

Икрамов Кобул Сабинович

МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ
СИГНАЛОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ

Специальность: 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и
устройства телевидения»

Автореферат диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования Московском техническом университете связи и информатики (ГОУ ВПО МТУСИ) на кафедре Телевидения им. С.И. Катаева.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Безруков
Вадим Николаевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук Лишин Лаврентий
Григорьевич
кандидат технических наук Ерохин Геннадий
Алексеевич

Ведущая организация: ОАО «ОКБ МЭИ»

Защита диссертации состоится 14 апреля 2011 г. в 13.00 ч. На заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 219.001.01 при Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования Московский технический университет связи и информатики (111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 8-а, ГОУ ВПО МТУСИ, ауд. А-448, тел. +7 (495) 957-77-94).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский технический университет связи и информатики.

Автореферат разослан «__» _____ 2011 г.

Учёный секретарь совета по защите докторских и кандидатских диссертаций,
кандидат технических наук, доцент _____ Иванюшкин Р.Ю.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Внедрение современных технологий интегральной схемотехники в сферу производства датчиков телевизионных сигналов (ДТВС), оборудования обработки информации и воспроизводящих устройств существенно удешевило материальную основу систем видеоконтроля, обработки видео данных и их хранения. Однако, этап количественного накопления числа систем ТВ контроля с участием оператора фактически завершён. На повестке дня стоит актуальнейшая задача создания комплексных, распределённых в пределах заданной территории, взаимосвязанных систем интеллектуального типа. На основе последовательного архивирования санкционированных и несанкционированных ситуаций, которые возникают в данном (локальном) и в смежных участках пространства, относительного их анализа, с учётом накопленного архива, текущей ситуации данные системы должны обеспечивать режим автоматизированного функционирования и принятия решений без участия оператора. Это позволяет существенно сузить круг обязанностей оператора и, следовательно, снизить влияние “человеческого” фактора, уменьшить риск неблагоприятного развития событий. В перспективе следует перейти к этапу внедрения распределённых систем автоматизированного контроля, которые способны обеспечивать выявление нарушений, опознавание и классификацию критических ситуаций, последовательное, при необходимости, наращивание глубины по оценке заданных информационных параметров локальных объектов, сигналов и данных, принятие решений, выявление их результативности и т.д.

Разрабатываемая в рамках данной диссертации ТВ система идентификации ситуаций, возникающих в локальной области пространства, контролируемого двумя и более датчиками ТВ сигнала, является отдельным структурным элементом для распределённых систем автоматизированного контроля. Задача данного элемента – выявление локального нарушения, оценка идентификационных параметров обеспечивающих его классификацию, архивирование и передача результатов, видеоинформационных материалов и данных, формирование необходимых сигналов управления и сигнализации, предоставление, в случаях необходимости, информационных материалов для принятия решений с учётом классификации нарушения.

Особую актуальность имеют результаты данной диссертационной работы, которые определяют снижение порога выявления внештатных нарушений на ранних стадиях противоправных действий по отношению к обществу или к материальным ценностям, их целостности и сохранности.

Цель и задачи работы. Целью настоящей диссертационной работы является исследование и разработка метода адаптивного контроля информационных параметров сигналов

контролируемых ТВ изображений с формированием соответствующих сигналов управления функциональными элементами системы и разработка устройства реализации указанного метода.

Для достижения поставленной цели решены следующие научно-практические задачи:

1. Проведён анализ основных характеристик и параметров ДТВС, выявлены причины возникновения искажений сигналов изображений, степени влияния различных факторов на качество работы системы видеонаблюдения.
2. Определено влияние сквозной частотной характеристики ДТВС на параметры контролируемых изображений.
3. Конкретизирована специфика искажений пространственной структуры изображений в системах ТВ контроля объектов.
4. Проанализированы амплитудно–пространственные и частотно–пространственные искажения сигналов изображений в оптической системе.
5. Разработан метод подавления шума при помощи нелинейной обработки пространственных высокочастотных составляющих сигналов ТВ изображений.
6. Разработан метод анализа импульсной характеристики (ИХ) канала коррекции в реальных ТВ камерах.
7. Разработан метод формирования сигналов управления функциональными характеристиками системы ТВ контроля с декомпозицией пространственной (внутрикадровой) структуры сигнала изображения на высокочастотную (ВЧ) и низкочастотную (НЧ) составляющие.
8. Разработано устройство селекции и идентификации составляющих ДТВС, определяющих параметры и характеристики нарушений в пределах контролируемого пространства, на основе использования эталонной и оперативной памяти внутрикадровых сигналов ТВ изображений.
9. Проведено экспериментальное исследование разработанного метода оценки скорости движения объекта в различных условиях функционирования.

Методы исследования. При решении поставленных задач в работе использованы современные методы анализа, основанные на элементах теории телевидения и радиотехники, цифровой обработки и дискретизации многомерных сигналов, теории функций и функционального анализа, теории интегральных ортогональных преобразований, современные методы численного анализа и др.

Научная новизна работы.

1. Разработан метод улучшения отношения сигнал/шум (ОСШ), при помощи нелинейной обработки сигналов.
2. Предложен метод анализа ИХ канала коррекции ДТВС.

3. Разработан метод оценки информационных параметров сигналов изображения с формированием сигналов управления на основе частотной декомпозиции и обработки ВЧ и НЧ составляющих сигналов ТВ изображений.

Практическая ценность:

1. Разработан и экспериментально исследован метод анализа ИХ канала коррекции ТВ камер, использование которого обеспечивает учёт изменения разрешающей способности современных ТВ камер в пределах внутрикадрового пространства при оценке параметров реальных объектов в конкретной системе видеонаблюдения.

2. Разработан метод и устройство оценки параметров нарушений с отдельной обработкой пространственных составляющих сигналов ТВ изображений, получаемых на выходе ТВ камер, при формировании сигналов управления.

3. Получены результаты экспериментальных исследований разработанных метода, устройства и отдельных функциональных элементов систем ТВ контроля в различных условиях функционирования.

Реализация и внедрение результатов работы. Результаты работы использованы в создании комплексных систем безопасности в ОАО «Терминал «D» (пассажирский аэровокзальный терминал «D» международного аэропорта «Шереметьево» (МАШ)), а также в системе видеонаблюдения, действующей в гостинице «Космос».

Апробация результатов работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, МТУСИ, Москва, 2006-2009 г.г., на Международных научно-технических конференциях МИРЭА, Москва, 2006 и 2008 г.г., на Московской отраслевой научно-технической конференции, МТУСИ, Москва, 2007 г., в Научно-техническом журнале, ЦНТМИ, Ташкент, 2008 г., в двух, рецензируемых научно-технических журналах, рекомендованных ВАК РФ: *Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика*, Москва, №1, 2008 г. и *Т.Сотт*, Москва, 2009 г., на Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов государств участников РСС "Техника и технологии связи", Ташкент, 2008 г.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 12 научных работ.

Личный вклад. Все основные научные результаты в диссертационной работе получены автором лично.

Объём и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложения. Работа изложена на 205 страницах машинописного текста. Список литературы включает 68 наименований.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Результаты анализа основных характеристик и параметров датчиков ТВ сигналов и оценки степени их влияния на качество работы системы видеонаблюдения.
2. Метод анализа ИХ канала коррекции в реальных ТВ камерах.
3. Разработанный принцип преобразования формы спектральных характеристик светофильтров для вариантов ДТВС с формированием составляющих основных цветов.
4. Метод подавления шума с помощью нелинейной обработки высокочастотных пространственны составляющих ТВ сигнала.
5. Разработанный метод и устройство формирования сигналов управления для адаптивных ТВ систем безопасности объектов.
6. Экспериментальные исследования масштабных искажений видеоконтроля, характеристик разработанного устройства и результаты его работы.

Краткое содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы настоящей диссертационной работы, охарактеризовано состояние исследуемого вопроса, определены цели, задачи и методы исследования. Сформулированы научная новизна, практическая значимость результатов работы и положения, выносимые на защиту. Представлены состав и краткое описание работы, приведены сведения об апробации работы и публикациях автора.

В первой главе «Структурные элементы оборудования современных ТВ систем видеоконтроля объектов» проведен анализ характеристик элементов реальных систем ТВ контроля объектов. В первом разделе данной главы, в частности, рассмотрена специфика работы и характеристики ТВ камер. Здесь, в частности, определено соотношения для ИХ низкочастотной пространственно-временной фильтрации при накоплении уровня потенциального рельефа в пространстве светочувствительного элемента (время накопления T_0) за время кадра. Данной ИХ соответствует трехмерная частотная характеристика НЧ фильтрации при формировании каждого пикселя отдельного кадра ДТВС:

$$K_0(\omega_x, \omega_y, \omega) = X_0 \cdot Y_0 \cdot T_0 \cdot \frac{\sin \frac{\omega_x \cdot X_0}{2}}{\frac{\omega_x \cdot X_0}{2}} \cdot \frac{\sin \frac{\omega_y \cdot Y_0}{2}}{\frac{\omega_y \cdot Y_0}{2}} \cdot \frac{\sin \frac{\omega \cdot T_0}{2}}{\frac{\omega \cdot T_0}{2}} \quad (1)$$

Показано, что в реальных камерах охранного телевидения современного типа величина вертикального размера светочувствительного элемента Y_0 является практически фиксированной и, с некоторым приближением, задана межстрочным интервалом в пределах внутрикадрового пространства. Величина же его горизонтального размера X_0 существенно изменяется у различных производителей. Чаще всего $X_0 < Y_0$ и светочувствительный элемент имеет не квадратную, а прямоугольную форму. Это отражается, согласно (1), сужением области

пропускания результирующей пространственной частотной характеристики современных камер охранного телевидения в вертикальном по растру направлении по отношению к горизонтальному. К тому же, в отличие от вещательного телевидения, в прикладном имеет место более частое использование широкоугольных объективов и неортогонального варианта ТВ контроля. Это существенно обогащает структуру и существенно меняет анизотропию усреднённого пространственного спектра сигналов изображений по отношению к варианту вещательного телевидения.

С учётом изложенного, реальный пространственно-временной коэффициент передачи $K_{p0}(\omega_x, \omega_y, \omega)$ имеет более медленный спад в горизонтальном направлении, что провоцирует возникновение нелинейных биений составляющих спектра сигнала изображения с частотой дискретизации по данному направлению. В диссертации, рекомендовано область максимальной крутизны спада пространственной частотной характеристики объектива совмещать с областью первого нулевого (минимального) уровня коэффициента передачи и соответствующим образом изменять положение линии, устанавливающей максимальные значения порогов квантования коэффициентов ДКП блоков при сжатии. Целесообразно использовать в данном случае изотропный вариант установки порогов или же несколько увеличивать в пределах блока порог в направлении с пониженной разрешающей способностью.

По существу в оптической системе с автоматической диафрагмой осуществляется перестройка её пространственной ИХ в зависимости от освещённости. При этом, средняя (в пределах заданного интервала времени формирования сигнала изображения и в пределах внутрикадрового пространства) освещённость сцены E_0 является параметром и ИХ определяется как функция $g(x - x_0, y - y_0, E_0)$. При $x = 0, y = 0$ (точка пересечения оптической оси объектива со светочувствительной поверхностью датчика ТВ сигнала) объем ИХ, имеет наибольшее значение $V_0(E_0) = V_{0\max}(E_0)$. В условиях, когда средняя освещённость падает, сохранение уровня сигнала изображения реализуется не только за счёт увеличения амплитуды ИХ, но и за счёт трансформации её формы, что определяет возникновение расширения соответствующей эквивалентной площади локализации ИХ во внутрикадровом пространстве. Это обусловлено автоматическим сужением эквивалентной области пропускания оптической системы как фильтра пространственных частот. В реальной области возникает сопутствующее падение разрешающей способности ТВ камер при низкой освещённости контролируемых объектов.

Показано, что для короткофокусных объективов характерна более существенная зависимость формы и объёма их пространственной ИХ от координат её местоположения во внутрикадровом пространстве. При их использовании имеет место значительное падение

разрешающей способности ТВ изображений и уровня полезной составляющей общего сигнала изображения на краях раstra по отношению к его центру.

Разрешение малогабаритных (одна светочувствительная матрица) камер цветного телевидения существенно хуже, чем разрешение черно-белых. При этом для подобных камер цветного телевидения характерно резкое снижение частоты дискретизации отдельных цветовых составляющих с параллельным возрастанием скважности следования соответствующих элементов матрицы. В связи с этим, для цветных ТВ камер, используемых для видеоконтроля нарушений, характерно возрастание вероятности нелинейных искажений в условиях видеоконтроля объектов, пространственная структура изображений которых имеет высокую степень содержания мелких деталей, имеющих цвет, эквивалентный составляющим основных, например, R и B цветов. Это определяет использование в малогабаритных камерах цветного телевидения объективов и специальных пространственных фильтров низких частот, ограничивающих протяжённость пространственного спектра изображений, поступающих при оптическом проецировании на светочувствительную матрицу. Последнее определяет дополнительное падение их разрешающей способности и необходимость применения при контроле сцен, обогащённых мелкоструктурными цветными деталями, малогабаритных цветных камер прикладного телевидения повышенного разрешения (560-570 ТВЛ).

Чувствительность монохромных ТВ камер существенно сдвинута в инфракрасную область, что открывает возможность использования инфракрасных прожекторов (для подсветки) при пониженной освещенности контролируемой сцены. Инфракрасное излучение практически не различимо человеческому зрению, но с успехом фиксируется ТВ камерами на ПЗС. Однако, при переходе к обычному свету (от длинноволнового) необходимо автоматически изменить положение плоскости фокусировки объектива. Для цветных же ТВ камер характерна не только значительно меньшая чувствительность по сравнению с чёрно-белыми, но и отсутствие чувствительности в инфракрасной области спектра, это обусловлено потерями в светофильтрах.

В последующих разделах содержания первой главы рассмотрены основные узлы и компоненты современных систем ТВ контроля, специфика реализации цифровых систем эффективного ТВ контроля, динамика изменений характеристик чёткости подвижных объектов. При этом, отмечены перспективы быстрого внедрения в современное охранное телевидение IP-камер, недостатками которых является относительно невысокая частота передачи изображений по межкадровому направлению, невозможность эффективной передачи по сети несжатых кадров и сравнительно высокие требования к устройствам обработки данных.

Рекомендовано осуществлять в системах охранного телевидения накопление и обновление в распределённых архивах разрешенных ситуаций с формализацией соответствующих им независимых признаков (параметров) и их вычислительной оценкой в

текущем режиме работы по всей совокупности контролируемых объектов. При этом, должна осуществляться, периодическая относительная оценка формальных параметров развития ситуации в зоне контроля. Когда результаты оценок превышают заданный порог, реализуется архивирование ситуации, определяется, по виду соответствующего параметра, тип нарушения и соответствующая реакция. Использование накопленного архива позволит, в конечном итоге, создавать системы, реализующие автоматизированный адаптивный контроль сложных объектов.

В действующей системе видеоконтроля значительное внимание должно быть уделено также защите функциональных элементов и обеспечению живучести при функционировании посредством её реализации в виде распределённой структуры с заданным числом независимо и параллельно действующих составляющих, обеспечивающих разнородный и взаимодополняющий контроль смежных зон пространства распределения объектов с определённой степенью резервирования. Коммутация дополнительных связей между независимыми составляющими с соответствующим изменением режима их использования обеспечивает сохранение работоспособности системы в наиболее важных, по крайней мере, для видеоконтроля участках контролируемого пространства. Достоинством такого варианта построения является наличие возможности адаптивного изменения общей конфигурации системы при изменении условий функционирования, требований, типа, местоположения и формы контролируемых объектов.

В системе также должно быть предусмотрено параллельное использование камер статического и динамического контроля объектов, так как анизотропия пространственной частотной характеристики передачи подвижных объектов зависит в системах телевидения от его скорости перемещения по отношению к камере. Область пропускания пространственных частот системы $F(\omega_x, \omega_y)$ в таком случае сужается по направлению вектора движения объекта и изменяется, по площади, обратно пропорционально изменениям его скорости.

С учётом этого ТВ камеры динамического контроля должны иметь относительно малый угол поля зрения, что создаёт условия для реализации автоматического прослеживания, обеспечивающего снижение относительной скорости с возрастанием разрешающей способности видеоконтроля подвижного объекта и с увеличением внутрикадрового масштаба соответствующего изображения. Одновременно с этим имеет место растровое стробирование полезной информации. Следовательно, снижается избыточность пространственной структуры анализируемого (наиболее значимого) изображения и возрастает эффективность сжатия его спектра.

Дифференциальная обработка исходного сигнала изображений в пространстве кадров и во времени обуславливает при этом снижение степени влияния НЧ (пространственно-временных) составляющих на сигналы управления и оценки параметров, которые формируются,

по результатам анализа высокоградиентных изменений в структуре видеоинформационного сигнала. Селекцию указанных изменений следует осуществлять в реальных системах с предварительным определением и ограничением их возможного диапазона как по НЧ, так и по высокочастотной (ВЧ) области.

Во второй главе «Параметры и искажения информационной структуры изображений в современных ТВ системах видеоконтроля объектов», рассмотрены принципы работы формирователей телевизионных сигналов (ТВС), влияние сквозной спектральной характеристики на параметры сигналов ТВ изображений. Предложен принцип выбора формы спектральных характеристик светофильтров, выявлены основные виды искажений, возникающих при ортогональном и неортогональном позиционировании ТВ камеры относительно плоскости наблюдения, а также проанализированы характеристики амплитудно-пространственных и частотно-пространственных искажений ТВ сигнала. Предложено, в частности, информационные параметры ТВ изображений условно разделить на параметры общего (интегрального) и структурного (дифференциального) типа. К первым следует отнести превалирующий цвет (спектральный состав) излучения, отражённого от фона, отдельного из контролируемых объектов, изменения спектрального состава (цвета) и интенсивности отражённого излучения в пределах площади объекта по отношению к известным их значениям в пределах контролируемой сцены, усреднённый размер (площадь), конфигурацию, среднюю скорость перемещения, общее направление движения несанкционированного объекта, общие особенности движения и т.д. Оценивать интегральные параметры объектов, имеющих достаточные угловые размеры, предложено реализовывать на основе широкоугольных чёрно-белых ТВ камер обзорного типа, обладающих преимуществами по чувствительности и чёткости перед цветными. Целесообразно устанавливать эту камеру на достаточно большой высоте, которая обеспечит «вписывание» в пределы раstra всего необходимого участка контролируемой сцены. С её использованием в данном случае реализуется неортогональный ТВ контроль охраняемого пространства, создается и обновляется эталонный архив поэтапного развития наиболее часто возникающих, санкционированных, ситуаций, характерных для данного локального пространства. Выполнение этапов идентифицируется определённой совокупностью параметров, отклонение каждого из которых от допустимых пределов классифицируется системой как несанкционированное нарушение. С применением ТВ камеры обзорного типа в первую очередь оцениваются параметры пространственного положения объектов. Установка на достаточно большой высоте позволяет в режиме однофазного ТВ контроля надёжно оценивать данные параметры в пределах охраняемого пространства. Оптически отображаемые в пределы её светочувствительной поверхности элементы сцены могут быть представлены в виде суммы:

$$O_{\Sigma}(x, y, t, \lambda) = \sum_1^n O_i(m(z_{ix}(t)) \cdot x, m(z_{iy}(t)) \cdot y, t, \lambda) \cdot g(m(z_{ix}(t)) \cdot x - x_0, m(z_{iy}(t)) \cdot y - y_0, t, \lambda) \quad (2)$$

где $O_i(m(z_{ix}(t)) \cdot x, m(z_{iy}(t)) \cdot y, t, \lambda)$ – проекция контролируемого объекта на светочувствительную поверхность при идеальной оптической системе, n – число контролируемых объектов в пространстве ТВ контроля, $m(z_{ix}), m(z_{iy})$ – составляющие изменения масштаба контролируемого объекта в зависимости от его положения по отношению к положению проекции на подстилающую поверхность обзорной ТВ камеры, $g(m(z_{ix}(t)) \cdot x - x_0, m(z_{iy}(t)) \cdot y - y_0, t, \lambda)$ – ИХ реальной оптической системы ТВ камеры, x_0, y_0 – координаты точки пересечения оптической оси со светочувствительной поверхностью. Следовательно, реальные координаты объекта, по отношению к оптической оси ТВ камеры, по существу определяют масштабные преобразования параметров его пространственной структуры при формировании сигнала ТВ изображения. Рассмотрены особенности оценки интегральных параметров объектов с учётом искажений такого типа.

Использование ТВ камеры (камер), установленных на поворотных механизмах, обеспечивает дифференциальную оценку специфики объекта по пространственному и цветовому направлению. Причём смещение следящей ТВ камеры со средней скоростью, соответствующей движению объекта, увеличивает время накопления потенциального рельефа в преобразователе “свет-сигнал”, что отражается сохранением чёткости изображения движущегося объекта по направлению движения. Соответственно, пространственная и цветовая специфика объекта контролируется в данном случае с необходимой точностью по всем направлениям внутрикадрового пространства. Использование локальной, следящего типа, подсветки объекта позволяет с достаточной точностью также идентифицировать его параметры по цветовому направлению и изменения координат при перемещении. Увеличенный масштаб изображения объекта, получаемого от прослеживающей ТВ камеры, определяет высокую степень идентификации нарушителя, а также внутрикадрового и межкадрового сжатия спектра соответствующего сигнала ТВ изображения при его архивировании.

Относительные изменения пространственной структуры в пределах отдельного кадра позволяют выделять видеоинформационные параметры (признаки) отдельных элементов ТВ изображений, подвергать их оценке, сравнивать полученные при этом результаты с накопленной базой данных и, в конечном итоге, идентифицировать объекты не только в условиях простейшего видеоконтроля, но и в автоматическом режиме функционирования ТВ системы. Идентификация объектов позволяет, в свою очередь, кардинально увеличивать эффективность сжатия в системах цифрового телевидения за счёт передачи на приёмную сторону результатов идентификации и информации, обеспечивающей оценку изменений и реализацию синтеза необходимых

трансформаций общей внутрикадровой структуры изображений и изображений отдельных объектов. Последовательность же кадров в исходном ТВ сигнале при этом отражает изменения изображений во времени, т.е. текущие изменения их пространственной и цветовой структуры.

Амплитудные, пространственные, частотные и цветовые искажения сигналов изображений существенно снижают точность идентификации интегральных и дифференциальных параметров исходной видеоинформации. В связи с этим, в материале разделов второй главы существенное внимание уделено анализу специфики искажений, возникающих при формировании сигналов ТВ изображений. Показана необходимость дальнейшего увеличения числа светочувствительных элементов во внутрикадровом пространстве и числа считываемых в единицу времени кадров в матричных преобразователях “свет-сигнал” (МПСС), что позволяет уменьшать вероятность возникновения биений высокочастотных пространственно-временных составляющих спектра проекций текущих изображений с составляющими их дискретизации во времени и во внутрикадровом пространстве. При этом адаптивное формирование пространственно-временного спектра (необходимое эффективное ограничение протяжённости по направлениям пространственных и временных частот) сигнала изображения предложено в последнем случае осуществлять цифровыми методами.

Существенное внимание в материале третьего раздела второй главы диссертации уделено увеличению качества передачи сигналов изображений по цветовому направлению. Особенности дискретизации и интегральных преобразований, которые имеют место при формировании зональных (основных цветов) составляющих воздействия приводят в малогабаритных камерах к ухудшению отношения сигнала основных цветов к шуму. Поэтому при преобразовании сигналов основных цветов в цифровую форму целесообразно использовать интегральные схемы АЦП (ИС АЦП) с повышенным по отношению к минимальному значению ($C=2^8=256$) числом уровней квантования. Разработаны рекомендации по увеличению эффективности контроля параметров объектов по цветовому направлению. Результатом относительной обработки является корректирующее преобразование каждой составляющей. При этом преобразованный сигнал “синего”, “зелёного”, “красного” формируют с учётом положения каждой из составляющих по оси 0λ :

$$\begin{aligned} q_{\lambda_{cB}}(\lambda_B, t) &= q_{\lambda_{pB}}(\lambda_B, t) - \alpha_{G1} \cdot q_{\lambda_{pG}}(\lambda_G, t) + \alpha_{R1} \cdot q_{\lambda_{pR}}(\lambda_R, t), \\ q_{\lambda_{cR}}(\lambda_R, t) &= q_{\lambda_{pR}}(\lambda_R, t) - \alpha_{G2} \cdot q_{\lambda_{pG}}(\lambda_G, t) + \alpha_{B2} \cdot q_{\lambda_{pB}}(\lambda_B, t), \\ q_{\lambda_{cG}}(\lambda_G, t) &= q_{\lambda_{pG}}(\lambda_G, t) - \alpha_{B3} \cdot q_{\lambda_{pB}}(\lambda_B, t) - \alpha_{R3} \cdot q_{\lambda_{pR}}(\lambda_R, t). \end{aligned}$$

где величины $\alpha_{Bi}, \alpha_{Ri}, \alpha_{Gi}$ коэффициентов устанавливаются в каждом конкретном случае с учётом специфики сквозных спектральных характеристик реальных ТВ камер в каналах

“зелёного”, “красного” и “синего”. Задача предложенной коррекции состоит в получении более точного отражения выделенных отсчётов (сигналов изображений U_G, U_R, U_B) на указанных длинах волн. При практической реализации коррекции следует учитывать результаты экспериментальных измерений характеристик конкретных светофильтров.

Искажения пространственной структуры изображений в системах ТВ контроля объектов, амплитудно–пространственные искажения сигналов изображений в оптической системе и частотно–пространственные искажения сигналов ТВ изображений проанализированы в четвёртом и пятом разделах второй главы. Специфика таких искажений во многом определяется положением ТВ камеры по отношению к контролируемому объекту. При ортогональном видеоконтроле координаты локализации проецируемой точки в пространстве видеоконтроля определяют амплитуду и форму ИХ, соответствующей оптической системе как фильтра низких пространственных частот, а центр поверхности фокусировки отображается в центр светочувствительной поверхности датчика ТВ сигнала. Чем выше степень несовпадения проецируемых точек данного объекта с указанным центром, тем более значительным является относительное увеличение протяжённости ИХ оптической системы, что обуславливает падение разрешающей способности видеоконтроля. Увеличение протяжённости указанной ИХ на краях раstra сопряжено с падением здесь уровня сигнала из-за уменьшения удельного угла поля зрения, соответствующего отдельному пикселю на краях раstra по отношению к центру.

Предложено отдельно учитывать падение относительного уровня соответствующего коэффициента передачи ТВ системы в области высоких частот и влияние общей зависимости его максимального уровня от координат в пределах внутрикадрового пространства:

$$K_{R0}(\omega_x, \omega_y, x, y, x_0, y_0, z) = K_A(x, y, x_0, y_0) \times \prod_{j=0}^{j=4} K_j(\omega_x, \omega_y, x, y, x_0, y_0, z)$$

Первый сомножитель $K_A(x, y, x_0, y_0)$ в последнем соотношении учитывает специфику действия на пространственный спектр изображений во внутрикадровом пространстве общей неравномерности коэффициента передачи оптической системы, а второй – действие усредняющих, в большинстве линейных, интегрального типа, преобразований в процессе формирования ТВ сигнала. Причём первый сомножитель отражает нелинейное преобразование, не зависит от частоты, определяет фоновые и мультипликативные искажения сигнала ТВ изображения в пределах раstra и, в то же время, влияет на ВЧ составляющие пространственного спектра ТВ изображений и, следовательно, на эффективность сжатия соответствующего сигнала изображений в системах цифрового телевидения.

Частотные (апертурные) же искажения мелкой пространственной структуры ТВ изображений обусловлены влиянием второго сомножителя. При $\omega_x \rightarrow 0, \omega_y \rightarrow 0$ амплитуда

второго сомножителя имеет постоянный уровень в каждой точке растра, а от координат зависит лишь объём функции, отражающей данный сомножитель.

Проведённый во второй главе анализ и полученные соотношения свидетельствуют о существенном изотропном падении разрешения и уровня сигнала изображений в краевых участках растра, что определяет и ухудшение (особенно в диапазоне высокочастотных составляющих) отношения сигнал/шум. В условиях неортогонального видеоконтроля (ТВ камера обзорного типа) негативное действие частотных искажений существенно усугубляется для удалённых в вертикальном по растру направлении объектов. При сжатии спектра соответствующего сигнала ТВ изображения выбранная характеристика квантования должна обеспечить соответствующее уменьшение степени подавления высокочастотных составляющих пространственного спектра с учётом, в первую очередь, положения объекта в вертикальном по растру направлении. Последнее касается и обзорной, и прослеживающей ТВ камер.

Третья глава диссертации «Разработка методов и алгоритмов формирования сигналов тревоги и реагирования» посвящена конкретизации методов и алгоритмов обработки сигналов изображений и селекции составляющих, отражающих информационные параметры сигналов ТВ изображений в реальных системах видеоконтроля объектов. В первом разделе здесь рассмотрена специфика компенсации амплитудных искажений в структуре сигнала изображения в ТВ камере обзорного типа. Компенсация неравномерности фона и уровня отражается умножением сигнала изображения $E_i(x, y)$ и составляющих шума $\xi(x, y)$ на функцию, обратную коэффициенту неравномерности $K^{-1}(x, y)$:

$$E_{ik}(x, y) = E_i(x, y) \cdot K^{-1}(x, y) = (E_o(x, y) + \xi(x, y)) \cdot K^{-1}(x, y) \quad (2)$$

С учётом (2) показано, что в камерах обзорного типа целесообразно прецизионно подавлять не только неравномерности фона, но и неравномерность уровня сигнала изображения (мультипликативные искажения). Это связано с необходимостью сохранения, в краевой области внутрикадрового пространства, уровня среднечастотных пространственных составляющих сигнала изображения, которые имеют относительно высокое ОСШ. При этом, нет смысла осуществлять устранение мультипликативных искажений в полной полосе частот, так как при этом, согласно (2), на краях растра имеет место возрастание уровня шумовых составляющих сигнала изображения, что является нежелательным для последующего преобразования сигнала изображения в цифровой вид. Поэтому, рекомендовано разделить сигнал изображения в горизонтальном направлении на НЧ и ВЧ составляющие, первая из которых в диапазоне ~ 50 Гц $\div 2,25$ -3 МГц, а вторая $\sim \geq 2,25$ МГц, и отдельно осуществить их АЦП. Мультипликативное преобразование, обеспечивающее подавление неравномерности фона и уровня в сигнале изображения, при этом целесообразно реализовать лишь по НЧ составляющей.

Во втором разделе данной главы рассмотрена специфика возникновения и γ - коррекция нелинейных искажений сигналов ТВ изображений в системах видеоконтроля. Выявлена связь таких искажений с режимом функционирования ТВ камеры и, в частности, связь относительных снижений уровня сигнала изображения “в области чёрного” при наличии в пределах контролируемой сцены других, интенсивно освещённых, объектов. Преобразование в цифровую форму данного сигнала ТВ изображения может привести к невосполнимым информационным потерям в слабоосвещённых участках контролируемой сцены. Поэтому, рекомендуется использовать неравномерную шкалу квантования, уменьшив эквивалентный её шаг в области “уровня чёрного”. С этой целью перед соответствующими интегральными схемами АЦП (ИС АЦП) целесообразно осуществить нелинейное преобразование ($\gamma < 1$) уровня как НЧ, так и ВЧ составляющих сигнала ТВ изображения, получаемого от камеры обзорного типа.

В этом же разделе третьей главы предложен алгоритм обработки, в горизонтальном направлении внутрикадрового пространства, ВЧ составляющей ТВ сигнала. За счёт нелинейной обработки ($\gamma < 1$) в спектре достаточно больших по уровню и нелинейно преобразованных импульсов сигнала ВЧ составляющей снижается относительный вес наиболее высокочастотных составляющих спектра, реализуется некоторый сдвиг спектральной плотности энергии сигнала в область более низких частот. Это позволяет осуществить её интегральную (линейную) обработку, которая приведёт в данном случае к падению уровня шумовых составляющих, спектр которых имеют практически постоянный уровень в области ВЧ. На выходе ИС АЦП аналогичная интегральная обработка горизонтально ориентированной в пределах внутрикадрового пространства составляющей может быть осуществлена и в вертикальном направлении. После интегральной обработки на входе ИС АЦП целесообразно осуществить обратного вида ($\gamma > 1$) γ -коррекцию, которая обеспечит пороговое устранение в ИС АЦП составляющих шума. При этом, на выходе ИС АЦП реализуется слабое интегрирование, осуществляющее возвращение к исходной полосе частот ВЧ составляющих и дополнительное подавление остаточных шумов.

В содержании третьего раздела данной главы представлены результаты разработки модели действия пространственных интегральных искажений и метода анализа ИХ канала коррекции в реальных ТВ камерах. При этом, получены импульсная и частотная характеристики оптической системы и осуществлены соответствующие вычисления. В частности, ИХ оптической системы как фильтра низких пространственных частот определена соотношением следующего вида:

$$g_{roc}^n(x, y) = \frac{(b_x - b_{0x} \cdot x_0^2) \cdot (b_y - b_{0y} \cdot y_0^2)}{\pi} \cdot e^{-(b_x - b_{0x} \cdot x_0^2) \cdot (x - x_0)^2} \cdot e^{-(b_y - b_{0y} \cdot y_0^2) \cdot (y - y_0)^2} =$$

$$= A_0 \cdot e^{-(b_x - b_{0x} \cdot x_0^2) \cdot (x - x_0)^2} \cdot e^{-(b_y - b_{0y} \cdot y_0^2) \cdot (y - y_0)^2} \quad (3)$$

где x_0, y_0 – координаты ИХ по отношению к центру растра (0,0). Результаты вычислений с использованием (3) для периферии и центра растра показаны на рис.1.

С использованием преобразования Фурье соотношения (3) и с учётом интегрального действия светочувствительного элемента получено выражение двумерной апертурной характеристики ТВ камеры. Его вычислительная оценка показала, что интенсивность ВЧ составляющих в спектре сигнала изображения, соответствующего, например, исходному воздействию точечного типа, имеет минимальный уровень в направлении под 45° в пространстве кадра. Последнее должно учитываться при выделении ВЧ пространственных составляющих, соответствующих сигналов изображения, и коррекции параметров при контроле мелкоструктурных объектов. Нельзя рекомендовать в таком случае использование отдельного выделения ВЧ горизонтально-ориентированных и вертикально-ориентированных составляющих с получением результирующего сигнала суммированием последних.

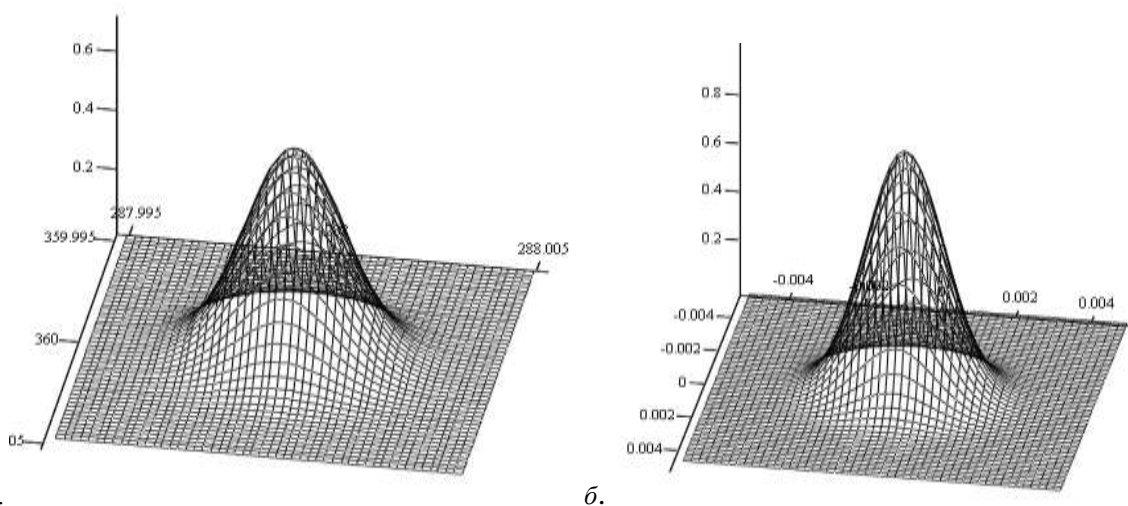


Рис.1. Импульсная характеристика оптической системы ТВ камеры как фильтра низких пространственных частот: а- край светочувствительной матрицы, б- центр

Такой вариант чреват увеличением влияния уровня шумовых составляющих под углом в 45° в пределах внутрикадрового пространства. Полученные в данном разделе 3 главы соотношения по существу являются общими и позволяют успешно моделировать действие интегральных пространственных искажений, в том числе, и для вариантов с формой светочувствительного элемента матрицы ПЗС, отличающейся от квадратной.

С использованием ступенчатой аппроксимации в данном разделе разработана также методика анализа ИХ реального канала одномерной коррекции ТВ камеры в горизонтальном по растру направлении. В соответствии с данной методикой осуществлена оценка ИХ канала коррекции в центре и на краю ТВ растра. Результат осуществлённой оценки показан на рис. 2.

Сопоставление графиков рис. 2 а, б, показывает, что в центре растра имеет место перекоррекция, которая относительно широко использовалась ранее и используется до сих пор в

современных системах аналогового телевидения. Это подтверждается наличием повторных выбросов в ИХ канала коррекции, соответствующей центру раstra. С выбросами связано появление разнополярных оконтуриваний, сопровождающих резкие, вертикально ориентированные во внутрикадровом пространстве, границы и элементы структуры ТВ изображения. Использование сжатия устраняет соответствующие выбросам составляющие спектра ТВ изображения, что может приводить к появлению разнотипных, в смежных блоках, искажений в вертикально ориентированных элементах структуры изображения. Последнее затрудняет опознавание локальных объектов в системе видеоконтроля.

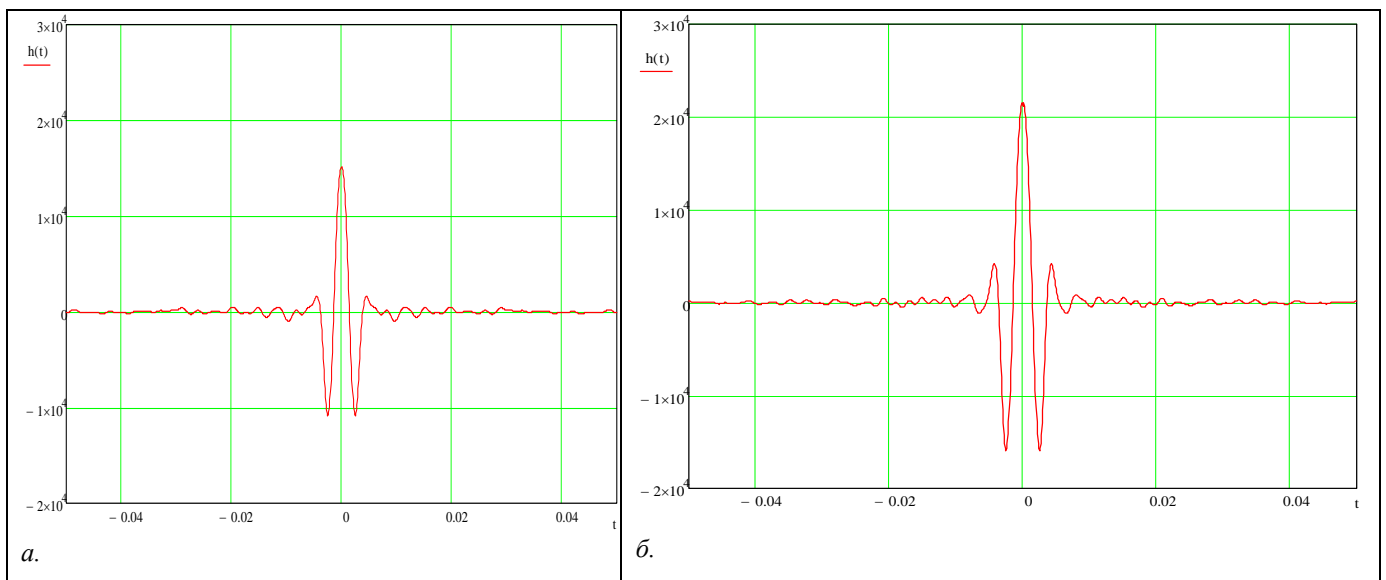


Рис..2 Импульсная характеристика канала коррекции : а- край раstra внутрикадрового пространства, б-центр

В современных системах цифрового телевидения с относительно высокой степенью сжатия такая чрезмерная коррекция приведет, кроме того, и к появлению выбросов на горизонтально ориентированных перепадах в структуре ТВ изображения. Другим недостатком такого варианта является деградация в центре внутрикадрового пространства вертикально ориентированных границ, возникающая при декодировании из-за наличия выбросов (многоконтурности в пределах границ). В связи с этим, в камерах охранного телевидения следует рекомендовать использование апертурной коррекции, степень которой и форма корректирующей характеристики регулируется в зависимости от расстояния по отношению к центру внутрикадрового пространства. Причём, для ТВ камер обзорного типа, коррекцию целесообразно осуществлять как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях в пределах внутрикадрового пространства. Последнее связано с использованием широкоугольных объективов, обуславливающих наличие масштабных искажений, что определяет, изотропный характер пространственного спектра оптически проецируемых на матрицу ПЗС изображений. Ещё одной причиной является использование неортогонального варианта установки ТВ камеры,

что аналогичным образом влияет на специфику пространственного спектра формируемого сигнала ТВ изображения.

В четвёртом и пятом разделах данной главы рассмотрены особенности разделения сигнала ТВ изображения на НЧ и ВЧ составляющие, оценки интегральных параметров сигнала изображения и формирования сигнала тревоги.

При разработке разделения сигнала изображения на указанные составляющие главным является выбор такого варианта её реализации, который обеспечит снижение объёма необходимых вычислений, что, безусловно, упрощает аппаратную реализацию. Следует также отметить целесообразность использования в системе ТВ контроля адаптивного варианта разделения на составляющие, когда диапазон локализации ВЧ и, следовательно, диапазон локализации НЧ составляющих могут перестраиваться, например, в зависимости от освещённости контролируемой сцены. Такой вариант также проще реализуется с уменьшением объёма вычислений.

Особенности реализации разделения рассмотрены на примере варианта с выделением НЧ составляющих. При этом, идеализированная ИХ первого пространственного фильтра низких частот определяется в данном случае следующим соотношением:

$$g_1(x, y) = \delta\left(x - \frac{x_0}{2}, y - \frac{y_0}{2}\right) + \delta\left(x + \frac{x_0}{2}, y + \frac{y_0}{2}\right) + \delta\left(x + \frac{x_0}{2}, y - \frac{y_0}{2}\right) + \delta\left(x - \frac{x_0}{2}, y + \frac{y_0}{2}\right) \quad (4)$$

Существенно более протяженной является ИХ второго фильтра низких частот:

$$\begin{aligned} g_2(x, y) = & \delta\left(x - \frac{x_0}{2}, y - \frac{y_0}{2}\right) + \delta\left(x - \frac{3x_0}{2}, y - \frac{y_0}{2}\right) + \delta\left(x + \frac{x_0}{2}, y - \frac{y_0}{2}\right) + \delta\left(x + \frac{3x_0}{2}, y - \frac{y_0}{2}\right) + \\ & + \delta\left(x - \frac{x_0}{2}, y - \frac{3y_0}{2}\right) + \delta\left(x - \frac{3x_0}{2}, y - \frac{3y_0}{2}\right) + \delta\left(x + \frac{x_0}{2}, y - \frac{3y_0}{2}\right) + \delta\left(x + \frac{3x_0}{2}, y - \frac{3y_0}{2}\right) + \\ & + \delta\left(x - \frac{x_0}{2}, y + \frac{y_0}{2}\right) + \delta\left(x - \frac{3x_0}{2}, y + \frac{y_0}{2}\right) + \delta\left(x + \frac{x_0}{2}, y + \frac{y_0}{2}\right) + \delta\left(x + \frac{3x_0}{2}, y + \frac{y_0}{2}\right) + \\ & + \delta\left(x - \frac{x_0}{2}, y + \frac{3y_0}{2}\right) + \delta\left(x - \frac{3x_0}{2}, y + \frac{3y_0}{2}\right) + \delta\left(x + \frac{x_0}{2}, y + \frac{3y_0}{2}\right) + \delta\left(x + \frac{3x_0}{2}, y + \frac{3y_0}{2}\right) \end{aligned} \quad (5)$$

Двумерным преобразованием Фурье из ИХ (4) и (5) получены соответствующие $g_1(x, y)$ и $g_2(x, y)$, частотные характеристики $K_1(\omega_x, \omega_y)$ и $K_2(\omega_x, \omega_y)$ передачи, вторая из которых показана на рис. 3.

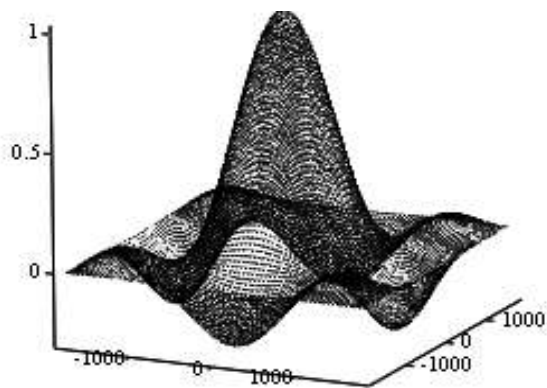


Рис. 3. Характеристика коэффициента передачи узкополосного пространственного фильтра низких частот

Вычитанием нормированных частотных характеристик $K_1(\omega_x, \omega_y)$ и $K_2(\omega_x, \omega_y)$ получена характеристика передачи полосового фильтра пространственных частот. Показано, что недостатком данного решения является наличие в полосе пропускания частотной характеристики передачи полосового пространственного фильтра существенного колебательного процесса, который накладывается на характеристику передачи, вызывая искажения спектра ВЧ составляющей. В связи с этим, предложено использовать частный случай разделения с отводами и задержкой составляющих от последовательно включённых пространственных НЧ фильтров, когда результирующая частотная характеристика полосового фильтра определяется как:

$$K_R(\omega_x, \omega_y) = K_1(\omega_x, \omega_y) - K_1(\omega_x, \omega_y) \cdot K_2(\omega_x, \omega_y) \quad (6)$$

Преимуществом данного решения является также несколько повышенная (по отношению к горизонтальному и вертикальному направлениям в пределах внутрикадрового пространства) степень подавления высокочастотных пространственных составляющих под углом в 45° .

В последнем разделе третьей главы рассмотрены особенности оценки интегральных параметров сигнала ТВ изображения контролируемой сцены, формирования сигналов управления и тревоги при возникновении внештатной ситуации.

В четвёртой главе «Разработка системы, устройств формирования сигналов тревоги и реагирования, результаты экспериментальных исследований», приведены структурные схемы разработанных системы, устройств и блоков. Дано развёрнутое описание алгоритмов и особенностей их функционирования.

Представлены результаты экспериментальных исследований масштабных искажений сигналов изображений в зависимости от параметров установки обзорной ТВ камеры, а также результаты программного моделирования предложенного в диссертации алгоритма оценки скорости перемещения объектов в системе видеоконтроля.



Рис. 4. Испытательное воздействие с реперами “круг”

При проведении экспериментальных исследований масштабных искажений показано, что достоинством реперов типа “круг” является пространственная изотропия его формы. Именно такая форма стимула является эффективной для исследования влияний масштабных искажений, возникающих при ТВ контроле, на искажения формы и, соответственно, пространственного спектра объектов.

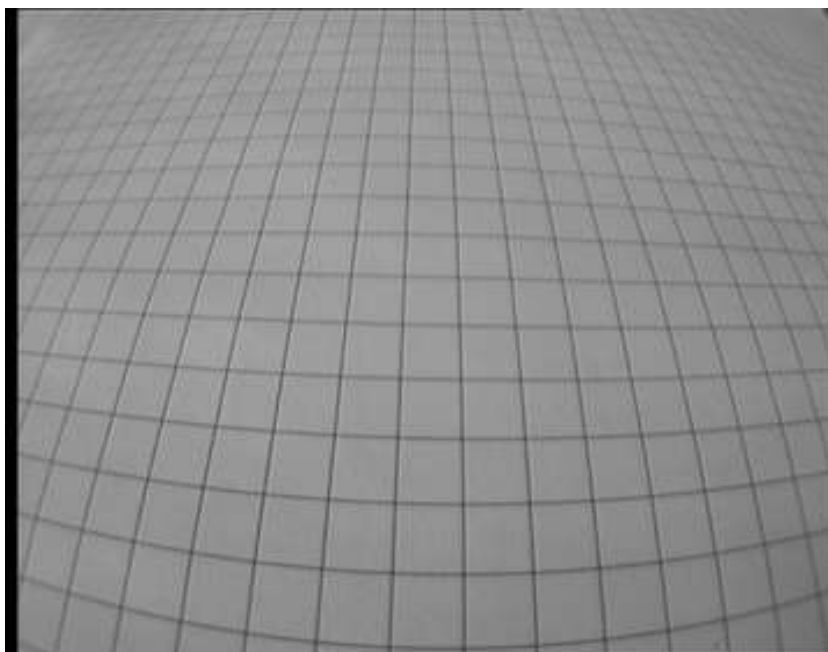


Рис. 5. Испытательное воздействие типа “сетчатое поле”

На основании проведённых экспериментов был сделан вывод о необходимости сочетания результатов, полученных с использованием реперов “круг” (рис. 4), с результатами, которые имеют место при видеоконтроле ортогонально ориентированных испытательных воздействий (рис. 5). Для простоты в качестве испытательного воздействия было использовано воздействие

“сетчатое поле” (рис. 5). Проведённые исследования масштабных искажений показали, что полученные теоретическим путем в данной работе соотношения позволяют с применением вычислений учитывать влияние возникающих искажений на результаты оценки интегральных и дифференциальных параметров сигналов ТВ изображений. Использование для контроля ТВ камер обзорного типа с углом поля зрения вплоть до 20° позволяет не учитывать масштабные искажения при оценке параметров объектов, осуществляющих нарушения. Увеличение площади контролируемого пространства следует обеспечивать в данном случае за счёт более высокой установки ТВ камеры. Преимуществом такого варианта видеоконтроля сцены, по отношению к варианту с увеличением угла поля зрения ТВ камеры, является снижение линейных, интегрального по пространству типа, и нелинейных искажений в структуре сигнала изображения контролируемой сцены в краевых участках поля зрения ТВ камеры. Соответственно, использование варианта контроля со значительным углом поля зрения ТВ камер снижает также допустимую степень сжатия спектра из-за возникновения локальных разрушений пространственно-временной структуры сигнала ТВ изображений в краевых областях контролируемой сцены.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности выбора как можно меньшего угла наклона (возрастание ортогональности установки) ТВ камеры по отношению к контролируемой сцене. Причём место установки ТВ камеры должно выбираться с учётом важности контроля локальных участков в пределах общей сцены, подверженной видеоконтролю.

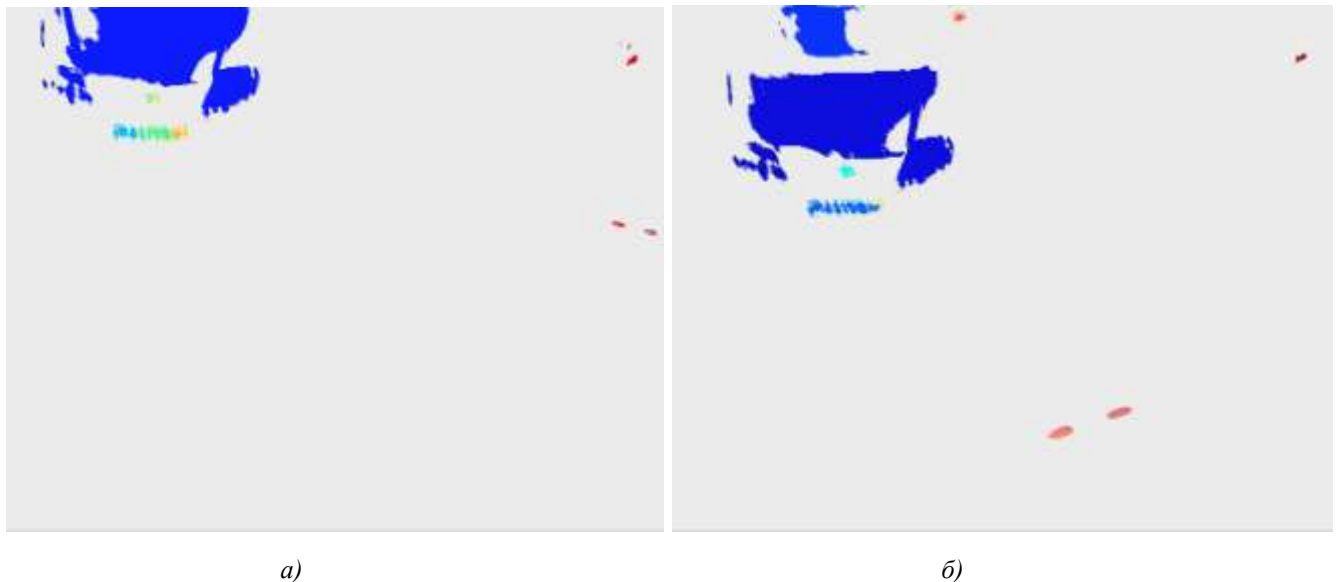


Рис. 6. Сигнал изображения межкадровой разности с выделением областей, подвергаемых дальнейшей обработке

Реализованным программным моделированием алгоритма оценки скорости перемещения объектов в системе видеоконтроля обеспечивается выделение области локализации нарушения (рис.6). Осуществляется также ввод в структуру сигнала изображения (рядом с объектом,

совершившим нарушение) результатов оценки скорости его перемещения (рис. 7), и наложение на изображение объекта (объектов) нарушения дискретного распределения результатов оценки вектора (скорости) движения (рис. 8).



а)

б)

Рис. 7. Оценка скорости движения нарушителя в пределах контролируемого пространства



а)

б)

Рис. 8. Результат оценки распределения векторов движения в области нарушения

В заключении изложены наиболее значимые результаты, полученные в диссертационной работе.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ:

1. Безруков В.Н., Басекеев А.А., Икрамов К.С. Неортогональный телевизионный контроль видеoinформационного пространства. // Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика. Жур., №1 2008 г., г. Москва. – М.: Научтехлитиздат, 2008 г. – 64 с. – С. 48-52.

2. Икрамов К.С. Определение дальности объектов с лазерным подсветом. // Т.Сопм научно-технический журнал, Спецвыпуски по итогам 3-й отраслевой научной конференции «Технологии информационного общества», 2009 г. (Часть I).

3. Икрамов К.С. Применение микроволновых РРЛ для передачи ТВ сигналов. // Научная конференция профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава, 31 января – 2 февраля 2006 г.: Тез. докл. Книга 1. –М.: МТУСИ, 2006. – С. 130.

4. Икрамов К.С., Жаворонков И.В., Коржихин Е.В. Форматы сжатия MPEG. // Научная конференция профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава, 31 января – 2 февраля 2006 г.: Тез. докл. Книга 1. –М.: МТУСИ, 2006. – С. 133.

5. Икрамов К.С. Специфика воздействия на оператора пространственных помех коммутации в системах телевизионного контроля объектов. // INTERMATIC-2006. Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 24-28 октября 2006 г., г. Москва. – М.: МИРЭА, 2006 г., часть 2. – 296 с. – С. 195-199.

6. Икрамов К.С., Васьков А.В. Методы формирования сигналов “нарушение” в телевизионных системах охраны объектов. // Московская отраслевая научно-техническая конференция «Технологии информационного общества», 23-25 апреля 2007 г., г. Москва. – М.: Инсвязьиздат, 2007 г. – 263 с.: ил. – С. 105-106.

7. Васьков А.В., Икрамов К.С. Современные методы сжатия спектра сигналов ТВ изображения. // Московская отраслевая научно-техническая конференция «Технологии информационного общества», 23-25 апреля 2007 г., г. Москва. – М.: Инсвязьиздат, 2007 г. – 263 с.: ил. – С. 113-114.

8. Икрамов К.С. Специфика воздействия временных помех коммутации сигналов изображений на оператора. // Инфокоммуникации: Сети – Технологии – Решения, Ежеквартальный научно-технический журнал, №1 (5)/2008 г., г. Ташкент. – Т.: ЦНТМИ, 2008 г. – 64 с. – С. 25-29.

9. Икрамов К. С., Васьков А.В. Особенности контроля АЧХ видеотрактов в системах телевидения. // Труды МТУСИ, Т1, 2008 г., г. Москва. – М.: ИД Медиа Паблшер, 2008 г. – 508 с. – С. 467-471.

10. Икрамов К. С. Метод измерения АЧХ с использованием последовательностей гауссовских импульсов. // Труды МТУСИ, Т1, 2008 г., г. Москва. – М.: ИД Медиа Паблшер, 2008 г. – 508 с. – С. 476-481.

11. Безруков В.Н., Орлов В.Г., Икрамов К.С. Пространственная чёткость видеоконтроля подвижных объектов. // Труды Шестой Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов государств участников РСС "Техника и технологии связи", Ташкент, 9-10 октября 2008 г. – Т.: ТУИТ, 2008 г. – 476 с. – С. 125-127.

12. Икрамов К. С. Контроль расстояния в системах прикладного телевидения. Молодые ученые – 2008. Материалы Международной научно-технической школы-конференции «Молодые ученые – науке, технологиям и профессиональному образованию» 10-13 ноября 2008 г., Часть 4., г. Москва. – М.: Энергоатомиздат, 2008 г. – 305 с. – С. 195-199.