

Государственное научное учреждение
«Объединенный институт проблем информатики
Национальной академии наук Беларуси»

УДК 004.9

КРАСНОБАЕВ Евгений Алексеевич

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ
ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ»

Минск 2011

Работа выполнена в учреждении образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

Научный руководитель: **КЛЮЧНИКОВ Александр Сергеевич**,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой инженерной физики
УО «Витебский государственный
университет им. П.М. Машерова»

Официальные оппоненты: **СТАРОВОЙТОВ Валерий Васильевич**,
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник ГНУ «Объединённый институт проблем информатики
Национальной академии наук Беларуси»

ТАРАНЧУК Валерий Борисович, доктор
физико-математических наук, заведующий
кафедрой компьютерных технологий и
систем факультета прикладной математики и
информатики Белорусского государственного
университета

Оппонирующая
организация: Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

Защита состоится 27 сентября 2011 г. в 14:30 на заседании совета по защите диссертаций Д01.04.01 при государственном научном учреждении «Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси» по адресу: 220012, г. Минск, ул. Сурганова, 6. Телефон ученого секретаря: (+37517) 284-21-68, факс (+37517) 284-21-75, e-mail: lipn@newman.bas-net.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Объединённого института проблем информатики НАН Беларуси.

Автореферат разослан 13 августа 2011 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций
доктор технических наук

С.Ф. Липницкий

ВВЕДЕНИЕ

Системы видеонаблюдения, а также в целом прикладные телевизионные системы имеют широкое применение: медицина и биология, безопасность, космическая и авиационная отрасли, транспорт, добывающие отрасли и многие другие. Стремительное развитие вычислительной техники привело к широкой доступности систем видеонаблюдения и повсеместному их внедрению. С другой стороны, увеличение быстродействия микропроцессорной аппаратуры обуславливает усложнение алгоритмов работы таких систем, а также увеличение требований предъявляемых к ним.

Важно отметить, что алгоритмы работы систем видеонаблюдения все еще являются новой областью знаний, и многие из них находятся в зачаточном состоянии, что оставляет потенциал таких систем еще далеко не реализованным. Основными проблемами, с которыми сталкиваются разработчики программных приложений систем видеонаблюдения, заключаются в обеспечении надежности и эффективности таких систем, чтобы они на самом деле оптимально функционировали в реальных условиях. Исходя из того, что процессы, происходящие в реальных наблюдаемых сценах, являются плохо прогнозируемыми и имеют вероятностный характер, это задача является труднодостижимой.

Несмотря на то, что современные системы видеонаблюдения успешно решают задачи обнаружения объектов, сопровождения, классификации и распознавания, зачастую область их применения ограничена быстродействием, подверженностью к помехам, точностью, внешними условиями. При реализации алгоритмов систем видеонаблюдения известны проблемы обеспечения безошибочной сегментации движущихся объектов, высокой устойчивости сопровождения объектов с учетом возможного их исчезновения в зоне наблюдения, слияния и разделения, перекрытия объектов друг с другом или фоном, а также другие.

Поэтому *актуальной* становится задача повышения эффективности и надежности систем видеонаблюдения, путем увеличения точности, помехоустойчивости и быстродействия алгоритмов обработки видеоизображений, уменьшения количества ложных срабатываний, за счет придания таким системам интеллектуальных свойств. Это подразумевает переход к «интеллектуальным системам видеонаблюдения», которые характеризуются адаптацией к изменяющимся условиям наблюдения, извлечением максимальной информации из видеоданных о происходящих в наблюдаемой сцене событиях.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами

Исследования по теме диссертационной работы проводились в рамках следующих научных программ:

1. «Разработать конструкцию и программное обеспечение тензометрических пьезопреобразователей высокочастотного диапазона», ВНК «Датчики», ГР № 20091079, срок выполнения: с 1 января 2009 г. по 31 декабря 2010 г.

2. «Разработать технологию производства монолитных фильтров на основе интерферирующих волн в многослойных структурах», ГКПНИ «Кристаллические и молекулярные структуры 26», ГР 20091080, срок выполнения: с 1 января 2010 г. по 31 декабря 2010 г.

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является повышение эффективности систем видеонаблюдения, путем увеличения точности, помехоустойчивости и быстродействия используемых алгоритмов обработки видеоизображений.

В соответствии с целью диссертации, сформулированы следующие основные *задачи исследования*:

1. Построить модель ИСВ, определить ее свойства, сформулировать предъявляемые к ней требования;

2. Оценить возможности, а также физико-математическую основу существующих методов анализа динамических сцен в видеопоследовательностях;

3. Разработать новые алгоритмы и создать специализированные программные средства для обработки и отображения видеоизображений в режиме реального времени в составе:

- разработать эффективный алгоритм сегментации движений на основе фоновой модели для видеоизображений с динамическим задним планом;

- разработать быстрый алгоритм выделения пространственно разделенных объектов в бинарных изображениях;

- разработать устойчивые алгоритмы автоматического сопровождения объектов на видеоизображениях;
- создать программный модуль, реализующий перечисленные алгоритмы.

4. Провести экспериментально-тестовые испытания разработанного программного обеспечения, определить его функциональные ограничения, разработать рекомендации по его использованию.

Объектом исследования являются видеоданные систем видеонаблюдения и изображения сцен, полученных с помощью них. **Предметом исследования** выступают модели, алгоритмы и методы анализа и обработки видеопоследовательностей.

Положения, выносимые на защиту

– усовершенствованная модель фона изображения, отличающаяся использованием отношения правдоподобия для классификации наблюдений, новой формулой для обновления дисперсии и весовых параметров, позволяющая снизить количество ошибочных срабатываний на 43% при сегментации движения на видеоизображениях с динамическим задним планом;

– двухпроходной алгоритм блочного выделения пространственно разделенных объектов в бинарных изображениях, улучшающий известные аналоги по быстродействию на 17%;

– алгоритм корреляционного сопровождения движущихся объектов с динамическим обновлением эталонного изображения, позволяющий повысить устойчивость сопровождения до 0,88, при линейных размерах объекта до 128 пикселей, скорости объекта до 10 пикселей за кадр, для видеоизображений в режиме реального времени;

– алгоритмы сопровождения движущихся объектов, основанные на выделении, сопоставлении и отслеживании характерных точек изображения, позволяющие добиться устойчивости сопровождения равной 0,64 и 0,73 соответственно, при линейных размерах объекта до 128 пикселей, при скорости объекта до 10 пикселей за кадр, для видеоизображений в режиме реального времени;

Личный вклад соискателя

Основные результаты и положения, выносимые на защиту, рассмотренные в работе, были разработаны и экспериментально исследованы ав-

тором самостоятельно. Научный руководитель принимал участие в постановке целей исследования, их предварительном анализе, корректировке, а также в обсуждении полученных результатов.

Апробация результатов диссертации

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих международных и республиканских конференциях: «Информационные системы и технологии» (Information Systems and Technologies IST'2009), г. Минск, Республика Беларусь, 2009 г.; 4-я Международная научная конференция по военнотехническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения «MILEX-2009», г. Минск, Республика Беларусь, 2009 г.; «Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления», г. Гомель, Республика Беларусь, 2009 г.; «Традиции, тенденции и перспективы в научных исследованиях», г. Чистополь, Российская Федерация, 2009 г.; «Современные проблемы математики и вычислительной техники», г. Брест, Республика Беларусь, 2009 г.; Современные информационные компьютерные технологии «mcIT-2010», г. Гродно, Республика Беларусь, 2010 г.; Информационные технологии, электронные приборы и системы «ITEDS'2010», г. Минск, Республика Беларусь, 2010 г.

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертационной работы опубликовано 14 печатных работ. Из них 4 статьи в научных журналах (1,7 авторских листа), 9 докладов в трудах международных конференций (1,3 авторских листа), 1 в сборнике статей (0,19 авторского листа).

Структура и объем диссертации

Объем диссертации составляет 138 страниц, 65 иллюстраций на 34 страницах, 11 таблиц на 7 страницах, библиография 90 наименований на 7 страницах. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования.

В первой главе проведен литературный обзор, посвященный современным системам видеонаблюдения. Разрабатывается алгоритм обработки видеоданных в интеллектуальных системах видеонаблюдения. Для этого решаются следующие задачи:

- выполняется анализ программного обеспечения современных систем видеонаблюдения;
- определяются общие требования к интеллектуальным системам видеонаблюдения;
- обосновываются этапы, которые проходит видеоинформация в процессе функционирования приложения системы видеонаблюдения;
- определяются основные проблемы и ограничения при реализации программного обеспечения систем видеонаблюдения;

На основании вышеперечисленных пунктов, строится схема обработки видеоданных в интеллектуальной системе видеонаблюдения, изображенная на рисунке 1.

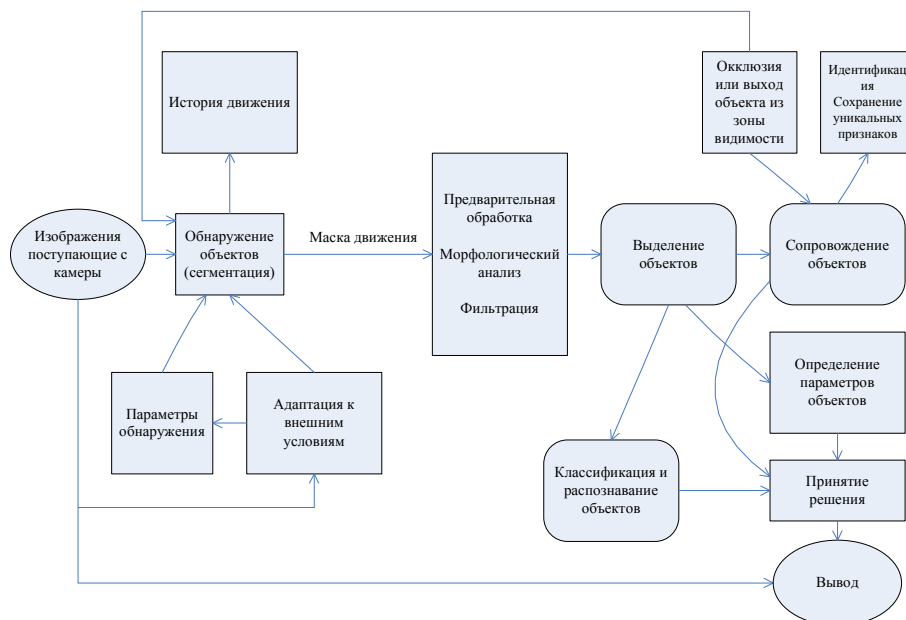


Рисунок 1 – Алгоритм обработки видеоданных в интеллектуальной системе видеонаблюдения

Из проведенного анализа методов обработки видеоизображений следует, что для решения задачи пространственного обнаружения объектов зачастую применяются методы, основанные на моделировании фона видеоизображения. К методам сегментации предъявляются высокие требования по быстродействию и точности, так как они являются отправной точкой для реализации алгоритмов выделения объектов, определения их параметров, их сопровождения и распознавания. Эта задача становится еще более трудоемкой при реализации алгоритмов для видеоизображений в режиме реального времени. В изменяющихся условиях наблюдения необходимо также предусмотреть адаптацию фоновой модели, чтобы она не накапливала ошибки с течением времени. Поэтому актуальной становится задача повышения быстродействия алгоритмов сегментации, реализация обновления фоновой модели и повышения точности алгоритмов. Исходя из проведенной сравнительной характеристики методов сегментации движения, можно сделать вывод о высокой эффективности метода скользящего Гауссова усреднения, реализующего перечисленные требования и развития данного метода – т.н. «смесь нормальных распределений» [1].

Таблица 1 – Сравнение алгоритмов сегментации, основанных на моделировании фона изображения

Вид алгоритма	Временная сложность	Точность
Метод скользящего Гауссова усреднения	$O(1)$	С
Смесь нормальных распределений	$O(m), m = 3..5$	В
Оценка функции распределения значений фоновых пикселей изображения	$O(n), n = 50..100$	СС
Метод «Сигма-Дельта»	$O(1)$	С
Модель фона, на основе собственных векторов матрицы изображения	$O(M), M = 20..50$	Н
Метод оценки среднего сдвига для моделирования фона изображения	$O(k), k = 5..10$	С

Сравнительная характеристика методов с точки зрения их временной сложности приведена в таблице 1. Результаты оценки точности алгоритмов на основе их математических моделей выполнялись по следующей условной шкале: низкая, средняя, высокая.

Во второй главе проводится усовершенствование модели фона изображения при сегментации движения на основе смеси нормальных распределений. В процессе анализа алгоритма реализующего базовый метод сегментации определена необходимость уменьшения количества ошибочных срабатываний алгоритма, увеличения эффективности сегментации при периодических движениях в заднем плане изображения, повышения быстродействия программной реализации для возможности работы в режиме реального времени. В результате исследования установлено, что формула обновления дисперсии и определения принадлежности пикселя к одному из распределений требует определенного уточнения.

Предлагается, с целью снижения ошибочных срабатываний, проводить оценку средней величины дисперсии случайного процесса, описывающего фоновый пиксель изображения, до начала наблюдения, что выразилось в преобразовании авторегрессионной модели первого порядка в виде:

$$\sigma^2(t) = (1 - \alpha_2)\sigma^2(t-1) + \alpha_2[(X(t) - \mu(t))^2 + \sigma_0^2]$$

где σ_0^2 – минимальное значение дисперсии, определяемое цифровым шумом.

Установлены проблемы алгоритма, связанные с появлением нежелательного шлейфа при сегментации движения во время перехода между фоновыми процессами. Для устранения данных нежелательных эффектов предлагается скорректировать значения коэффициентов в соотношении для обновления веса фоновых процессов [2].

Существующая система классификации наблюдений в рамках нескольких вероятностных распределений также подвергается корректировке: каждое новое поступающее значение предлагается трактовать не как отдельное наблюдение, а как некоторое новое вероятностное распределе-

ние. В результате задача классификации наблюдения в рамках системы распределений перерастает в задачу определения сходства двух вероятностных распределений. Для определения меры отличия распределений используется дивергенция. В результате, чтобы отнести некоторое новое значение пикселя к одному из вероятностных распределений необходимо на основе нового значения построить вероятностное распределение и поочередно вычислить дивергенцию для данного нового распределения и каждого существующего. Данный принцип классификации значений пикселя в рамках системы распределений позволяет уменьшить ошибки классификации в случае, когда нормальные фоновые распределения близки друг к другу, и улучшить процесс сегментации. С учетом введенных модификаций построен алгоритм сегментации движения. Выполнено его тестирование в условиях видеонаблюдения осложнённых тряской камеры, изменяющимся освещением в сцене, а также динамическим задним планом.

Таблица 2 – Количество зашумленных пикселей тестового статичного изображения при обработке базовым и модифицированным алгоритмом (разрешение 384x288).

Вид алгоритма	Среднее количество белых пикселей на кадр
Базовый	1511
Модифицированный	861

В результате доработки алгоритма получено снижение количества ложных срабатываний на 43%. Установлено, что разработанный алгоритм удовлетворяет условиям работы в режиме реального времени, эффективно подавляет шумы в процессе сегментации без использования операций морфологии, устойчив к периодическим движениям в заднем плане изображения.



Рисунок 2 – Исходное изображение, результат сегментации движения базовым методом, результат сегментации движения модифицированным методом сегментации (без использования фильтрации и операций морфологии)

Для решения задачи обнаружения пространственно разделенных объектов в бинарных изображениях, построены блочные алгоритмы маркирования связанных компонент изображения.

Для увеличения производительности алгоритмов маркирования используется следующий прием: на практике часто предъявляются требования к минимальному обнаруживаемому объекту. Поэтому имеет смысл выполнять маркирование не пикселей, а блоков пикселей (например, размера 3-5 ед.) для сокращения вычислительных затрат. Данный подход позволяет добиться:

- существенного увеличения быстродействия алгоритмов;
- отсортировки объектов не соответствующих требованию по минимальному размеру.

Таблица 3 – Время работы блочных алгоритмов с тестовыми изображениями (блок 3x3).

Вид алгоритма	Время (мс)		
	320x240	640x480	800x600
Рекурсивный	11	21	28
Двухпроходной	8	15	21
<i>CvConnectedComp()</i> OpenCV.	10	18	25

Для быстрого маркирования связанных компонент бинарных изображений построены рекурсивный алгоритм и двухпроходной алгоритм выделения эквивалентных областей.



Рисунок 3 – Исходное изображение и отсегментированное бинарное изображение с выделением объектов, определением координат их центров и описанных прямоугольников.

В результате разработки блочных алгоритмов получено увеличение быстродействия на 17% [3].

Для распознавания бинарных изображений, полученных на предыдущем этапе, предлагается использовать моментные характеристики, а также рассчитываемые на основе них моментные инварианты. В результате исследования установлено, что точность распознавания силуэта человека данным способом составила 72%. Данный способ распознавания силуэтов является гораздо более быстрым по сравнению с аналогичными методами, так как в процессе анализа участвуют бинарные изображения, обработка которых происходит гораздо быстрее.

Разработан алгоритм сопровождения, на основе фильтра Калмана содержащий две фазы: предсказание и учет наблюдений. Для реализации алгоритма фильтра Калмана получен явный вид расчетных матриц для некоторых основных моделей движения: одномерное движение, двумерное прямолинейное движение, движение по окружности. Процесс сопровождения реализуется путем предсказания будущего состояния объекта и проверки на следующем шаге соответствия этого положения реальному. В

процессе сопровождения разработанный алгоритм учитывает окклюзии (пересечения объектов).

Разработан корреляционный алгоритм решения задачи сопровождения движущихся объектов, в котором для сравнения изображений объектов используются коэффициенты разности SSD:

$$k_{SSD} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (I_1(i, j) - I_2(i, j))^2$$

Известны недостатки данного подхода связанные с тем, что при сравнении изображений объектов они могут быстро и значительно менять свою форму, что снижает устойчивость сопровождения. Окно сопровождения может «блуждать» и переходить на сопровождение других объектов, если эталонное изображение перестает соответствовать реальному объекту. Предлагаемый алгоритм отличается динамическим обновлением эталонного изображения объекта и устраняет перечисленные недостатки. Идея способа заключается в обновлении не всего эталонного изображения, а только его фона.



а)

б)

а) – объект 16x32, окно поиска 50x50, б) – объект 64x64, окно поиска 100x100

Рисунок 4 – Сопровождение объекта методом SSD с обновлением эталона

Причем выделение фона выполняется на основе гистограммы и позволяет для изображения объекта получить значения трех классов пикселей: фон, объект, остальные (неклассифицируемые) пиксели. В результате,

получены показатели быстродействия и устойчивости сопровождения (выражаемой в отношении времени до момента срыва сопровождения к общему времени наблюдения), приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Время сопровождения и показатель устойчивости для четырех наблюдений.

Наблюдение	1	2	3	4
T , с	16	6	35	10
$T_{общ}$, с	19	8	35	11
K	0,84	0,75	1	0,91

Данный способ позволяет сопровождать объекты относительно малых размеров до 128 пикселей, двигающихся с небольшими скоростями до 10 пикселей за кадр. Преимуществами данного способа является относительно высокая устойчивость алгоритма сопровождения, которая составила 0,88.

Разработан алгоритм сопровождения движущихся объектов, на основе сопоставления характерных точек изображения.

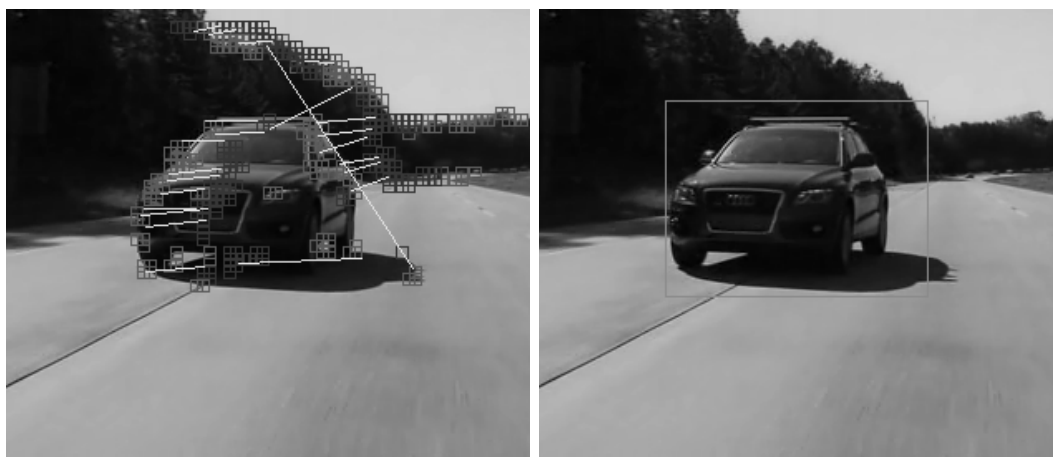


Рисунок 5 – Сопровождение движущегося объекта способом сопоставления точечных особенностей

Этот способ сопровождения предполагает следующие этапы:

- нахождение характерных точек для пары кадров с помощью детектора Харриса;
- нахождение соответствий между характерными точками на основе разностного коэффициента;
- выделение объекта.

Сегментация движения происходит путем выделения множества пикселей изображения с одинаковым значением и направлением величины оптического потока, которая выражает скорость перемещения каждой характерной точки. Каждый обнаруженный движущийся объект однозначно характеризуется набором своих характерных точек и может быть выделен в каждом кадре видеоизображения.

Таблица 5 – Время сопровождения и показатель устойчивости для четырех наблюдений.

Наблюдение	1	2	3	4
T , с	10	7	29	4
$T_{общ}$, с	19	8	35	11
K	0,53	0,88	0,82	0,36

Устойчивость алгоритма сопровождения составила 0,64. Быстродействие увеличено по сравнению с корреляционным методом на 20%.

Разработан алгоритм сопровождения движущихся объектов на основе слежения за характерными точками.

Этот алгоритм сопровождения предполагает следующие этапы:

- определение в первом кадре характерных точек, чье качество выше некоторого заранее определенного порога;
- для каждого следующего кадра нахождение нового положения всех точек с помощью пирамидального алгоритма Лукаса-Канаде;
- выделение объекта.

Как и раньше сегментация движения происходит путем выделения множества пикселей изображения с одинаковым значением и направлением

ем величины смещения. За основу взят пирамидальный алгоритм Лукаса-Канаде для вычисления оптического потока.

Таблица 6 – Время сопровождения и показатель устойчивости для четырех наблюдений.

Наблюдение	1	2	3	4
T , с	11	8	25	7
$T_{\text{общ}}$, с	19	8	35	11
K	0,58	1	0,71	0,64

Устойчивость алгоритма сопровождения составила 0,73. Время работы алгоритма для тестового объекта 64x64 пикселей, 2 уровня пирамиды, сетка пикселей 10x10 составила 20 мс. Для оптимизации алгоритма вычисления оптического потока использовались инструкции процессора SSE. Быстродействие увеличено по сравнению с корреляционным методом на 20% [4].

В третьей главе рассмотрено практическое применение разработанных алгоритмов в специализированном программном обеспечении, сформулированы рекомендации по его использованию. Построен трансформирующий DirectShow-фильтр, в котором реализованы алгоритмы анализа движения.

Данный фильтр реализует алгоритмы сегментации движения:

- RGA (Running Gaussian Averages) – алгоритм, на основе метода скользящего Гауссова усреднения;
- MoG (Mixture of Gaussians) – алгоритм, на основе смеси нормальных распределений, с усовершенствованной моделью фона;
- Optical flow – оптимизированный алгоритм сопровождения, основанный на пирамидальном алгоритме Лукаса-Канаде;

А также алгоритмы сопровождения движущихся объектов:

- Автоматическое сопровождение – реализуется разработанным методом корреляции;
- С ручным выбором объекта – алгоритм, на основе метода Калмана;

- С ручным выбором объекта – метод оптического потока;

Построенный фильтр может быть использован разработчиками для реализации фильтровых графов с помощью технологии DirectShow при разработке программного обеспечения интеллектуальных систем видеонаблюдения. Для тестирования данного модуля и оценки функциональных характеристик алгоритмов разработано тестовое программное приложение для воспроизведения видеофайлов с камер видеонаблюдения.

При разработке алгоритмов, наряду с оригинальными модулями, использовались функции библиотеки OpenCV 1.0. По приближенным оценкам оригинальность разработанного программного обеспечения составляет 70%.

Приложения содержат, описания известных математических методов и алгоритмов обработки видеоизображений, используемых при разработке алгоритмов, а также акты внедрения результатов диссертационного исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

– усовершенствованная модель фона изображения, отличающаяся использованием отношения правдоподобия для классификации наблюдений, новой формулой для обновления дисперсии и весовых параметров, позволяющая снизить количество ошибочных срабатываний на 43% при сегментации движения на видеоизображениях с динамическим задним планом [1, 2, 5, 7];

– двухпроходной алгоритм блочного выделения пространственно разделенных объектов в бинарных изображениях, улучшающий известные аналоги по быстродействию на 17% [3, 11, 13];

– алгоритм корреляционного сопровождения движущихся объектов с динамическим обновлением эталонного изображения, позволяющий повысить устойчивость сопровождения до 0,88, при линейных размерах объекта до 128 пикселей, скорости объекта до 10 пикселей за кадр, для видеоизображений в режиме реального времени [4, 9, 10];

– алгоритмы сопровождения движущихся объектов, основанные на выделении, сопоставлении и отслеживании характерных точек изображения, позволяющие добиться устойчивости сопровождения равной 0,64 и

0,73 соответственно, при линейных размерах объекта до 128 пикселей, при скорости объекта до 10 пикселей за кадр, для видеоизображений в режиме реального времени [4, 6, 8, 10];

– разработан программный модуль для реализации фильтровых графов с помощью технологии DirectShow реализующий перечисленные алгоритмы [12, 14].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Определены функциональные ограничения работы видеосистемы в сложной помеховой обстановке в видеоизображении, требования к условиям безотказной работы видеосистемы; проведены экспериментально-тестовые испытания разработанного программного обеспечения. Результаты исследований реализованы в программном модуле для интеллектуальных систем видеонаблюдения, функционирующих в режиме реального времени. Научные и практические результаты диссертационной работы использованы в учебном процессе учреждения образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова», а также на предприятии ОАО «Конструкторское бюро «Дисплей» (г. Витебск), о чем свидетельствуют соответствующие акты внедрения.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных журналах

1. Краснобаев, Е.А. Анализ методов сегментации движения в видеоизображениях / Е.А. Краснобаев // Изв. Гомел. гос. ун-та. – 2010. – №1(58).– С. 207–212.

2. Краснобаев, Е.А. О модификациях метода сегментации движений на видеоизображениях на основе смеси нормальных распределений в режиме реального времени / Е.А. Краснобаев // журнал Информатика. – 2010.– №26. – С. 3-13.

3. Краснобаев, Е.А. Оптимальные реализации методов обнаружения пространственно разделенных объектов в бинарных видеопоследовательностях / Е.А. Краснобаев // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С. Фундаментальные науки. – 2010. – № 3. – С. 34-39.

4. Краснобаев, Е.А. Алгоритмы сопоставления опорных точек изображения для систем видеодетекции / Е.А. Краснобаев // Вестн. Вит. гос. ун-та. – 2010. – №1(55).– С. 126–132.

Статьи в сборниках материалов конференций

5. Краснобаев, Е.А. Адаптивная модель фона в задачах сегментации движущихся объектов в видеоизображениях / Е.А. Краснобаев, А.Ю. Халанский // Молодежь и наука в XXI веке: сб. ст. молодых ученых. Вып. 3, / Вит. гос. тех. ун-т; под ред. Мироненко В.М. [и др.]. – Витебск, 2008. – С. 27 -31.

6. Краснобаев, Е.А. Метод оптического потока в задачах сегментации движущихся объектов в видеоизображениях/ Е.А. Краснобаев, А.Ю. Халанский //III Машеровские чтения: материалы регион. науч.-практ. конф., Витебск, 28 апр. 2008 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: А.Л. Гладков [и др.]. – Витебск, 2008. – С. 43-45.

7. Краснобаев, Е.А. Моделирование оптических систем автоматического сопровождения и целеуказания / Е.А. Краснобаев // 4-я Международная научная конференция по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения, MILEX 2009: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 20–21 мая 2009 г./ ГУ«БелИСА»;редкол.: В.Е. Кратенок [и др.]. – Минск, 2009 – С. 102 - 104.

8. Краснобаев, Е.А. Алгоритмы сопоставления и отслеживания опорных точек изображений в задачах видеодетекции/ Е.А. Краснобаев // Ис-

следования и разработка в области машиностроения, энергетики и управления: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Гомель, 28-29 апр. 2009 г. / Гом. гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого. – Гомель, 2009. – С. 376-379.

9. Краснобаев, Е.А. Алгоритм автоматического сопровождения движущихся объектов методом корреляционного анализа изображений в системах компьютерного зрения / Краснобаев Е.А. // Информационные системы и технологии (IST'2009): материалы V Междунар. конф.-форума (Минск, 16-17 нояб. 2009 г.). В 2 ч. Ч.1. / редкол. Н.И. Листопад [и др.]. – Минск: А.Н. Варакин, 2009. – С. 150-153.

10. Краснобаев, Е.А. SSE-оптимизация алгоритмов цифровой фильтрации изображений в режиме реального времени/ Е.А. Краснобаев //III Машеровские чтения: материалы регион. науч.-практ. конф., Витебск, 24-25 март 2009 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: А.Л. Гладков [и др.]. – Витебск, 2009. – С. 77-78.

11. Краснобаев, Е.А. Эффективные методы маркирования связанных компонент бинарных изображений / Е.А. Краснобаев //Традиции, тенденции и перспективы в научных исследованиях: материалы IV Международной научно-практической конференции. Часть I., Чистополь, 25-27 нояб. 2009 г. / ИНЭКА.– Чистополь, 2009 – С. 321-323.

12. Краснобаев, Е.А. Интеллектуальная видеодетекция: обзор возможностей библиотеки Intel OpenCV / Е.А. Краснобаев // Информационные технологии, электронные приборы и системы: Материалы Международной научно-практической конференции. Минск, 6–7 апреля 2010 г. В 3-х частях. Ч. 1 – Минск: БГУ, 2010. – 161 с.

13. Краснобаев, Е.А. Применение инвариантных моментов при распознавании объектов в бинарных изображениях / Е.А. Краснобаев // Наука – образованию, производству, экономике: материалы XV(62) Региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, посвященная 100-летию со дня основания УО «ВГУ им. П.М. Машерова», Витебск, 3-5 марта 2010 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: А.П. Солодков (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2010. – С.42-44.

14. Краснобаев, Е.А. Разработка видеодетектора движущихся объектов с использованием библиотеки Intel OpenCV / Е.А. Краснобаев // Современные информационные компьютерные технологии mcIT-2010: материалы II Международной научно-практической конференции [Электронный ресурс] / УО <<Гр. ун-т им. Я. Купалы>>. – Гродно, 2010. – 1 электр. компакт диск (CD-R). – 995 с. – Рус.– Деп. в ГУ <<БелИСА>> 24.05.2010 г., №. Д201019.

РЭЗІЮМЭ

Краснабаеў Яўген Аляксеевіч

Мадэляванне і праграмна-алгарытмічнае забеспячэнне
інтэлектуальных сістэм відэаназірання

Ключавыя словы: лічбавая апрацоўка малюнкаў, аналіз руху, сістэмы відэаназірання, сегментацыя руху, суправаджэнне аб'ектаў, распазнаванне выяваў.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца відэададзеныя сістэм відэаназірання і малюнкi сцэн, атрыманых з дапамогай іх. *Прадметам* даследавання выступаюць мадэлі, алгарытмы і метады аналізу і апрацоўкі відэамалюнкаў. *Мэтай* дысертацыйнай працы з'яўляецца павышэнне эфектыўнасці сістэм відэаназірання, шляхам павелічэння дакладнасці, памехаўстойлівасці і хуткадзейнасці выкарыстаных алгарытмаў апрацоўкі відэамалюнкаў.

У дысертацыйнай праце атрымана ўдасканаленая мадэль фону малюнка, адрозная выкарыстаннем адносіны праўдападобнасці для класіфікацыі назіранняў, новай формулай для абнаўлення дысперсіі і вагавых параметраў, якая дазваляе знізіць колькасць памылковых спрацоўванняў пры сегментацыі руху на відэамалюнках з дынамічным заднім планам; двухпраходны алгарытм блокавага выдзялення прасторава падзеленых аб'ектаў у бінарных малюнках, які паляпшае вядомыя аналагі па хуткадзейнасці; алгарытм карэляцыйнага суправаджэння аб'ектаў з дынамічным абнаўленнем эталоннага малюнка; алгарытмы суправаджэння аб'ектаў, заснаваныя на выдзяленні, супастаўленні і адсочванні характэрных кропак малюнка, а таксама праграмныя сродкі, якія рэалізуюць пералічаныя алгарытмы.

Вынікі дысертацыі маюць 3 укараненні ў навучальны працэс у Віцебскім дзяржаўным універсітэце ім. П.М. Машэрава, а таксама ўкараненне на прадпрыемстве ОАО «Канструктарскае бюро «Дысплей».

РЕЗЮМЕ

Краснобаев Евгений Алексеевич

Моделирование и программно-алгоритмическое обеспечение интеллектуальных систем видеонаблюдения

Ключевые слова: цифровая обработка изображений, анализ движения, системы видеонаблюдения, сегментация движения, сопровождение движущихся объектов, распознавание изображений.

Объектом исследования являются видеоданные систем видеонаблюдения и изображения сцен, полученных с помощью них. *Предметом* исследования выступают модели, алгоритмы и методы анализа и обработки видеопоследовательностей. Целью диссертационной работы является повышение эффективности систем видеонаблюдения, путем увеличения точности, помехоустойчивости и быстродействия используемых алгоритмов обработки видеоизображений.

В диссертационной работе получена усовершенствованная модель фона изображения, отличающаяся использованием отношения правдоподобия для классификации наблюдений, новой формулой для обновления дисперсии и весовых параметров, позволяющая снизить количество ошибочных срабатываний при сегментации движения на видеоизображениях с динамическим задним планом; двухпроходной алгоритм блочного выделения пространственно разделенных объектов в бинарных изображениях, улучшающий известные аналоги по быстродействию; алгоритм корреляционного сопровождения движущихся объектов с динамическим обновлением эталонного изображения; алгоритмы сопровождения движущихся объектов, основанные на выделении, сопоставлении и отслеживании характерных точек изображения, а также программные средства, реализующие перечисленные алгоритмы.

Результаты диссертации имеют 3 внедрения в учебный процесс в Витебском государственном университете им. П.М. Машерова, а также внедрение на предприятии ОАО «Конструкторское бюро «Дисплей».

SUMMARY

Krasnobaev A. Eugene

Modeling and Software Development for Intelligent Video Surveillance Systems

Key words: digital image processing, motion analysis, video surveillance, motion segmentation, tracking of moving objects, image recognition.

The object of the study are video surveillance and image scenes obtained by them. The subject of the study are the models, algorithms and methods for analyzing and processing sequences. The aim of the thesis is to improve surveillance by increasing accuracy, noise immunity and speed of the algorithms used video processing.

This thesis received an improved background model image, wherein using the likelihood ratio for the classification of observations, a new formula for updating the variance and weight parameters, while minimizing the number of false positives in segmentation of motion in the video image with a dynamic background, the two-pass algorithm for block allocation of spatially separated objects in binary images, which improves the well-known counterparts in speed, the algorithm of the correlation tracking of moving objects with dynamic updating of the reference image, moving objects tracking algorithm based on the isolation, mapping and tracking image feature points, as well as software tools that implement these algorithms.

Results of the dissertation have 3 introduction in educational process in the Vitebsk State University named after P.M. Masherov, as well as the introduction of a company "Display".