

УДК 621.3

Н.И. Мурашко

**ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЛУТОНОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ НАБЛЮДЕНИЯ**

*Рассматриваются особенности обработки последовательности полутоновых изображений, которые несут информацию о сложившейся ситуации на наблюдаемой сцене. При обработке видеопотока учитываются реальные условия съемки сцен; особенности формирования изображений видеокамерами; искажения, возникающие при компрессии видеоинформации; специфические требования к результатам обработки и анализа видеоинформации.*

**Введение**

В последнее десятилетие бурными темпами развивается индустрия компьютерных систем наблюдения за ситуациями на динамических сценах, основанных на использовании видеокамер и персональных компьютеров в качестве средств обработки и визуализации изображений. Компьютерные системы наблюдения используются для контроля доступа на охраняемые объекты и территории, предотвращения противоправных действий, включая террористические акты, а также для дистанционного наблюдения за участками местности и т. д. В большинстве случаев в компьютерных системах наблюдения персональная ЭВМ используется в качестве средства отображения и улучшения визуального восприятия изображения. Некоторые разработчики компьютерных систем наблюдения, осуществляющих автоматический контроль за изменением ситуации на наблюдаемой сцене, используют термин «интеллектуальные системы наблюдения».

Под динамической сценой понимается пространство, в котором происходит появление, перемещение или изменение структуры объектов. Динамика на наблюдаемой сцене передается последовательностью статических изображений, которую в системах наблюдения иногда называют видеопоследовательностью или видеопотоком. Будем рассматривать системы наблюдения в видимом диапазоне, имея в виду, что принципы обработки изображений, полученных системами наблюдения в других диапазонах, аналогичны.

Источником информации в компьютерных системах наблюдения является телевизионная камера, содержащая матрицу на базе прибора с зарядовой связью (ПЗС матрицу). Использование ПЗС матрицы позволило, с одной стороны, резко снизить габариты, потребляемую мощность и геометрические искажения видеокамеры и в то же время породило новые проблемы, связанные с чувствительностью и шумами. При передаче цветных изображений необходимо, чтобы освещенность сцены была достаточной для правильного воспроизведения цветовой палитры [1, 2]. В противном случае при автоматической классификации объектов наблюдения достоинства цветных видеокамер могут превратиться в их недостатки.

Анализ ситуации на динамической сцене сводится к тематической обработке последовательности изображений. Видеопоследовательность характеризуется скоростью смены изображений в единицу времени, которая зависит от динамики наблюдаемой сцены. Например, для наблюдения за полетом снаряда и за перемещением автомобиля необходимы разные скорости смены изображений. Отдельное изображение видеопоследовательности называют видеокадром (кадром). Универсальных методов обработки последовательности изображений, сравнимых по эффективности с интеллектуальными возможностями человека, в настоящее время не существует. В развитых странах наметился рост публикаций в области создания интеллектуальных систем, снабженных техническим зрением [3].

Результаты анализа ситуации на динамической сцене зависят от качества изображений видеопоследовательности, эффективности методов и алгоритмов, применяемых при обработке видеоинформации, а также от возможностей вычислительных средств. Качество изображений

видеопотока зависит от условий съемки динамической сцены, характеристик видеокамер и каналов связи, а также от искажений, возникающих при компрессии видеoinформации.

Процесс обработки последовательности изображений включает этапы предобработки (повышения качества) изображений, нахождения изменений на текущем кадре относительно предыдущего, сегментации и нормализации изображения и распознавания выделенных объектов. Необходимо отметить, что этап интерпретации изображения может включаться на стадии сегментации и закачиваться в процессе распознавания. В работе [4] описаны методы обработки изображений в системах технического зрения, которые могут быть использованы в интеллектуальных системах анализа ситуации на динамической сцене. Подходы, основанные на параллельно-фрагментной обработке комплексированных данных корреляционным методом, изложены в работе [5].

Представляет определенный интерес применение методов стохастической геометрии в распознавании объектов наблюдения, выделенных в процессе сегментации изображения. В книге [6] предложено использовать в качестве признаков изображений вероятности геометрических событий, под которыми понимается результат взаимодействия геометрических объектов (пересечения, покрытия и пр.). Роль геометрических объектов играют, с одной стороны, сложные траектории сканирования со случайными параметрами (отрезки, линии, кривые фигуры и т. д.), с другой – фрагменты распознаваемого изображения.

При анализе ситуации на динамической сцене необходимо выбрать такое математическое описание изображения, которое бы однозначно передавало его содержание и смысл независимо от условий регистрации и параметров регистрирующей аппаратуры. В данном случае под регистрирующей аппаратурой понимается видеокамера. Для этой цели в работе [7] рассматривается использование морфологического анализа формы изображения сцены. Методы морфологического анализа формы изображения выгодно применять при решении задач, в которых плохо работают известные корреляционные методы [5].

Наблюдаемая сцена может находиться на значительном расстоянии от компьютера, который осуществляет обработку видеопоследовательности. В канале связи могут присутствовать помехи, которые приводят к искажениям информации. В этом случае применяется помехоустойчивое кодирование передаваемых по каналу связи данных. В настоящее время разработан ряд эффективных методов кодирования данных, позволяющих исправлять кратные ошибки и приводящих к заметному уменьшению частоты появления ошибочных символов. Почти все схемы кодирования, применяемые на практике, основаны на линейных кодах. Двойные линейные блочные коды часто называют групповыми кодами. Линейные древовидные коды обычно называют сверточными кодами, поскольку операцию кодирования можно рассматривать как дискретную свертку входной последовательности с импульсным откликом кодера. На практике чаще всего используются коды, исправляющие случайные ошибки, реже – коды, исправляющие пакеты ошибок. Среди линейных блочных кодов наибольшее значение имеют коды с одной проверкой на четность, симплексные, ортогональные, биортогональные, Хэмминга, Блума-Чоудхури-Хоквингема, Голея, квадратично-вычетные, Рида-Соломона. К нелинейным относят коды с контрольной суммой, инверсные, Нордстрема, с постоянным весом, переустановочные с повторением и без повторения символов. В настоящее время теория помехоустойчивого кодирования достаточно хорошо освещена в научной литературе, например в [8 – 10].

При необходимости передачи информации от нескольких видеокамер по одному каналу связи или при регистрации видеопоследовательности на магнитный или оптический носители применяется сжатие данных. При этом используются алгоритмы сжатия данных с потерей и без потери информации [11, 12]. Выбор алгоритма зависит от цели дальнейшего использования распакованной информации. В подавляющем большинстве систем видеонаблюдения применяются алгоритмы сжатия MPEG, допускающие потери информации. Использование алгоритмов сжатия данных, допускающих потерю информации, порождает проблему автоматического анализа ситуации на наблюдаемой сцене.

## 1. Проблемы учета условий съемки динамической сцены

Модель наблюдаемой сцены можно рассматривать как совокупность элементарных участков пространства, каждый из которых излучает световой поток. Величина светового потока зависит от освещенности и коэффициента отражения элементарного участка и угла, под которым он виден. Энергетическая модель наблюдаемой сцены, приведенная в [13], рассматривается как пространственное распределение источников энергии, излучаемой элементарными участками стационарных и мобильных объектов и источников помех. Здесь необходимо отметить, что элементарному участку наблюдаемой сцены соответствует пиксель изображения. Площадь изображения элементарного участка сцены зависит от его расстояния до видеокамеры и ее разрешающей способности. Пусть  $P = \{1, 2, \dots, m\} \times \{1, 2, \dots, n\}$  – множество пикселей изображения, содержащего  $m$  строк и  $n$  столбцов. Тогда матрицу энергии этого изображения  $E(P)$  можно выразить через энергию ее пикселей  $E(i)$ ,  $i = (1, 2, \dots, mn) \subseteq P$ . Будем различать три группы пикселей, принадлежащих стационарным и мобильным объектам и помехам. Обозначим через  $F \subseteq P$ ,  $G \subseteq P$  и  $V \subseteq P$  множества пикселей, соответствующих стационарным и мобильным объектам и помехам, при этом  $P = F \cup G \cup V$ . Тогда  $E_s = E(i)$ ,  $i \subseteq F$ , и  $E_m = E(i)$ ,  $i \subseteq G$ , – энергия элементарных участков соответственно стационарных и мобильных объектов, а  $E_v = E(i)$ ,  $i \subseteq V$ , – энергия помех. В этом случае энергию изображения можно представить в виде следующего множества:

$$E(P) = E_s \cup E_m \cup E_v. \quad (1)$$

В зависимости от размеров мобильного и стационарного объектов и их взаимного расположения относительно наблюдателя – мобильный объект может частично или полностью экранировать энергию излучения стационарного объекта, или наоборот. Энергетические помехи могут накладываться на излучения стационарных и мобильных объектов. При этом следует иметь в виду, что направления векторов энергетических помех и излучений объектов могут не совпадать. Необходимо учитывать, что на динамической сцене могут присутствовать пассивные и активные помехи искусственного происхождения, предназначенные для маскирования имеющихся или создания ложных объектов. Пассивная помеха экранирует излучение объекта и создает собственное излучение, подобное фону. Под фоном динамической сцены будем понимать совокупность стационарных объектов, которые не представляют интерес для наблюдателя. Наличие искусственных помех обнаруживается при распознавании ситуации на наблюдаемой сцене.

Пусть наблюдаемая сцена прямоугольной формы разбита на  $P$  элементарных участков, а общая площадь сцены, занимаемая мобильными объектами, равна  $G$  элементарным участкам. Элементарный участок сцены можно рассматривать как точечный источник излучения. В момент времени  $t_1$  на наблюдаемой сцене будут присутствовать источники излучения, принадлежащие стационарным и мобильным объектам. В момент времени  $t_2$  изменятся координаты источников излучения, принадлежащих мобильным объектам. В то же время появятся скрытые в момент  $t_1$  источники излучения энергии, соответствующие элементарным участкам стационарных объектов, т. е. элементарный участок сцены не может одновременно принадлежать стационарному и мобильному объектам. В этом случае при наличии аддитивных помех уравнение (1) формально можно записать в следующем виде:

$$E(P) = (E_s(F) + E_s(F \cap V)) \cup (E_m(G) + E_m(G \cap V)). \quad (2)$$

Таким образом, энергетическую модель наблюдаемой сцены можно представить в виде непересекающихся множеств источников излучения, принадлежащих соответственно стационарным и мобильным объектам и помехам. Помехи могут возникать на фоне стационарных и мобильных объектов.

Изображения помех могут быть точечными и площадными. Случайные энергетические помехи на наблюдаемой сцене могут быть вызваны изменением освещенности, атмосферными

осадками, тенями и т. д. Освещенность сцены на местности (табл. 1) и характер теней на ней меняются в течение суток и зависят от наличия искусственного освещения, взаимного расположения объектов сцены и от их отражательных свойств, которые могут быть постоянными или сезонными. Сезонные отражательные свойства имеют, например, деревья, кустарники, трава и т. д. (табл. 2).

Таблица 1

Ориентировочная освещенность объектов

Условия освещенности	Величина освещенности, лк
На улице: безоблачный солнечный день	100 000
Солнечный день с легкими облаками	70 000
Пасмурный день	20 000
Раннее утро	500
Сумерки	4
Ясная ночь, полная луна	0,2
Ясная ночь, неполная луна	0,02
Ночь, луна в облаках	0,007
Ясная безлунная ночь	0,001
Освещенное помещение без окон	100-200
Хорошо освещенное помещение	200-1000

Таблица 2

Примерные значения коэффициентов отражения некоторых объектов

Объект	Коэффициент отражения, %
Снег	90
Белая краска	75-90
Стекло	70
Автостоянка с автомобилями	40
Кирпич	35
Бетон	25-30
Трава, деревья	20
Человеческое лицо	15-25

Направление и размеры тени зависят от взаимного расположения источника света и объекта, формы и размеров последнего. Помеха может вызвать эффект изменения ситуации на сцене, если ее площадные размеры близки к размерам объекта. Средний дождь и снег, при которых незначительно снижается видимость, вызывают импульсные помехи, которые могут быть устранены в результате фильтрации изображения сцены.

В процессе движения могут возникать помехи системе наблюдения, когда один мобильный объект частично или полностью экранирует другой. Это могут быть случайные или преднамеренные помехи, которые устраняются изменением пространственного положения видеокамеры.

## 2. Особенности искажения изображений видеокамерами

Изображение динамической сцены формирует видеокамера. При этом каждому элементарному участку сцены соответствует пиксель изображения. Важнейшей характеристикой видеокамеры является чувствительность, под которой понимается минимальная освещенность на сцене, при которой можно различать переход от белого к черному. Освещенность измеряется в стандартных условиях: коэффициент отражения сцены равен 0,75 при светосиле объектива 1,4.

Здесь имеется в виду, что все элементы сцены имеют одинаковую отражательную способность. Чувствительность ПЗС матриц большинства современных видеокамер составляет от 0,01 до 1 лк. Особенностью черно-белой видеокамеры является сдвиг ее чувствительности в инфракрасную область, недоступную для человеческого глаза. Это позволяет при недостаточной освещенности использовать инфракрасные прожекторы и даже лунный свет (см. табл. 1). Чувствительность цветных видеокамер значительно ниже черно-белых. При этом цветные камеры не работают в инфракрасном диапазоне.

Высокая чувствительность видеокамер создает проблему формирования изображения сцены в течение суток, когда освещенность сцены может изменяться от 100 000 до 0,04 лк. Проблема постоянства уровня освещенности фотоприемной матрицы видеокамеры решается за счет применения автоматической диафрагмы – аналога зрачка глаза человека – или за счет автоматического электронного затвора. В условиях уличного освещения используется, как правило, автоматическая диафрагма. С одной стороны, автоматическая диафрагма позволяет получить максимальную глубину резкости и более четко передать границы ярких объектов, а с другой – вносит искажения в распределение яркости пикселей изображения. Искажения, незаметные для глаза человека, оказывают влияние на результаты анализа ситуации на динамической сцене. При этом не существует прямой зависимости между изменением освещенности сцены и искажением распределения яркости пикселей изображения. Вспомним, что при постоянной освещенности энергетическое излучение сцены зависит от отражательной способности ее элементарных участков. Достаточно на сцене появиться светлomu объекту, как распределение яркости пикселей изображения изменится. Принимая во внимание, что наблюдателю заранее неизвестны коэффициент отражения и размеры мобильного объекта, искажение яркости изображения носит случайный характер. Экспериментальные исследования подтверждают сказанное (рис. 1). В качестве энергетической характеристики изображения использованы распределения фаз энергетических моментов его строк и столбцов [14].

Второй проблемой получения качественного изображения является наличие шумов видеокамеры. В любом электронном приборе присутствует шум. Даже в абсолютной темноте на выходе видеокамеры присутствует «белый» шум [15]. Качество видеокамеры характеризуется отношением сигнал/шум, который измеряется в децибелах. Отношение сигнал/шум ( $N/S$ ) зависит от освещенности фотоприемной матрицы видеокамеры. Так, при отношении  $N/S > 50$  дБ на мониторе видна чистая картинка без видимых признаков шума, при  $N/S=40$  дБ иногда заметны мелькающие точки, при  $N/S=30$  дБ наблюдается «снег» по всему экрану, а при  $N/S=20$  дБ изображение практически неприемлемо. Указанные характеристики были получены при освещенности ПЗС матрицы видеокамеры, равной 10 лк, и при выключенных автоматической регулировке усиления и гамма-коррекции [15]. По мере уменьшения освещенности сигнал с выхода фотоприемной матрицы становится меньше, а шум из-за действия автоматической регулировки усиления и гамма-коррекции – больше.

На рис. 2 показаны результаты исследований действия шума видеокамеры на качество изображений видеопоследовательности при неизменном освещении наблюдаемой сцены. Время формирования очередного кадра составляло 0,04 с. При этом из текущего изображения вычиталось предыдущее, далее производилось растяжение гистограммы разности изображений и ее инверсия. Растяжение гистограммы выполнялось в интересах визуального наблюдения, в результате было получено изображение (рис. 2, б). Видно, что фрагменты изображения, яркость которых достигла максимального значения, практически не содержат признаков шума. Анализ изображений видеопоследовательности, выполненный автором, показывает, что распределение шума близко к нормальному закону, а амплитуда шума для большинства телевизионных камер известных зарубежных фирм не превышает 10% от максимального уровня яркости, который равен 255.

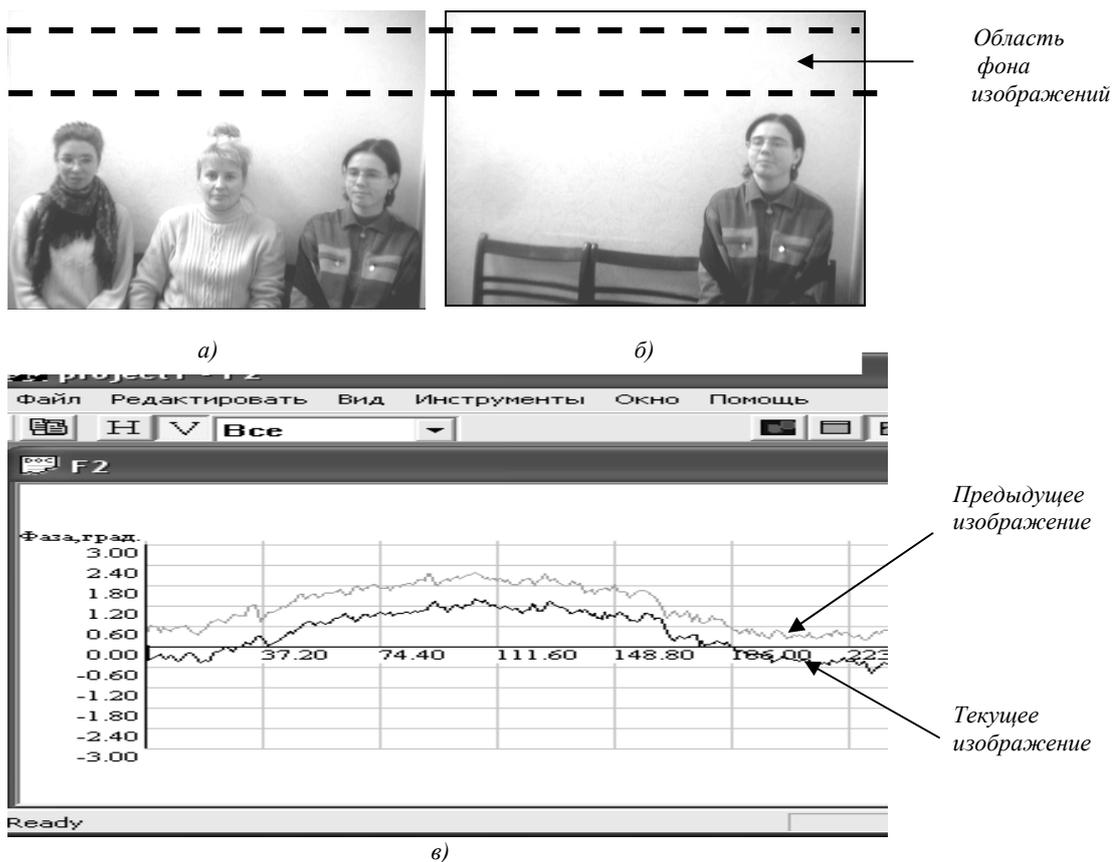


Рис. 1. Пример влияния изменения ситуации на сцене на распределение энергетических характеристик изображения фона: а) текущее изображение; б) предыдущее изображение; в) график распределения фаз энергетических моментов столбцов изображения фона

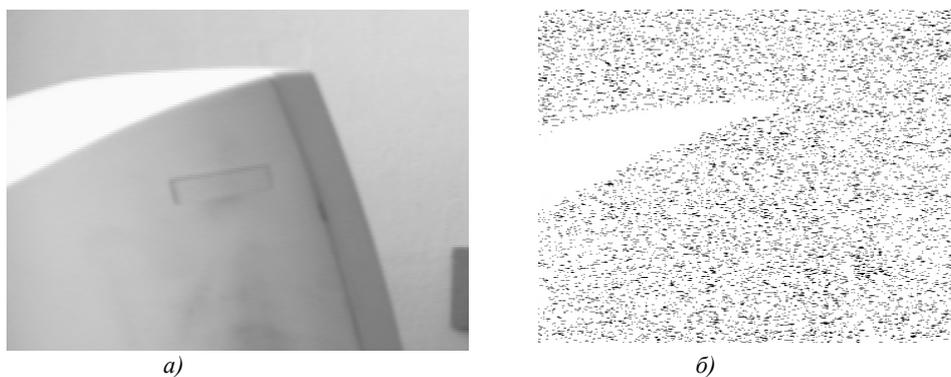


Рис. 2. Изображение шумов в видеокамере: а) наблюдаемый неподвижный объект; б) шумы видеокамеры (амплитудный диапазон изображения шумов растянут в 10 раз)

### 3. Проблемы сжатия видеопотока

Сжатие видеопотока осуществляется при передаче его по каналу связи и при архивации. Выбор способа сжатия исходного изображения  $V(x, y)$  зависит от дальнейшего использования распакованного изображения  $V^*(x, y)$ . Возможны два варианта использования видеопотока. В первом варианте допускаются искажения видеоинформации, незаметные для глаза человека или которые оператор может проигнорировать без ущерба для анализа наблюдаемой сцены. Во втором варианте не должно быть потерь информативных признаков, необходимых для автоматического распознавания ситуации, и в то же время допускаются искажения в местах, где не

могут находиться объекты, представляющие интерес для наблюдателя. Отсюда следует, что качество изображения, предназначенное для автоматического анализа ситуации, может не удовлетворять требованиям визуального восприятия.

Изображения наблюдаемой сцены, подлежащие сжатию, условно можно разделить на графические (черно-белые и цветные), полутоновые (серые и цветные), полутоновые с наложенной графикой. Изображения полутоновые с наложенной графикой формируются видеокамерами, при этом на полутоновое изображение накладывается служебная или иная графическая информация. При выборе алгоритмов сжатия видеопотока необходимо учитывать противоречивые требования, к которым можно отнести высокую степень компрессии при заданном качестве распакованного изображения и высокую скорость компрессии при заданной скорости распаковки видеoinформации. Алгоритмы компрессии должны исключать появление помех и потерю информативных признаков при масштабировании и просмотре с пониженным разрешением распакованного изображения.

В зависимости от условий эксплуатации и класса изображения выбирается критерий эффективности компрессии. При этом необходимо решить вопрос о допустимости потерь при сжатии видеопотока. На практике в структуре системы наблюдения присутствует человек, который принимает решение в случае возникновения нештатной ситуации на динамической сцене и при необходимости участвует в управлении обработкой видеопотока. Отсюда следует, что в любом случае распакованное изображение динамической сцены должно удовлетворять требованиям визуального восприятия.

К наиболее известным алгоритмам сжатия изображений без потери качества относятся алгоритмы RLE, LZW, Сinерак и Хаффмана. При необходимости побитного соответствия исходного и распакованного изображений применяется алгоритм сжатия без потерь Lossless JPEG [11]. Если анализ ситуации на динамической сцене осуществляется визуально, то используются алгоритмы сжатия с потерей информации, среди которых наиболее известны JPEG, М-JPEG, MPEG, вейвлет- и фрактальный алгоритмы [12].

Необходимо отметить характерные особенности алгоритмов сжатия изображений с потерями качества. В некоторых случаях алгоритм JPEG создает ореол вокруг резких горизонтальных и вертикальных границ в изображении (эффект Гиббса). Кроме того, при высокой степени сжатия изображение распадается на блоки 8x8 пикселей. Использование фрактального алгоритма позволяет масштабировать изображение при распаковке, увеличивая его в два – четыре раза без появления «лестничного» эффекта. При увеличении степени компрессии появляется «блочный» эффект на границах блоков в изображении. При высокой степени сжатия с помощью вейвлет-алгоритма изображение распадается на отдельные блоки.

Существуют различные критерии потери качества изображений. На практике часто используется критерий потери качества изображения в виде отношения сигнал/шум

$$\mu(x, y) = 20 \log_{10} \frac{255}{d(x, y)}, \quad (3)$$

где  $d(x, y) = \max |x - y|$  – максимальное отклонение яркостей пикселей исходного  $X$  и преобразованного  $Y$  изображений.

Сжатие видеопотока без потери качества можно производить путем передачи по каналу связи изменений в соседних кадрах. Для этого необходимо на передающей стороне выделить на текущем изображении фрагменты, содержащие изменения, и передать их по каналу связи, а на приемной стороне импортировать эти фрагменты в изображение эталонного кадра [16]. Здесь возникает проблема фильтрации помех, связанных с условиями съемки и искажениями изображения в видеокамере. При недостаточном качестве фильтрации помех придется практически передавать каждый кадр, что резко снижает эффективность процедуры сжатия видеопотока. Время сжатия видеопотока можно сократить за счет фильтрации помех и поиска изменений только в зонах сцены, представляющих интерес для наблюдателя.

#### 4. Особенности управления обработкой видеопотока

Анализ ситуации на наблюдаемой сцене включает предварительную обработку статических изображений видеопотока, выявление изменений на текущем кадре относительно эталонного и их классификацию. В общем случае под эталонным кадром понимается предыдущий, относительно которого обнаружены изменения. Для улучшения качества изображений можно использовать известные алгоритмы, изложенные, например, в работах [4, 17]. Так, в книге [17] детально описана обработка изображений скользящим окном. Введены модели помех при регистрации изображений и предложены соответствующие им методы и алгоритмы фильтрации помех: линейные и медианные фильтры. В книге [4] подробно излагаются параллельные и последовательные, параметрические и следящие операторы нормализации изображений, которые нашли эффективное применение для базовых преобразований: смещений, поворотов, растяжений, косых сдвигов. Суть нормализации заключается в вычислении неизвестных параметров преобразований, которым подвергнуто входное изображение, с последующим приведением его к эталонному виду. При этом возникает проблема автоматического управления процессом обработки последовательности изображений. Здесь под процессом обработки понимается последовательность выполнения процедур, реализующих определенные алгоритмы обработки изображений с заданными параметрами. В зависимости от условий съемки динамической сцены и ситуации на ней, а также от результатов обработки видеоинформации на промежуточных этапах возникает необходимость в коррекции параметров процедур обработки информации, изменении последовательности выполнения их или замене другими. При большой частоте следования кадров видеопотока оператор не в состоянии управлять процессом обработки изображений без его остановки.

Отсюда следует, что необходимо использовать систему автоматического управления структурой процесса обработки видеопоследовательности. При этом система управления должна иметь возможность производить настройку переменных параметров алгоритмов обработки информации и работать в реальном масштабе времени. Проблема управления заключается в выборе оптимальных алгоритмов обработки видеоинформации в условиях дефицита времени. Например, имеется большое количество алгоритмов повышения качества изображений. Один и тот же результат можно получить при применении комбинаций разных алгоритмов. Система управления должна выбрать оптимальную комбинацию, а для этого необходима методика эффективного использования алгоритмов обработки видеоинформации для различных условий применения. При отсутствии указанной методики система управления будет искать оптимальный вариант путем перебора алгоритмов и их комбинаций.

Выбор оптимальных алгоритмов обработки видеоинформации на текущем этапе зависит и от достоверности результатов, полученных на предыдущем этапе. Отсюда следует, что система управления обработкой видеопотока должна включать алгоритмы оценки качества видеоинформации на всех этапах ее обработки. На каждом этапе обработки видеопотока могут использоваться один или несколько алгоритмов. Общие принципы построения систем управления обработкой информации приведены в [18, 19].

#### 5. Тематическая обработка изображений динамических сцен

В общем случае тематическая обработка видеопотока заключается в обнаружении изменения состояния объектов, их классификации и оценке сложившейся ситуации. Количество одновременно наблюдаемых объектов ограничивается разрешающей способностью видеосистемы. При тематической обработке система наблюдения решает конкретные задачи. Универсальных методов контроля сложившейся на сцене ситуации не существует. В зависимости от поставленной задачи необходимо разрабатывать конкретные технологии, позволяющие идентифицировать объекты и их состояние.

В системах видеонаблюдения используются детекторы активности и движения, которые могут быть реализованы на аппаратном и/или программном уровнях. Детектор активности реагирует на любые изменения в поле зрения видеокамеры: локальное изменение освещенности, появление нового объекта, движение объекта и т. д. Алгоритмы обнаружения изменений стро-

яется, как правило, на анализе изменений яркостных характеристик в изображениях. Детектор движения реагирует только на появление движущегося объекта и игнорирует яркостные изменения в стационарных областях сцены.

Технологии, используемые при тематической обработке видеoinформации, базируются на высокоэффективных методах обработки статических изображений. При этом необходимо ориентироваться на методы, инвариантные к изменению масштаба и освещенности, повороту, сдвигу и искажениям изображений объектов и сцены. Тематическую обработку видеопотока можно условно разбить на четыре этапа: обнаружение изменений на текущем кадре, сегментацию изменений, распознавание выделенных объектов и анализ ситуации.

Существуют различные методы обнаружения изменений на текущем изображении видеопотока. Наиболее простым является вычитание из текущего изображения предыдущего. Из-за искажений, связанных с условиями освещенности сцены и возникающих в видеокамере и канале связи, при сегментации изменений необходимо использовать динамический порог, который должен непрерывно корректироваться. В работе [20] предложен метод поиска изменений в текущем изображении относительно опорного на основе сравнения фаз энергетических моментов их строк и столбцов. При этом в автоматическом режиме выделяются фрагменты текущего изображения, содержащие изменения. Корреляционный метод сравнения изображений не позволяет локализовать изменения [8].

Необходимо отметить, что форма и размеры сегмента изменения и соответствующего ему движущегося объекта могут не совпадать. Степень совпадения зависит от формы, структуры и скорости объекта. Если, например, объект имеет прямоугольную форму и однородную структуру, а его изображения на текущем и на предыдущем кадрах пересекаются, то исчезает часть сегмента изменения в области пересечения (рис. 3).

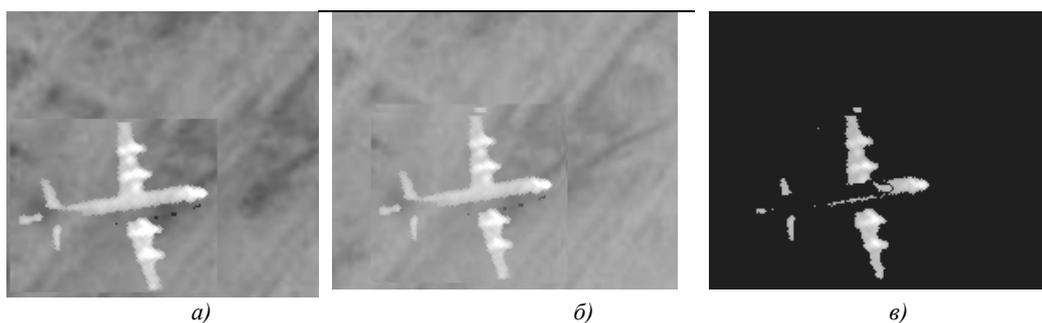


Рис. 3. Сегментация изменений динамической сцены:  
а) опорный кадр; б) текущий кадр; в) сегменты изменений

Распадение сегмента изменения на несколько фрагментов порождает проблему классификации и отслеживания траектории движения мобильных объектов. Например, на рис. 3, в сегмент изменения состояния самолета состоит из шести фрагментов. Если на наблюдаемой сцене находится один мобильный объект, то проблема отслеживания его траектории не существует. Для наблюдения за несколькими мобильными объектами, перемещающимися с разной скоростью, необходимо применять методы, восстанавливающие сегменты изменений, или использовать технологии, в которых отсутствует процедура вычитания опорного изображения из текущего.

Для классификации мобильных объектов можно применять методы и алгоритмы, используемые при анализе статических изображений. Основными критериями применения известных методов классификации объектов динамической сцены являются достоверность и быстродействие.

### Заключение

Анализ ситуации на динамической сцене представляет собой сложный процесс обработки последовательности статических изображений. В процессе обработки видеопотока необходимо решить две основные задачи. К первой задаче относятся выделение и анализ структуры стацио-

нарных объектов, обнаружение и классификация неподвижных в начальный момент времени мобильных объектов. Вторая задача заключается в обнаружении представляющих интерес для наблюдателя изменений в изображении текущего кадра относительно опорного, классификации мобильных объектов и отслеживании их в пределах сцены.

При решении указанных задач целесообразно применять методы и технологии, используемые при обработке статических изображений, с учетом того, что решение второй задачи необходимо выполнять в реальном масштабе времени, которое на практике выливается в обработку изображения с минимальным объемом в 256 кб за 0,04 с с учетом реальных условий получения изображения сцены. При этом не следует забывать об экономических возможностях потребителей систем видеонаблюдения, которые могут позволить себе использовать современные однопроцессорные персональные компьютеры и видеокамеры массового производства.

### Список литературы

1. Неизвестный В.Ф., Никулин О.Ю. Приборы с зарядовой связью – основа современной телевизионной техники. Основные характеристики ПЗС // Специальная техника. – №5. – 1999.
2. Полупроводниковые формирователи сигналов изображения / Под ред. П. Йесперса.- М.: Мир, 1979. – С. 337-373.
3. Chen C.H., Rau L.F., Wang P.S. Handbook of pattern recognition and computer vision. – Singapore – New Jersey – London – Hong Kong: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 1995. – 984 p.
4. Путягин Е.П., Аверин С.И. Обработка изображений в робототехнике. - М.: Машиностроение, 1990. - 320 с.
5. Методы корреляционного обнаружения объектов / А.В. Гиренко, В.В. Ляшенко, В.П. Машталир и др. – Харьков: АО «БизнесИнформ», 1996. – 112 с.
6. Федотов Н.Г. Методы стохастической геометрии в распознавании образов. - М.: Радио и связь, 1990.
7. Пытьев Ю.П. Задача морфологического анализа изображений // Математические методы исследования природных ресурсов Земли из космоса: Сб. науч. тр. – М.: Наука, 1984.
8. Кларк Дж.-мл., Кларк Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.
9. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролируемых ошибок: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 576 с.
10. Муттер В.М. Основы помехоустойчивой телепередачи информации. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
11. Ватолин Д.С. Алгоритмы сжатия изображений. – М.: МГУ, 1999. – 76 с.
12. Назаров Л.Е., Назарова З.Т. Нейросетевой, фрактальный и JPEG алгоритмы сжатия изображений // Информационные технологии. – 2001. – №1. – С. 3-10.
13. Мурашко Н.И. Модели энергетического поля динамической сцены и ее изображения // Анализ цифровых изображений: Сб. науч. тр. – Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2003. – С. 17-24.
14. Мурашко Н.И. Анализ ситуации на динамической сцене: инвариантность условиям съемки // Анализ цифровых изображений: Сб. науч. тр. – Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2003. – С. 66-73.
15. Пресс Ф.П. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью. – М.: Мир, 1988. – 288 с.
16. Мурашко Н.И. Компрессия последовательности изображений // Анализ цифровых изображений: Сб. науч. тр. – Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2002. – С. 33-39.
17. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера. – М.: Физматлит, 2001. – 780 с.
18. Бухалев В.А. Распознавание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой. – М.: Наука, 1996.
19. Мурашко Н.И. Управление обработкой изображений // Цифровая обработка изображений: Сб. науч. тр. – Мн.: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2001. – С. 84-92.

20. Мурашко Н.И. Анализ ситуации на динамической сцене: обнаружение и контроль состояния объектов // Анализ цифровых изображений: Сб. науч. тр. – Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2003. – С. 74-83.

Поступила 06.02.04

*Объединенный институт проблем  
информатики НАН Беларуси,  
Минск, Сурганова, 6  
e-mail mni@newman.bas-net.by*

**N.I. Murashko**

### **GRAY-SCALE IMAGE PROCESSING IN COMPUTER VIDEO SYSTEMS**

The peculiarities of grayscale image sequence processing, which represent the information on current situation on a observable scene, are considered. At processing of a videoflow the real conditions of dynamic scene filming, the peculiarities of image forming by video cameras, the distortions, arising at a compression of video information, the particular requirements to processing results and video information analysis are taking into account.