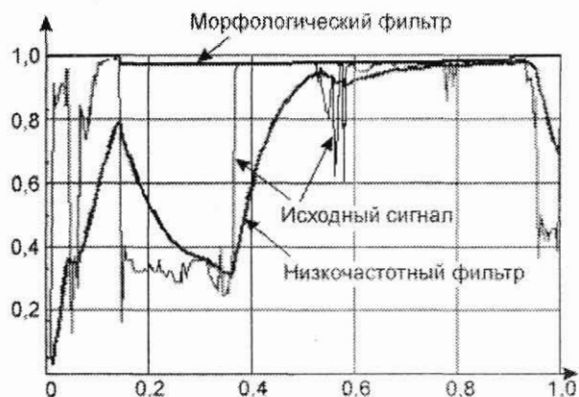
Синтез видеоизображения на экране компьютера и сжатие видеоданных.

В настоящее время практически повсеместно в системах видеонаблюдения в качестве оконечного устройства используют экран компьютера [6]. По техническим условиям видеонаблюдения железнодорожных составов следует осуществлять с трех направлений (см. рис. 1). Для синтеза трех изображений из трех источников (видеокамер) используют трехканальные платы ввода (фреймграберы).

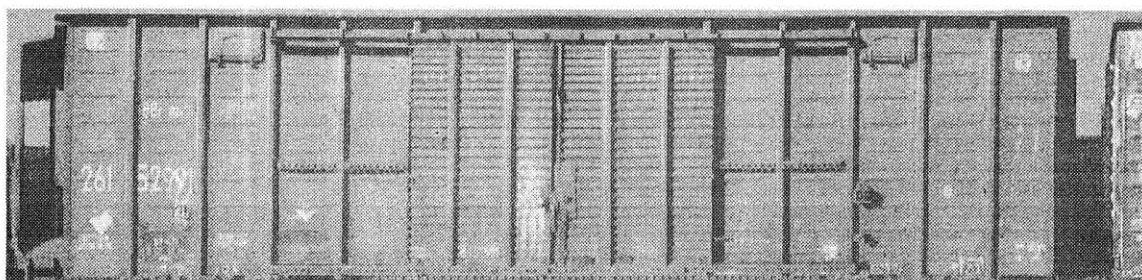
Сформулируем требования к синтезированному изображению на экране компьютера. В базовом режиме наблюдателю должны быть предоставлены изображения всех трех проекций вагонов состава, движущиеся по экрану со скоростью, соответствующей реальной. При обнаружении нестандартных ситуаций оператор должен иметь возможность применить стоп-кадр или просмотреть видеокadres в обратном направлении. При этом исходные данные должны быть сохранены в буферной памяти, с тем чтобы их показ мог быть возобновлен с некоторой временной (так называемой чистой) задержкой. Геометрические искажения (см. рис. 3) должны быть исправлены, так как помимо искривления формы объектов они создают ложные движения на экране, что затрудняет восприятие и вызывает дополнительное утомление оператора. Для повышения четкости желательнее скомпенсировать смаз изображения движущихся объектов и синтезировать кадр с прогрессивной разверткой. Последние возможности дают знание скорости и направления перемещения объектов. Кроме того, на экране должны быть отображены габаритные ворота и размещена оперативная цифро-буквенная информация. Результаты видеонаблюдения в максимально сжатом виде должны быть записаны на жесткий диск.

Для выполнения этих требований предложено синтезировать изображения вагонов состава из фрагментов (рис. 12), полученных из центральной части кадра (центральный строб на рис. 4). Горизонтальный размер строба должен быть в точности равен значению перемещения (скорости) объекта за кадр. По техническим нормам скорость состава при входе на станцию не превышает 12–30 км/ч, что после пересчета в плоскость изображения дает размеры строба от 8 до 24 пикселей. Отклонения в сторону расширения строба вызовут наложение элементов изображений, а уменьшение – их пропуски.

Синтез изображения из фрагментов, соответствующих центральной части кадра, дает следующие преимущества.



■ Рис. 11. Фильтрация видеосигнала вдоль строки изображения



■ Рис. 12. Синтезированные изображения вагонов состава

1. При стандартной длине строки в 768 пикселей происходит сжатие видеоданных от 32 до 96 раз не только без потери качества изображения, но даже с заметным улучшением, так как вырезается центральная часть кадра.

2. Требуемая пропускная способность линии связи для передачи видеосигнала в цифровой форме составляет от 1,3 до 4,0 Мбит/с, а с применением дополнительного сжатия по стандарту JPEG может быть снижена еще примерно на порядок – от 130 до 400 Кбит/с. В последнем случае для передачи данных на расстояние около 1,5 км возможно использовать стандартный интерфейс (например, RS-485).

3. Улучшается четкость изображения, так как в центре кадра разрешающая способность короткофокусного объектива заметно выше, чем на краях.

4. Геометрические искажения по горизонтали практически сводятся к нулю, а по вертикали становятся значительно меньше, чем на краях, и могут быть компенсированы цифровыми методами.

5. Знание скорости и направления перемещения объекта позволяет синтезировать видеокادر с построчным разложением из двух полей чересстрочной развертки.

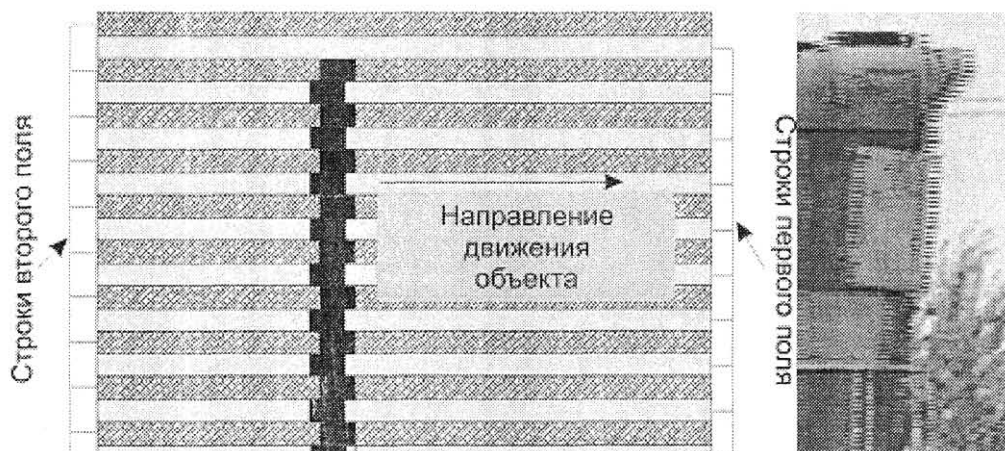
Синтез кадра с построчным разложением позволит увеличить четкость по вертикали вдвое без специфических искажений, вызванных чересстрочной разверткой (рис. 13).

Определение порядковых номеров и числа вагонов в составе

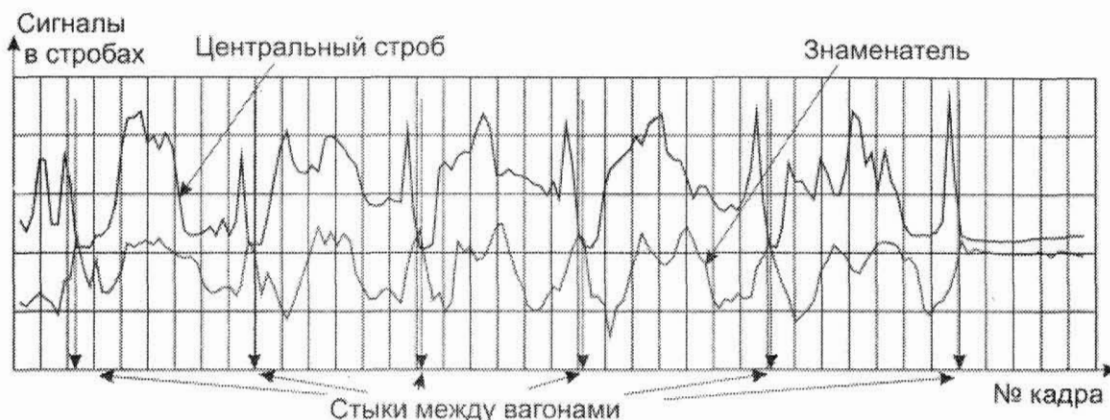
В силу многообразия типов железнодорожных вагонов, которые различаются по конфигурации, габаритам, характеру перевозимого груза и другим харак-

теристикам, задача счета вагонов на основе видеоданных не является тривиальной. Стык между вагонами трудно обнаружить в пассажирских поездах, где переходы между вагонами закрыты тамбурами. Зазор между порожними платформами в значительной мере занят сцепным устройством. Наиболее надежным признаком являются колесные пары, которые имеют стандартные размеры и конфигурацию. Однако существуют большегрузные вагоны, в которых не две колесные пары, а четыре. По длине вагоны различаются более чем в два раза (12,8 – 28 м). Определенные трудности создают условия освещения, а также тень, которая зависит от расположения источника освещения. Рассмотрим признаки, на основании анализа которых можно вынести суждение о прохождении перед видеокameraми стыка между вагонами. Сигнал в пределах центрального строба (см. рис. 4) периодически запоминают в устройстве памяти и вычисляют сумму модулей разности запомненного и текущего сигналов MAD по выражению (2). В паузах между поездами значение MAD близко к нулю. По сигналу начала движения обновление сигнала в памяти прекращают. При прохождении стыка между вагонами значение MAD приобретает минимум (рис. 14). Абсолютное значение этого минимума может меняться в достаточно широких пределах в зависимости от конфигурации соседних вагонов и характера стыка между ними. Поэтому этот признак нельзя считать абсолютно надежным.

Информацию от колесных пар интерпретируют путем анализа сигналов в трех зонах, относящихся к нижним частям стробов (см. рис. 4). Расположение колесных пар относительно сцепного устройства является стандартным для всех типов вагонов. При



■ Рис. 13. Влияние чересстрочной развертки на изображение движущихся объектов



■ Рис. 14. Признаки стыка между вагонами

прохождении колесных пар, симметричных относительно стыка между вагонами, сигналы в этих зонах f_a , f_b и f_c изменяются по-разному: в среднем стробе энергия движения отсутствует и сигнал f_b приобретает минимум. Объединяют все три сигнала по выражению

$$zn = f_a - 2f_b + f_c,$$

которое приобретает максимум в момент прохождения стыка между вагонами (см. рис. 13). На практике энергия движения может иметь место и в центральном стробе за счет перемещения тени. Кроме того, имеют место ложные максимумы (см. рис. 14), которые возникают при прохождении перед боковыми видеокамерами цистерн с лестницами, свисающими до уровня колесных пар.

Тем не менее, использование двух названных признаков существенно повышает вероятность правильной идентификации стыка (см. рис. 14). Еще более повышает эту вероятность анализ видеоданных от всех трех видеокамер, входящих в состав системы видеонаблюдения и создающих изображения железнодорожного состава с разных ракурсов. Знание скорости движения состава и ориентировочной длины вагона позволяет прогнозировать момент прохождения следующего стыка.

В заключение отметим, что задача опознавания бортовых номеров вагонов до настоящего времени не имеет удовлетворительного решения и будет обсуждаться в последующих публикациях.

Литература

1. Тимофеев Б. С. Видеокомпьютерные системы для наблюдения за движущимися объектами // Телевидение: передача и обработка изображений. Международная конференция, Санкт-Петербург, 5 – 6 июня 2003 г.: Материалы конференции. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ (ЛЭТИ), 2003. – 100 с.
2. Астратов О. С., Обухова Н. А., Тимофеев Б. С. Автоматизированный контроль транспортных потоков с помощью телевизионных систем. // Радиотехнические и телевизионные системы: Сб. науч. тр. / Под ред. Б. С. Тимофеева. – СПб.: Изд-во СПбГУАП, 2000. – 178 с.
3. Meier T., Ngan K. N. Automatic segmentation of moving objects for video object plane generation // IEEE Transactions on circuits and system for video technology. September 1998. – Vol. 8. – N 5. – P. 132–147
4. Тимофеев Б. С. Проблемы стандартизации сертификации систем видеонаблюдения // Телевидение: передача и обработка изображений. Международная конференция, Санкт-Петербург, 20 – 22 июня 2000 г.: Материалы конференции. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ (ЛЭТИ), 2000. – 120 с.
5. Maragos S. Tutorial on advances in morphological image processing and analysis // Optical Engineering 26(7). – July 1987. – P. 623–632.
6. Шикин Е. В., Боресков А. В. Компьютерная графика. – М.: Мир, 1995. – 195 с.
7. Daniele D. Giusto and Gianni Vernazza. Optical flow calculation from feature space analysis through an automatic segmentation process // Signal Processing, – 1989. – N 16. – P. 41–51.