

На правах рукописи

ЛОКТЕВ Даниил Алексеевич

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПАРАМЕТРОВ СТАТИЧНЫХ И ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМЕ
МОНИТОРИНГА**

Специальность: 05.13.17 – Теоретические основы информатики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва - 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» (МИИТ)

Научный руководитель: **Локтев Алексей Алексеевич**, доктор физико-математических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Антонова Галина Михайловна**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова» Российской академии наук

Седякин Владимир Павлович, кандидат технических наук, профессор кафедры прикладной информатики Московского государственного университета аэрофотосъемки и картографии (МИИГАиК)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Защита диссертации состоится «9» декабря 2015 г. в 16 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 002.073.01 при Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН) по адресу: 119333, Москва, ул. Вавилова, 44, корп. 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФИЦ ИУ РАН и на официальном сайте ФИЦ ИУ РАН: <http://www.ipiran.ru/>.

Автореферат разослан « » 2015 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 002.073.01,
доктор технических наук, профессор

С.Н. Гринченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Задача разработки и исследования пассивных методов определения геометрических и кинематических характеристик объекта (например, расстояния до точек поверхности объекта, их координат, скорости и направления движения объекта) для последующего анализа статических и динамических свойств (поведения) объекта остается актуальной из-за безопасности пассивных методов для здоровья человека и других биологических существ, по сравнению с активными методами получения первичной информации, его дешевой, а также трудностями обнаружения и ликвидации противодействующими сторонами. В рамках общей задачи разработки и исследования пассивных методов определения геометрических и динамических характеристик объекта актуальной является разработка таких методов, которые увеличивают точность определения параметров при приемлемой вычислительной сложности. Именно задаче создания подобного метода, основанного на использовании стереозрения и размытия изображения, посвящена настоящая работа. Развитый в ней метод обладает большей точностью определения характеристик объекта при полиномиальной сложности по сравнению с другими пассивными методами, что позволяет использовать его при решении различных технических задач. Кроме того, использование разработанного метода позволяет увеличивать суммарные точность и достоверность работы системы видеомониторинга при анализе поведения лиц в процессе мероприятий по обеспечению безопасности и противодействия терроризму, наблюдения за движущимися и статическими объектами (транспортными средствами, людьми, животными) для моделирования и анализа их поведения и т.п.

Цель исследования заключается в разработке и исследовании таких методов определения параметров статичных и движущихся объектов на основе стереозрения и размытия изображений, которые позволяют, по сравнению с известными методами, увеличить точность получения этих параметров при допустимой вычислительной сложности алгоритмов, а также в построении модели многокомпонентной автоматизированной программной системы мониторинга с учетом определения параметров реально существующего подвижного объекта в трехмерном пространстве.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) разработать классификацию информационных структур для определения наиболее подходящих при создании комплексных систем мониторинга, осуществить сравнительный аналитический обзор существующих пассивных методов определения характеристик движущегося объекта по критериям точности, вычислительной сложности, условиям применимости;

2) разработать новый метод определения характеристик движущегося объекта на основе стереозрения и размытия изображений, обеспечивающий более высокую, по сравнению с известными методами, точность при приемлемой вычислительной сложности;

3) разработать алгоритм размещения фото- и видеодетекторов для обеспечения и достижения требуемой точности и достоверности характеристик движущегося объекта на основе стереозрения и размытия изображений;

4) разработать алгоритм автоматического слежения камер за движущимся объектом с целью непрерывного получения требуемых характеристик объекта;

5) разработать методы и алгоритмы распознавания объекта по его изображению или видеопотоку и по характеристикам объекта, получаемым на основе стереозрения и размытия изображений;

б) осуществить программную реализацию разработанных алгоритмов, интегрировать их в комплексную систему распознавания ситуаций и выполнить экспериментальное апробирование системы, подтверждающее эффективность разработанных алгоритмов.

Объектом исследования является физическая среда статических и движущихся в пространстве и времени объектов.

Предметом исследования являются методы, алгоритмы и программы реализации определения геометрических и кинематических параметров подвижных и неподвижных объектов в видеопотоке, а также построение модели программной системы мониторинга.

Методы исследования базируются на использовании методов математического моделирования физических процессов, численных методах линеаризации искомых функций, методах объектно-ориентированного и визуального программирования, методах имитационного моделирования на ЭВМ, компьютерного зрения, распознавания образов.

Также используются принципы системного анализа, позволяющие декомпозировать многоуровневую структуру задачи на совокупность взаимосвязанных подзадач, позволяющих доказать повышение точности решения и осуществить оценку его сложности.

Тематика работы соответствует п. 2. «Исследование информационных структур, разработка и анализ моделей информационных процессов и структур», п. 5 «Разработка и исследование моделей и алгоритмов анализа данных, обнаружения закономерностей в данных и их извлечениях, разработка и исследование методов и алгоритмов анализа текста, устной речи и изображений», п. 7 «Разработка методов распознавания образов, фильтрации, распознавания и синтеза изображений, решающих правил», п. 13 «Применение бионических принципов, методов и моделей в информационных технологиях», п. 14 «Разработка теоретических основ создания программных систем для новых информационных технологий» паспорта специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

Достоверность полученных результатов базируется на корректной математической постановке задач, сопоставлении предлагаемых теоретических решений с результатами экспериментов, применении современных методик моделирования и программных вычислительных средств. Правильность полученных результатов определяется корректностью выкладок и сопоставлением с известными результатами других авторов.

Научная новизна. Научная новизна работы заключается в:

1) разработке и апробации нового пассивного метода получения информации о геометрических параметрах статичного объекта, а также о геометрических и кинематических параметрах движущегося объекта на основе комплексного использования стереозрения и размытия изображения в зависимости от дефокусировки камеры; метод обладает большей точностью по сравнению с уже известными пас-

сивными методами на расстояниях, ограниченных техническими характеристиками используемых камер;

2) разработке алгоритма размещения фото- и видеокамер в зависимости от конфигурации и планировки здания или сооружения инфраструктуры и ведения движущегося объекта для его устойчивого отслеживания;

3) разработке метода распознавания образов на основе использования размытия изображения и алгоритма перенастройки фокусного расстояния камеры, необходимого для увеличения границ применимости использования метода размытия объекта на изображении;

4) разработке онтологий интерфейсов, удобных для использования в комплексных системах мониторинга статичных и движущихся объектов в ограниченном техническими параметрами детекторов пространстве, и архитектуры программной системы мониторинга;

5) экспериментальном подтверждении высокой точности определения расстояния до точек поверхности объекта, скорости и направления движения объекта по сравнению с известными пассивными методами и высокой степени быстродействия функционирования разработанного программного комплекса мониторинга объектов.

Практическая ценность. Результаты проведенного исследования, разработанные модели, процедуры, алгоритмы и модули позволят внедрить в современные интеллектуальные системы видеомониторинга, моделирования и визуализации новые эффективные практически реализуемые инструменты получения и обработки информации о подвижных объектах различной природы. Результаты работы могут найти практическое применение при проектировании и реализации автоматических систем с управлением, посредством анализа изображения жестов, перспективных систем комплексной безопасности общественных и инфраструктурных объектов, комплексных систем видеомониторинга, систем распознавания и детектирования подвижных объектов.

Реализация и внедрение результатов исследования. Результаты отдельных частей исследования используются в Группе компаний «Вагонпутьмаш» г. Москва (отдельные модули системы мониторинга рельс), ООО ПТК «КАМАЗ» г. Острогожск Воронежской области (система видеонаблюдения), в ООО «Эксперт» г. Воронеж (система определения расстояний до отдельных элементов зданий и сооружений), а также в учебном процессе при проведении практических и лабораторных занятий по дисциплине «Методы моделирования и оптимизации» в Московском техническом университете связи и информатики.

Апробация. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на национальной научно-технической конференции «Развитие научно-технического творчества молодежи в Москве и регионах России» в 2013 г.; Всероссийских научно-практических конференциях «Математика, информатика, естествознание в экономике и в обществе» (Москва 2010 г., 2013 г., 2014г., 2015г.), на Всероссийских научно-практических и учебно-методических конференциях «Фундаментальные науки в современном строительстве», Москва 2012 г., 2013г.; на XVI Международном симпозиуме «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» им. А.Г. Горшкова, Москва, 2010; на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Московского государствен-

ного технического университета им. Н.Э. Баумана в 2012-2015 годах, а также на семинарах Московского государственного университета путей сообщения и Московского финансово-юридического университета в 2011-2015 годах.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 15 печатных работах, из них 9 статей опубликовано в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично соискателем предложены: [1] – модель информационных процессов, обеспечивающая выполнение технологических режимов по нанесению терморегулирующих пленок, [2] – модель взаимодействия различных модулей получения и обработки данных в составе единой системы видеомониторинга, а также метод построения многокомпонентного пользовательского интерфейса, [3] - основные требования к алгоритму размещения видеокамер, процедуры увязки основных блоков в составе общей схемы, программная реализация алгоритма на языке C++, [4] - модификация алгоритма адаптивного усиления на основе получения новых классификаторов элементов изображения и примитивов Хаара, [5] - алгоритм исследования информационных процессов, вычислительные схемы реализации технологических этапов в виде программного приложения, [6] - реализация итерационной схемы определения основных характеристик динамического взаимодействия тел, [7] - критерии сравнения методологий разработки интеллектуального мультимодального интерфейса, основные требования к средствам разработки пользовательских интерфейсов, [8] – разработанный метод определения параметров подвижного объекта по размытию изображения с использованием систем стереозрения, [9] - метод определения параметров статических и подвижных объектов по размытию изображений в видеопотоке, методика проведения натурального эксперимента, [10] – алгоритм определения размытия предмета, в котором объектом исследования является граница между разными элементами картины, с его помощью предлагается определять расстояние от наблюдателя до исследуемого предмета, [16] - схема повышения точности определения параметров объекта на основе сращивания методов стереозрения и анализа размытия фрагментов изображений, [17] - требования к системе измерения расстояния, анализ существующих методов, получены конечные графические зависимости, [18] - модифицирован онтологический подход для разработки мультikomпонентного пользовательского интерфейса, реализовано интерфейсное приложение, [19] - методика оценки сложности алгоритма расположения видеодетекторов, вычислены конечных характеристики сложности алгоритма, [20] - вычислительная итерационная схема расчета конечных интегро-дифференциальных определяющих уравнений, [21] - варианты реализации возможностей динамической объектной модели, связывающей действия пользователя с Web-приложением и программной средой.

Структура и объём диссертации. Диссертация включает в себя введение, четыре главы, заключение и изложена на 180 страницах машинописного текста, в том числе 5 таблиц, 73 рисунков. Список использованных источников насчитывает 212 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации. Указаны основные цели работы, кратко изложена структура диссертации, охарактеризована ее научная новизна, научная и практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, а также представление результатов различных

частей и всей работы в целом научной общественности на конференциях, семинарах и симпозиумах.

В первой главе описана общая постановка задач, решение которых необходимо для проектирования программной системы мониторинга, для получения характеристик статичных, а также движущихся объектов. Проведен краткий обзор существующих методов определения характеристик статичных и движущихся объектов, предпочтение отдано пассивным методам получения информации по критериям безопасности для биоорганизмов, стоимости, труднодоступности обнаружения посторонней или противодействующей стороной. Проанализировано сравнение известных пассивных методов определения параметров объектов по критериям точности, вычислительной сложности, условиям применимости, что показало слабые стороны их использования для решения различных технических задач, в том числе для наблюдения за движущимися и статическими объектами и моделирования их поведения.

В главе проведена классификация по критериям, определяющим особенности информационных структур, их моделей, описывающих отдельные информационные процессы, существующих и проектируемых информационных систем автоматизированного управления, удаленного контроля, видеомониторинга, а также их отдельных модулей. Здесь также классифицируется получение первичной информации по удаленности модуля сбора данных от исследуемого объекта (выделяются методы непосредственного контакта измерительной системы и образца и методы удаленного получения данных) и по типу средств наблюдения и мониторинга (активные и пассивные). В диссертации развивается направление получения первоначальной информации об объекте с помощью видео- и фотодетекторов, которые могут быть геометрически связаны между собой и произвольно расположены.

Основными методами определения параметров статичного или подвижного объекта в такой постановке являются методы обработки размытия кадра и отдельных объектов на нем, стереозрение, определение размытия при заданном движении видеокамеры, а также методы агрегирования перечисленных подходов на примере изображения или серии изображений исследуемого объекта.

В главе систематизированы современные подходы к задачам исследования информационных структур, разработки и анализа моделей информационных процессов и структур, а также намечены пути решения наиболее важных задач разработки и исследования моделей, методов и алгоритмов анализа изображений.

Вторая глава посвящена более подробному рассмотрению методов решения задач определения и анализа геометрических и кинематических характеристик статичных и движущихся объектов.

Основным подходом, реализуемым в первом параграфе данной главы, является определение геометрических и кинематических параметров исследуемого объекта по размытию, получаемому при различных настройках фотодетектора (фокусное расстояние, выдержка и диафрагма). В качестве определяющего соотношения, связывающего основные параметры фотодетектора и расположения объекта в экспозиции (Рис.1), предлагается использовать соотношение:

$$1/f = 1/D_{ob} + 1/D_{fp} , \quad (1)$$

где f – фокусное расстояние, D_{ob} – расстояние от выбранной точки объекта до объектива фотокамеры, D_{fip} – расстояние между центром объектива и сфокусированным изображением наблюдаемого объекта.

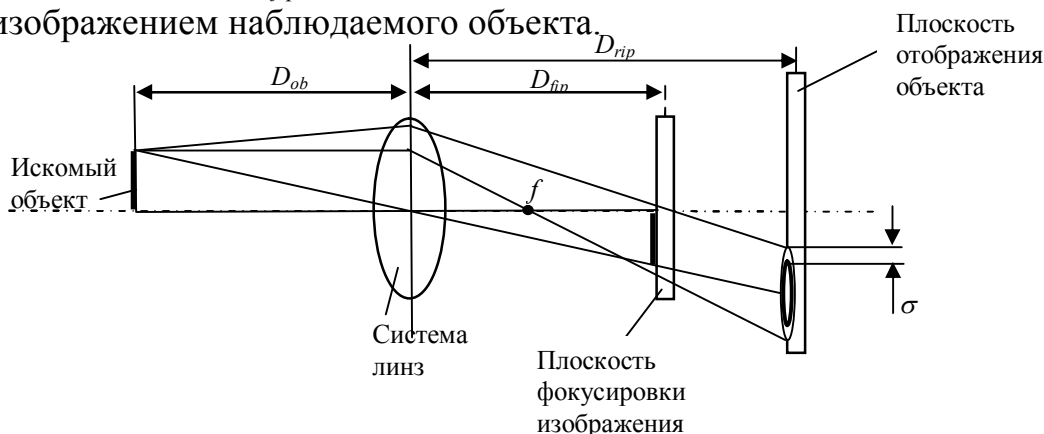


Рис. 1. Схема выполнения оценки глубины изображения с использованием размытия при дефокусировке камеры

В общем случае использования данной методики расстояние от детектора до объекта, находящегося вне фокуса, при условии, что расстояние до объекта в фокусе известно, будет определяться по следующей формуле:

$$z = D \cdot p \cdot f / [(D + \sigma) \cdot f - \sigma \cdot p], \quad (2)$$

где z – искомое расстояние до объекта, p – расстояние до объекта, находящегося в фокусной точке, D – диаметр линзы, σ – диаметр пятна размытия.

Применение представленной выше формулы на практике не позволяет получить результат, близкий к реальным значениям расстояния до объекта, полученным экспериментально, в связи со сложностью определения оценки размытия изображения. Диаметр размытия границы объекта определяется по формуле: $\sigma = \Delta X * Sx$, ΔX – диаметр размытия границы объекта, измеренный в пикселях; Sx – размер пикселя CCD матрицы используемой камеры. Размер пикселя CCD матрицы рассчитывается через пропорцию с учетом размеров получаемого кадра в пикселях и размеров самой матрицы используемой камеры в мм, а также с учетом того, что пиксель – квадратный.

Предлагается представить каждое полученное наблюдение из ряда измерений размытий изображений $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$ в виде суммы: $\theta_i = \eta_i(X) + \Delta_i$, (3)

где $\eta_i(X)$ – некоторая известная зависимость размытия объекта от расстояния до него, X – вектор расстояний до объекта, Δ_i – ошибка измерения.

Используем класс статистических оценок – М-оценки:

$$X(\theta) = \arg \min_X (\sum_{i=1}^n L(\theta_i - \eta_i(X))), \quad (4)$$

где $L()$ – функция, определяющая метод оценивания.

Для оценивания по методу наименьших квадратов используется функция $L=z^2$, по методу наименьших модулей – $L=|z|$.

С помощью статистического анализа метода размытия изображения найдено наиболее близкое к экспериментальным данным математическое описание зависимости размытия объекта от расстояния до него, полученные с использованием методов наименьших квадратов и модулей в сравнении с экспериментальными данными (Рис.2), что позволяет говорить о большей точности полученной математической модели по сравнению с другими вариантами математических описаний (рис.3).

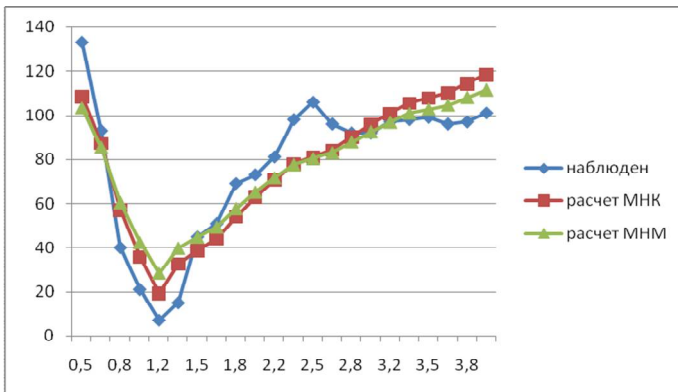


Рис.2. Зависимости размытия объекта от расстояния до него

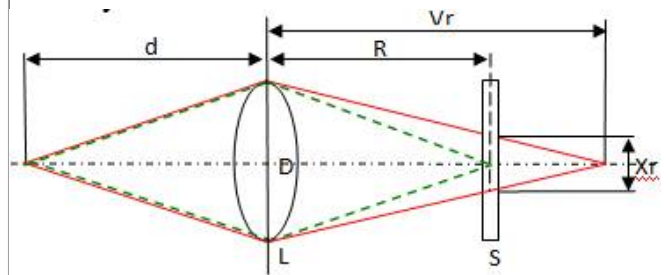


Рис. 3. Фокусировка лучей красного (сплошная линия) и зеленого (прерывная линия) диапазона

Используя предлагаемый подход, определим расстояние до исследуемых объектов прямоугольной и круглой формы и их размытие путем анализа серии изображений, полученных с помощью фотодетектора с различными настройками (некоторые из них приведены на Рис. 4).



Рис. 4. Изображения, полученные с помощью фотокамеры, при различных фокусных расстояниях: а) 24 мм, б) 35 мм, в) 45 мм, г) 55 мм.

Разрабатываемая комплексная методика определения параметров статичного объекта на основе использования алгоритмов детектирования размытия изображений объекта может быть модернизирована и обобщена на случай движения объекта по разным траекториям и с разной скоростью.

Во втором параграфе теоретически разработана методика определения параметров статичного или движущегося объекта на основе использования алгоритмов оценки размытия трех основных цветов модели RGB изображения объекта при использовании линз разных цветов. Предлагается за минимальное размытие принять размытие пикселей зеленого цвета (пунктирная линия), при красном цвете (сплошная линия) диапазона размытие будет ближе к максимальному (Рис.3), выражение для определения расстояния до выбранного объекта примет вид:

$$d = \sigma_r \cdot Fr \cdot Fg / [\sigma_r \cdot Fr + (Fg - Fr) \cdot D], \quad (5)$$

где σ_r – диаметр размытия на границах объекта красного цвета, F_r и F_g – фокусные расстояния используемой камеры для красного и зеленого цветов соответственно, определяются опытным путем.

Размытие можно представить в виде пограничного слоя между объектом и фоном, условие принадлежности пикселя изображению объекта можно записать как

$$\left| 1 - \frac{|I(x, y+1) - I(x, y)|}{|I(x, y) - I(x, y-1)|} \right| < 0.05, \quad (6)$$

где x и y координаты рассматриваемых пикселей.

Согласно этому условию, если при сравнении соседних пикселей, разница составляет более чем 5 %, то в этом случае считается, что это или пограничный слой или уже другой объект, если же цвет пикселя отличается менее чем на 5 %, то идентифицируется прежний объект. Имеет смысл установить порог чувствительности для цвета фона и цвета объекта $\mu_{фон}$ и $\mu_{об}$. При использовании классической модели RGB общую интенсивность цвета пре переходе между двумя соседними пикселями можно представить в виде:

$$|I(x, y) - I(x, y-1)| = |R(x, y) - R(x, y-1)| + |G(x, y) - G(x, y-1)| + |B(x, y) - B(x, y-1)|, \quad (7)$$

здесь функции $R(x, y)$, $G(x, y)$, $B(x, y)$ определяют в выбранной точке изображения интенсивность красного, зеленого и синего цветов соответственно.

Основываясь на представленной методике, можно составить карту глубины изображения, в случае наличия многих объектов на изображении, его нужно сегментировать на отдельные области-фреймы. Вычисление разности цветов позволяет устранять влияние общего размытия изображения, появляющегося из-за наличия технических погрешностей и несовершенств аппаратуры и алгоритмов обработки.

Третий параграф главы посвящен такому альтернативному методу определения расстояния до требуемого объекта, как метод сопоставления двух изображений, полученных системой пассивного стереозрения, то есть двумя идентичными камерами с определенным расстоянием между ними.

При параллельности оптических осей камер расстояние до точки определяется

$$r_n = f \cdot d / (x_1 - x_2), \quad (8)$$

где f – фокусное расстояние, d – расстояние между камерами, x_1 и x_2 – координаты проекций на левом и правом изображениях.

Часто при реальном использовании формулы (9) в алгоритмах идентификации она представляется в виде:

$$r_n = d \cdot H / [tg \alpha \cdot (x_1 - x_2)], \quad (9)$$

где H – горизонтальное разрешение изображения, α – угол обзора камеры, x_1 и x_2 – координаты точки, до которой определяется расстояние, в координатной системе отсчета первой и второй камер соответственно.

При использовании формулы (10) считается, что изображения, получаемые с камер, ректифицированы, то есть камеры расположены так, что в их координатных системах отсчета координаты точки, до которой требуется определить расстояние, y_1 и y_2 равны, что означает, что горизонтальные линии на изображениях соответствуют одной плоскости.

Трудности использования данного способа заключаются в сложности правильной установки двух камер, для уменьшения погрешности необходимо увеличить базу до расстояния того же порядка, что и измеряемое.

В четвертом параграфе предложен новый разработанный метод определения параметров статичного или движущегося объекта на основе использования алгоритмов стереозрения и размытия изображений объекта, полученных с двух камер. При этом учитываются особенности двух вышеприведенных методов, параметры которых сопоставляются для дальнейшего использования в едином алгоритме, основная идея которого заключается в введении уточняющего коэффициента, рассчитанного по методу наименьших квадратов при сопоставлении расстояний, определенных методами стереозрения и размытия изображений в границах применимости второго из них и позволяющего увеличить границы применимости разработанного метода повышением точности метода стереозрения уточняющим коэффициентом.

Пошагово рассмотрим данный алгоритм и для этого введем некоторые обозначения. Характеристики используемой камеры обозначим так: f – фокусное расстояние камеры, D – диафрагма камеры, W и H – длина и ширина используемой сенсорной матрицы соответственно, P – общее количество пикселей в изображении, r_f – точка фокусировки, T – выдержка камеры. Получаемое в момент времени t изображение обозначим как $Iz_t(G, V)$, где G – количество пикселей получаемого изображения по горизонтали, V – количество пикселей изображения по вертикали. Выбираемую исследуемую область изображения $Iz_t(G, V)$, в которой находится объект S_i , назовем областью объекта $AS_{it}(X, Y)$, где X, Y – координаты центра области объекта. Обнаружением назовем процесс зрительного определения местоположения объекта для его последующего захвата. Под захватом объекта S_i будем понимать выделение области объекта $AS_{it}(X, Y)$ на изображении $Iz_t(G, V)$ в момент времени t . Под размытием, или областью размытия σ_{it} , объекта в момент времени t понимается пограничный слой объекта, который определяется как количество пикселей перехода от фона к объекту. Ближняя Gr_{bl} и дальняя Gr_{dal} границы применимости метода описываются допустимым размытием σ_{it} объекта S_i и допустимым расстоянием r_{it} до него. Расстояние, вычисляемое с помощью метода стереозрения, до объекта S_i в момент времени t обозначим как r_{stit} .

Шаг 1. На первом шаге алгоритма задаются характеристики камеры $\{f, A, W, H, P, r_f, T\}$ для определения границ применимости $\{Gr_{bb}, Gr_{dal}\}$ метода размытия изображения и стереозрения без уточняющего коэффициента k .

Шаг 2. Определяется местонахождение объекта на изображении путем обнаружения и дальнейшего захвата области объекта $AS_{it}(X, Y)$.

Шаг 3. На следующем шаге определяется область размытия объекта σ_{it} , и найденное размытие объекта сравнивается с допустимыми областями размытия σ_{bl} и σ_{dal} границ применимости метода размытия изображения.

Шаг 3.1. Если полученное размытие входит в границы применимости этого метода, то расстояние r_{it} до объекта S_i вычисляется по полученной в параграфе 1 главы 2 формуле, которая наиболее точно описывает известные экспериментальные данные.

Шаг 4. Также здесь рассчитывается расстояние с помощью стереозрения r_{stib} , которое сохраняется в массив данных для будущего использования накопленной информации для вычисления уточняющего коэффициента k .

Шаг 3.2. Если полученное размытие σ_{it} не входит в границы применимости метода размытия объекта, то расстояние до объекта определяется по формуле, учитывающей коэффициент, который вычисляется с помощью метода наименьших квадратов по заполненным массивам данных для N измерений.

Для увеличения границ применимости метода размытия изображений ниже описан алгоритм настройки динамического фокуса камеры. Обозначим возможные минимальное и максимальное фокусные расстояния камеры как f_{nach} , f_{kon} соответственно, начальную и конечную точки фокусировки как r_{fnach} , и r_{fkon} соответственно.

Шаг 1. Определяем параметры используемой камеры $\{f_{nach}, f_{kon}, A, W, H, P, r_{fnach}, r_{fkon}, T\}$ и границы применимости метода размытия изображения $\{Gr_{bl}, Gr_{dal}\}$.

Шаг 2. Определяется местонахождение объекта на изображении путем обнаружения и дальнейшего захвата области объекта $AS_{it}(X, Y)$ и область размытия объекта σ_{it} , которая сравнивается с допустимыми областями размытия σ_{bl} и σ_{dal} границ применимости метода размытия изображения; определяется погрешность нахождения размытия по уже известным и построенным графикам для каждого фокусного расстояния f и расстояний до различных точек фокусировки r_f , которые хранятся в виде массивов данных.

Шаг 3. Выбираем минимально допустимое фокусное расстояние f_{nach} и точку фокусировки r_{fnach} , при которых возможно определять параметры объекта, то есть погрешность глубины резкости и погрешность метода размытия изображения должны быть не более выбранного порога, например, в 5%.

Шаг 4. При увеличении погрешности метода происходит переопределение точки фокусировки r_f таким образом, чтобы погрешность метода снова вошла в пределы выбранного порога.

Шаг 5. Итерации повторяются до тех пор, пока погрешность такими действиями нельзя будет уменьшить.

Шаг 6. Далее изменяется фокусное расстояние в сторону увеличения, берется минимальная точка фокусировки, при которой возможно определять параметры с необходимой точностью.

Шаг 7. Затем точка фокусировки передвигается и итерации повторяются.

Описанные алгоритмы следует совмещать для повышения точности определения расстояния. Применение разработанного метода представлено на рис. 5.

Для определения точности описываемой методики предлагается использовать следующее выражение, включающее в себя элементы предыдущих методов:

$$F(x) = a \left[b_1 e^{c_1(d_1x-f)} - b_2 e^{c_2(d_2x-f-l)} \right] + n + m, \quad (10)$$

где x – измеряемое расстояние до объекта; f – фокусное расстояние камер; l – расфокусировка камер относительно друг друга; b_1, b_2 – коэффициенты внешних условий для двух камер, учитывают освещенность, погодные условия, помехи; c_1, c_2 – параметры кривизны изображения, получаемого первым и вторым видеодетектором (размерность 1/м); d_1, d_2 – коэффициенты, определяющие временное и оптическое разрешение камер; a – общий уровень точности системы детектирования; n

– параметр, определяющий квалификацию персонала, работающего при настройке системы; m – параметр, отвечающий за обзор объекта двумя детекторами.



Рис.5. Использование разработанного метода на подвижном объекте

Приведенные на рис. 6а графические зависимости показывают, что при использовании комбинированной методики (кривая 1) точность измерения расстояния до объекта существенно увеличивается по сравнению с методами, основанными на стереозрении (кривая 2) и оценке размытия идентифицируемого объекта (кривая 3). Реальное расстояние до объекта в момент фотографирования (рис. 5) около 11.8 м. На рис. 6б проводится сравнительный анализ точности определения расстояния до объекта при изменении точки фокусировки камеры: кривая 1 соответствует 11.5 м., кривая 2 – 12.5 м., кривая 3 – 12.0 м.

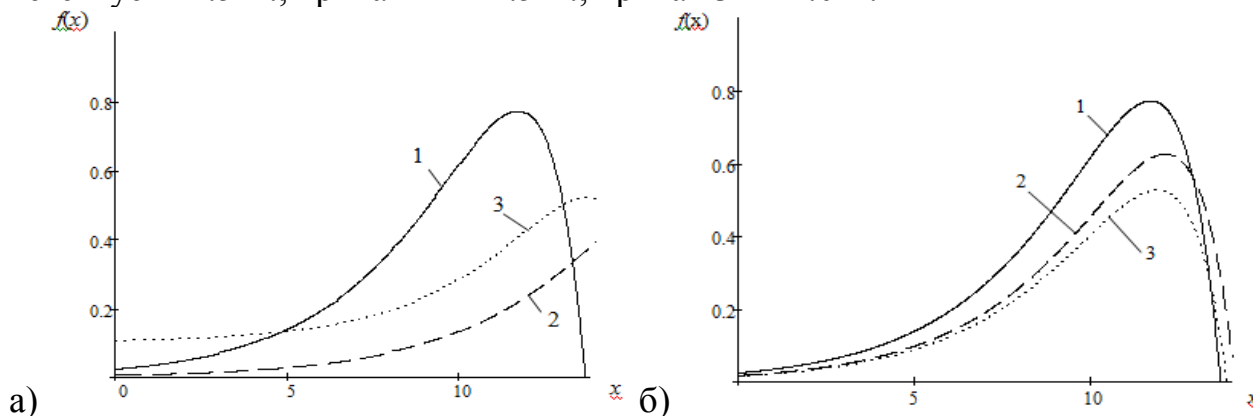


Рис. 6 Зависимость точности определения от расстояния до объекта для разных методов (а), для разных точек фокусировки видеодетекторов (б)

Сравнение результатов использования различных методов для определения параметров поведения объекта можно представить в виде следующей таблицы.

Таблица 1

Методы	Показатели	Вычисленное расстояние, рис. 3 (м)	Вычисленное расстояние, рис. 5 (м)	Кол-во анализируемых изображ	Относительная ошибка для рис.2/рис.4(%)	Кол-во операций на итерации
Размытие		4.1	13.3	4	17/13	4
Стереозрение		4.0	12.4	8	14/5	3
Разработанный метод		3.7	12.2	24	6/4	16
Эксперимент		3.5	11.8			

Таким образом, в главе предложены новые и модифицированы традиционные методы детектирования параметров статичных и подвижных объектов, а также сравнены результаты использования различных методов и результаты экспериментов. Показано, что наилучшее приближение к реальным расстояниям дает разработанный метод по сравнению с методами размытия изображения и стереозрения.

Для итоговой формулировки выводов о применимости данных методик в разных условиях проведения съемки в зависимости от параметров объекта выполняется множество численных экспериментов. В качестве основной оценки корректности использования того или иного метода предлагается использовать байесовскую оценку при квадратичной, прямой и простой функции потерь, получаемую путем минимизации соответствующего безусловного риска

$$\gamma_{\bar{\sigma}} = \int l w_{ps}(l) dl = l_{ps} \quad \text{или} \quad \gamma_{\bar{\sigma}} = \arg \sup_{\gamma} \int_{\gamma-\eta}^{\gamma+\eta} w_{ps}(l) dl, \quad \text{или} \quad \gamma_{\bar{\sigma}} = \arg \sup_{\gamma} w_{ps}(\gamma), \quad (11)$$

здесь $\gamma_{\bar{\sigma}}$ – величина, минимизирующая безусловный риск при заданной функции потерь, l_{ps} – математическое ожидание апостериорного распределения, l – некоторая случайная величина, $w_{ps}(l)$ – апостериорная плотность вероятности неизвестного параметра.

Как показали численные исследования, предлагаемые в работе вычислительные алгоритмы и математические модели могут быть реализованы при детектировании как различных статичных и подвижных объектов при неподвижной системе видео- и фотофиксации (распознавание людей, транспортных средств и т.д.), так и разных неподвижных объектов при движущейся системе получения изображений (аэрофотосъемка, работа путеизмерительных тележек при мониторинге железнодорожного пути и т.д.).

В третьей главе разрабатывается алгоритм распознавания образов и изображений реальных статических и динамических, фильтрации отдельных элементов в общей картине, поступающей на обработку в информационную систему, по характеристикам объекта, получаемым на основе стереозрения и размытия изображений, для этого формулируются решающие правила, позволяющие распознать отдельные элементы, объекты, а также их поведение в динамике.

Данная глава посвящена исследованию визуального распознавания объектов и реализации полученного алгоритма в виде программного приложения, работающего в режиме реального времени.

Под распознаванием понимается отнесение объекта к какому-либо классу выбранной классификации. Предложено для распознавания объектов использовать метод анализа размытия изображений при классификации объектов по расстоянию до них, скорости их движения и типу объекта (с учетом его индивидуальности).

Для определения скорости движения объекта следует рассматривать отдельно размытия объекта по горизонтали σ_{ix} и σ_{jx} и по вертикали σ_{iy} и σ_{jy}

Полное размытие для каждого i -ого кадра будет вычисляться как:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_{ix}^2 + \sigma_{iy}^2}. \quad (12)$$

Скорость объекта с размерностью пиксель/с определяется по каждой оси отдельно, при анализе изображений из-за их двумерности движение по осям Y и Z

будут характеризоваться обобщенной переменной v_y , поэтому полную скорость объекта можно записать как:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} / t, \quad (13)$$

где Δx и Δy – перемещения центра масс объекта по горизонтали и вертикали, t – интервал времени между кадрами видеопотока.

В итоге, искомая скорость объекта с размерностью м/с будет вычисляться по формуле:

$$v_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2} \cdot r_i \cdot S_x \cdot \sigma_i / t, \quad (14)$$

где r_i – расстояние до объекта, вычисляемое по размытию объекта и точки фокусировки камеры; S_x – размер пикселя сенсорной матрицы камеры; σ_i – размытие объекта.

Направление движения объекта определяется сравнением следующих его параметров – размытия σ_i , координат центра изображения объекта x_i и y_i . Возможны три ситуации для движущегося объекта: объект движется строго перпендикулярно камере вправо/влево, объект движется строго от камеры/ к камере, то есть удаляется/приближается, объект движется под углом к камере.

В первом приближении распознавания объекты обладают только двумя параметрами - скоростью и удаленностью от камеры. По скорости объекты делятся на «быстрые» и «медленные», по расстоянию до них – «далекие» и «близкие». При задании определенных границ скорости движения объектов для классов «быстрые» и «медленные» возможно определить любой из распознанных по выбранным критериям объектов.

В следующем приближении возможно распознавание объекта по другим характеризующим его признакам (с учетом индивидуальных особенностей). При определении объекта в класс «медленные» и «близкие» применяется адаптивный алгоритм распознавания образов, основанный на модификации алгоритма adaptive boosting (адаптивное усиление) с использованием каскадных классификаторов с примитивами Хаара (рис.8, 9, 12б).

При определении объекта в другие возможные классы далее используется модифицированный алгоритм распознавания объектов по характерным точкам.

Для расчета оптического потока изображения вокруг характерных точек, выделенных в области объекта с помощью детектора Харриса-Лапласа, предложено использование метода Лукаса-Канаде, при этом важным моментом является выбор размеров прямоугольного фрейма вокруг исследуемого пикселя. Этот выбор происходит на основе сопоставления двух взаимоисключающих условий: уменьшение размера фрейма позволяет «не смешивать» исследуемые подвижные объекты с неподвижным фоном, увеличение фрейма позволяет обнаруживать и отслеживать большие перемещения объекта. Для решения двойственной проблемы реализации метода Лукаса-Канаде использована пирамидальная итерационная схема Боке.

Согласно методике, на k -ой итерации метода вычисляется значение поправки из условия минимизации суммы квадратов отклонений:

$$\varepsilon(\eta^k) = \sum_x \sum_y \left[I^L(x, y) - J^L(x + g_x^L + v_x^{k-1} + \eta_x^k, y + g_y^L + v_y^{k-1} + \eta_y^k) \right]^2 \quad (15)$$

Описанные действия по сравнению двух изображений можно представить в виде следующей последовательности действий (алгоритма):

1. Ввод изображений I, J и координат исследуемого пикселя u на изображении I .

2. Построение пирамид исходных изображений $\{I^L\}_{L=0..L_m}$ и $\{J^L\}_{L=0..L_m}$.

3. Задание смещения, накопленного по пройденным уровням $g^{L_m} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

4. Цикл по уровням L от L_m до 0 с шагом -1.

5. Расчет координат (p_x, p_y) интересующего пикселя u на изображении I^L .

6. Расчет производных изображения I^L по пространственным координатам:

$$I_x(x, y) = \frac{1}{2} \{I^L(x+1, y) - I^L(x-1, y)\}, \quad I_y(x, y) = \frac{1}{2} \{I^L(x, y+1) - I^L(x, y-1)\} \quad (16)$$

7. Расчет матрицы градиентов в плоскости изображения:

$$G = \sum_{x=p_x-w_x}^{p_x+w_x} \sum_{y=p_y-w_y}^{p_y+w_y} \begin{bmatrix} I_x^2(x, y) & I_x(x, y)I_y(x, y) \\ I_x(x, y)I_y(x, y) & I_y^2(x, y) \end{bmatrix} \quad (17)$$

8. Инициализация смещения, накопленного по итерациям $v^0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$.

9. Подцикл по итерациям k от 1 до 5

9.1. Вычитание изображений (оценка производной изображения по времени):

$$\delta I_k(x, y) = I^L(x, y) - J^L(x + g_x^L + v_x^{k-1}, y + g_y^L + v_y^{k-1}) \quad (18)$$

9.2. Расчет вектора расхождения: $b_k = \sum_{x=p_x-w_x}^{p_x+w_x} \sum_{y=p_y-w_y}^{p_y+w_y} \begin{bmatrix} \delta I_k(x, y)I_x(x, y) \\ \delta I_k(x, y)I_y(x, y) \end{bmatrix}$ (19)

9.3. Расчет оптического потока по формуле $\eta^k = G^{-1}b_k$.

9.4. Обновление смещения, накопленного по итерациям: $v^k = v^{k-1} + \eta^k$.

10. Расчет смещения для уровня L : $d^L = v^k$.

11. Расчет смещения, накопленного к следующему уровню $L-1$: $g^{L-1} = 2(g^L + d^L)$

12. Расчет общего смещения: $d = g^0 + d^0$.

13. Расчет координат интересующего пикселя на изображении J : $w = u + d$

14. Вывод координат интересующего пикселя w на изображении J .

Реализация данного алгоритма возможна в рамках разработки общего программного комплекса, одним из важных модулей которого является модуль визуального распознавания. Задача проектирования данного блока непосредственно связана с созданием программного обеспечения, для которого предлагается использовать Web-среду (рис.8), поскольку она позволяет использовать различные языки программирования и может использоваться для создания распределенной информационной системы, которая будет работать как на стороне сервера, так и на стороне пользователя. Взаимодействие между пользовательским Web-приложением и модулем распознавания происходит через специализированное приложение на стороне пользователя, которое будет управлять приемом и передачей данных (рис.9).

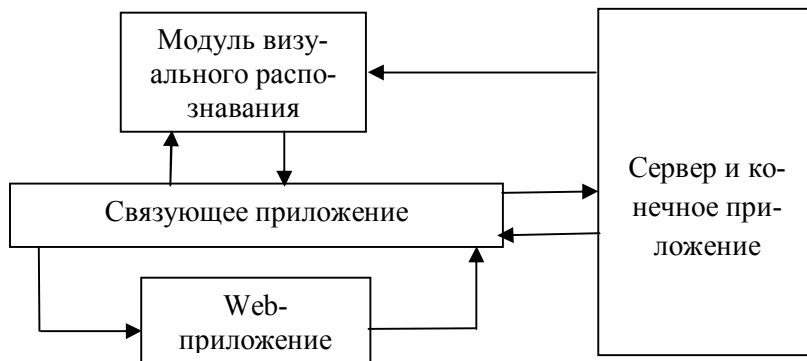


Рис. 8. Схема обмена данными элементов прототипа.

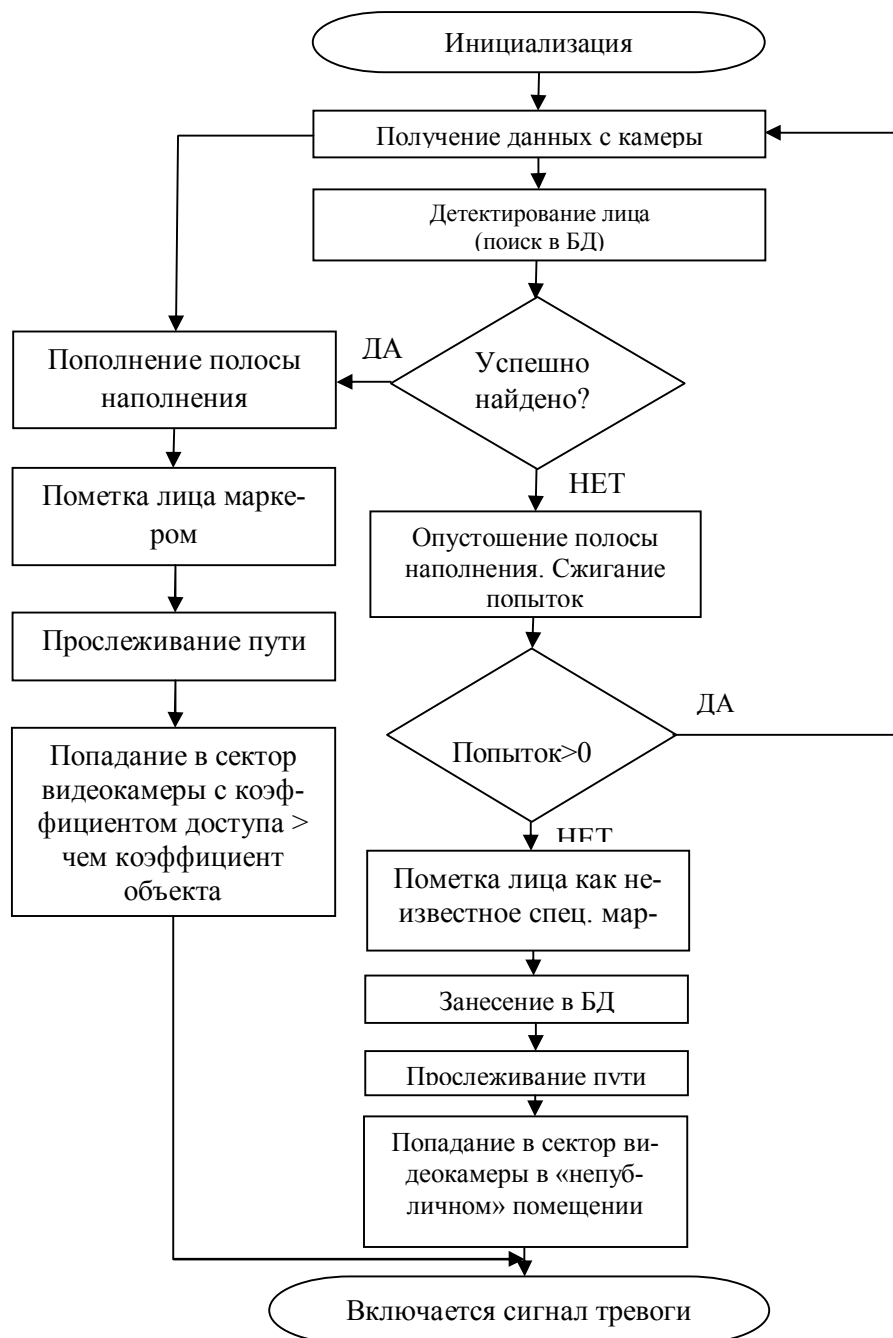


Рис. 9. Алгоритм работы модуля распознавания

Согласно этому подходу, Web-приложение может функционировать независимо от всей системы, а модуль распознавания может работать непрерывно, не

останавливаясь при сеансовых обновлениях Web-страниц (рис.9). Для иллюстрации в качестве Web-приложения реализована система распознавания лиц, полученных с видеокамер на конференции (рис. 12б), синей рамкой отмечены распознанные лица, красной - нераспознанные. Реализованное в данной главе приложение может являться прототипом блока непрерывного визуального распознавания объектов в распределенной системе видеомониторинга.

В главе 4 рассматривается архитектура системы видеомониторинга с модулем распознавания объектов и определения их параметров, а также задача проектирования и реализации пользовательского интерфейса для управления мультикомпонентной системой видеомониторинга, в которую входят модули визуального распознавания образов, система адаптации интерфейсов для разработчиков, пользователей и взаимодействующих программ. Отличительной особенностью настоящей работы является и то, что полученные алгоритмы являются не только средством решения поставленных задач, но и самостоятельными объектами исследования, для которых определяются вычислительная сложность, оптимальность, сложность программной реализации на межсистемных платформах. Приводятся оценки работоспособности системы, ее точности. В главе разрабатываются математические и логические модели, а также методы взаимодействия отдельных информационных процессов и подсистем в рамках функционирования единой комплексной системы удаленного мониторинга и автоматизированной обработки графических изображений реально существующих объектов.

Проведен анализ эволюции пользовательских интерфейсов на примере восьми методологий разработки систем интеллектуального взаимодействия, включая *Gaia*, *Mase*, *UML* и др., который показал, что оптимальная методология создания интеллектуального мультимодального интерфейса должна удовлетворять следующим требованиям: непротиворечивое формализованное проектирование интерфейсов с возможностью автоматического анализа проектов; гибкость; модифицируемость; мобильность; повторяемость основных форм и шаблонов.

На основе анализа для проектирования пользовательского интерфейса, соответствующего указанным выше требованиям, выбран онтологический подход, предполагающий необходимость сформулировать систему понятий пользователя, которую можно разделить на систему понятий диалога и систему понятий задач пользователя. Предложена следующая система понятий, в терминах которых осуществляется проектирование интерфейса (рис.10):

1) Модель онтологии системы понятий диалога описывает структуру терминов системы понятий диалога в виде связей между ними.

2) Модель онтологии WIMP-интерфейсов состоит из двух частей: элементы интерфейса типа «Окно-контейнер» предназначены для группировки элементов интерфейса в семантически связанные группы; события элементов интерфейса $Events_i = \{Event_{ij}\}$ задают множество возможных реакций элемента интерфейса на события, возникающие в ходе взаимодействия с пользователем.

3) Модель онтологии для формирования текстов, которая позволяет строить и использовать текстовые фрагменты в пользовательском интерфейсе.

4) Модель онтологии графических статических и динамических сцен на плоскости, при описании этой модели используются следующие типы переменных: Z – множество всех целых чисел; N – множество всех натуральных чисел; R – множество всех действительных чисел; *Strings* – множество всех строк; *Images* – множе-

ство всех графических рисунков; $Colors$ – множество всех цветов; $Coords = \{(X, Y): X, Y \in Z\}$ – множество всех координат; $Bool$ – логический тип; $Lines$ – множество всех толщин линий; $Figures$ – множество всех геометрических фигур.

5) Модель онтологии сценария диалога – описывает начальное окно, которое появляется на экране монитора после запуска программного средства, структуру реакций на события, типы конструкций, доступных при описании реакций на события, типы инструкций, доступных при описании реакций на события, а также стандартные функции диалога.

6) Модель онтологии связи интерфейса с прикладной программой описывает структуру программных интерфейсов $Interfaces$, используемых при взаимодействии интерфейса и прикладной программы.

7) Модель онтологии взаимодействия пользователя и модуля получения характеристик объекта с видеопотока камер, состоит из элементов $Cameras_i = \{Camera_{ij}\}$ – описываются параметры камер, $Choices_i = \{Choice_{ij}\}$ – выбор получаемых характеристик объекта.

8) Модель онтологии диалога пользователя и модуля распознавания изображения, происходит выбор метода распознавания объектов из элементов $Recognitions_i = \{Recognition_{ij}\}$ по критериям $Criteria_s_i = \{Criteria_{ij}\}$.

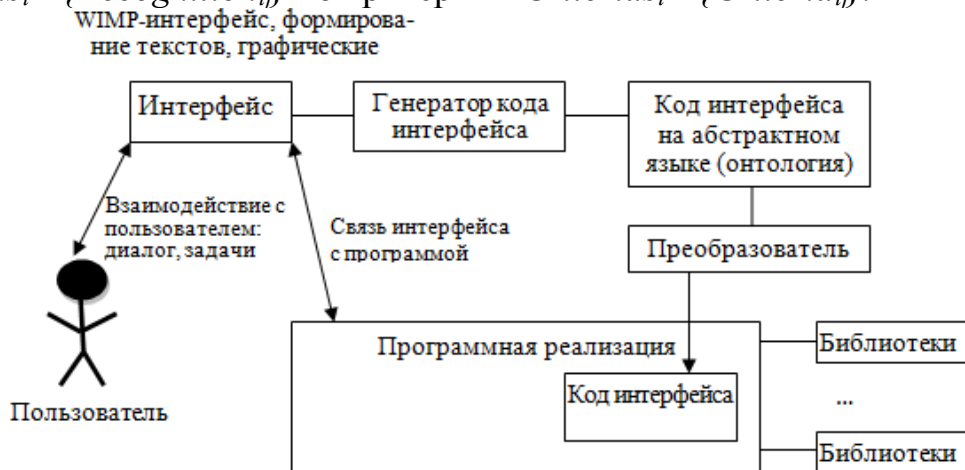


Рис. 10. Визуализация на основе онтологического подхода

Проектируемая система управления должна состоять из адаптируемой и постоянной частей, иметь модульную структуру, возможность настройки отдельных компонент и пополнения базы знаний о пользователях (рис. 11).

На рис. 12а показан режим моделирования здания с учетом прозрачности несущих и ограждающих конструкций, от которого можно перейти к просмотру по камерам, по комнатам, по маршрутам. На рис. 12б представлены результаты распознавания лиц людей в одном из помещений.

В главе рассматривается несколько примеров, в которых определяется время, необходимое пользователю для управления тем или иным модулем комплексной системы видеомониторинга, при этом используется метод GOMS. Оценка быстродействия интерфейса заключается в разложении выполняемой задачи на типовые составляющие и вычислении времени, которое будет в среднем затрачиваться пользователем на выполнение этой задачи, вычисляемое по закону Фитса:

$$P_i (мс) = a + b \cdot \log_2(D/S+1), \quad (20)$$

где для одномерного примера S – размер объекта вдоль линии перемещения курсора, D – дистанция от начальной позиции курсора до объекта, a и b константы, устанавливающиеся эмпирически по параметрам производительности человека.



Рис. 11. Схема адаптивного интерфейса

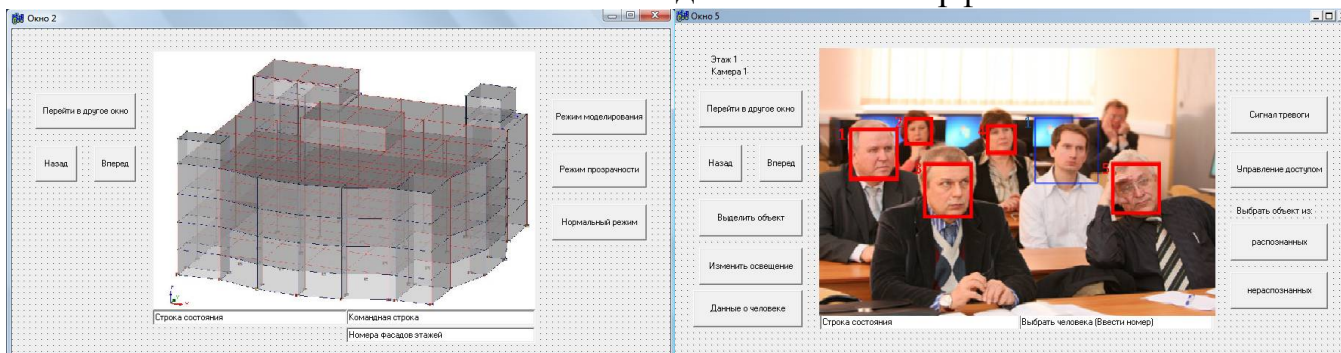


Рис. 12. а) режим моделирования здания, б) распознанные и нераспознанные лица

Достоинством предлагаемого подхода к проектированию интерфейсов и разработанной системы программно-пользовательских интерфейсов является возможность ее настраивания практически для любого сооружения и здания с учетом предметной области функционирования предприятия, расположения зон с различным доступом, внешних неуправляемых факторов.

В следующем параграфе разработан и исследован алгоритм размещения видеочамер с учетом практически всех характеристик помещения, объекта обнаружения и распознавания, самой видеочамеры, который будет затем реализован программно в виде пользовательского приложения. Проводится изначальная

увязка точек размещения видеокамер внутри здания, которое может иметь сложные планировочные и конструктивные решения.

В современных рекомендациях по построению систем мониторинга существует несколько критериев, согласно которым происходит установка видеокамер; среди них можно выделить информативность изображения, его качество и размер контролируемой зоны. Проведена оптимизация точек расположения видеокамер с учетом геометрических особенностей рассматриваемого помещения, что позволяет при одинаковых затратах достичь выигрыша в упомянутых параметрах. Учтен угол наклона потерь, т.к. при его изменении меняются соотношения видимых в реальных размерах объектов, что оказывает существенное влияние на решение оптимального расположения камер. При увеличении высоты установки камеры растет коэффициент линейных искажений, что влияет на задачу распознавания и также учтено в разработанном алгоритме:

$$K(\gamma) = (D_r - D_f) / D_r, \quad (21)$$

где D_r – реальный размер объекта, D_f - видимый размер объекта.

К первоначальным данным для автоматического размещения камер относится поэтажный план здания с указанием оконных и дверных проемов. Начиная с входной двери, маркер начинает обходить контур здания в выбранном направлении, разделяя все пространство на треугольники, размеры которых согласованы с фокусным расстоянием для телекамер и их разрешающей способностью при средней освещенности помещений; если встречается угол комнаты или коридора и до него не укладывается одна длина треугольника, то он располагается своей стороной по следующей стене помещения. При обходе могут устанавливаться весовые коэффициенты, показывающие приоритетность видеоконтроля того или иного помещения или входа, они учитываются при очередности установки камер. Описанные параметры расстановки видеокамер можно представить в виде алгоритма (рис.13).

В следующем параграфе данной главы данной статье делается попытка проанализировать предложенный алгоритм с точки зрения его сложности, на которую влияет количество входных данных, точек ветвления алгоритма, внутренних процедур, подключаемых библиотек, уровней вложенности вычислений, итераций внутренних и внешних циклов, вид формы предоставления конечных результатов и т.д. Здесь реализуется идея, согласно которой порядок сложности алгоритма зависит только от наиболее быстро возрастающей его ветви, при этом постоянные множители в получаемых выражениях не учитываются. Из определяемых оценок отдельных элементов алгоритма видно, какие из них вносят наибольший вклад в конечное значение сложности, согласно этим данным можно выделить процедуры, которые могут быть оптимизированы на этапе тестирования комплекса.

В диссертационном исследовании разработан и программно реализован комплекс визуального распознавания объектов и определения параметров их состояния и поведения. Комплекс содержит четыре образующие подсистемы, отвечающие за получения первоначальных сведений об объекте, распознавания объекта, определения параметров его положения и движения, а также модули мультимодального интерфейса, позволяющего осуществлять взаимодействие между пользователем и приложением и между отдельными модулями комплекса.

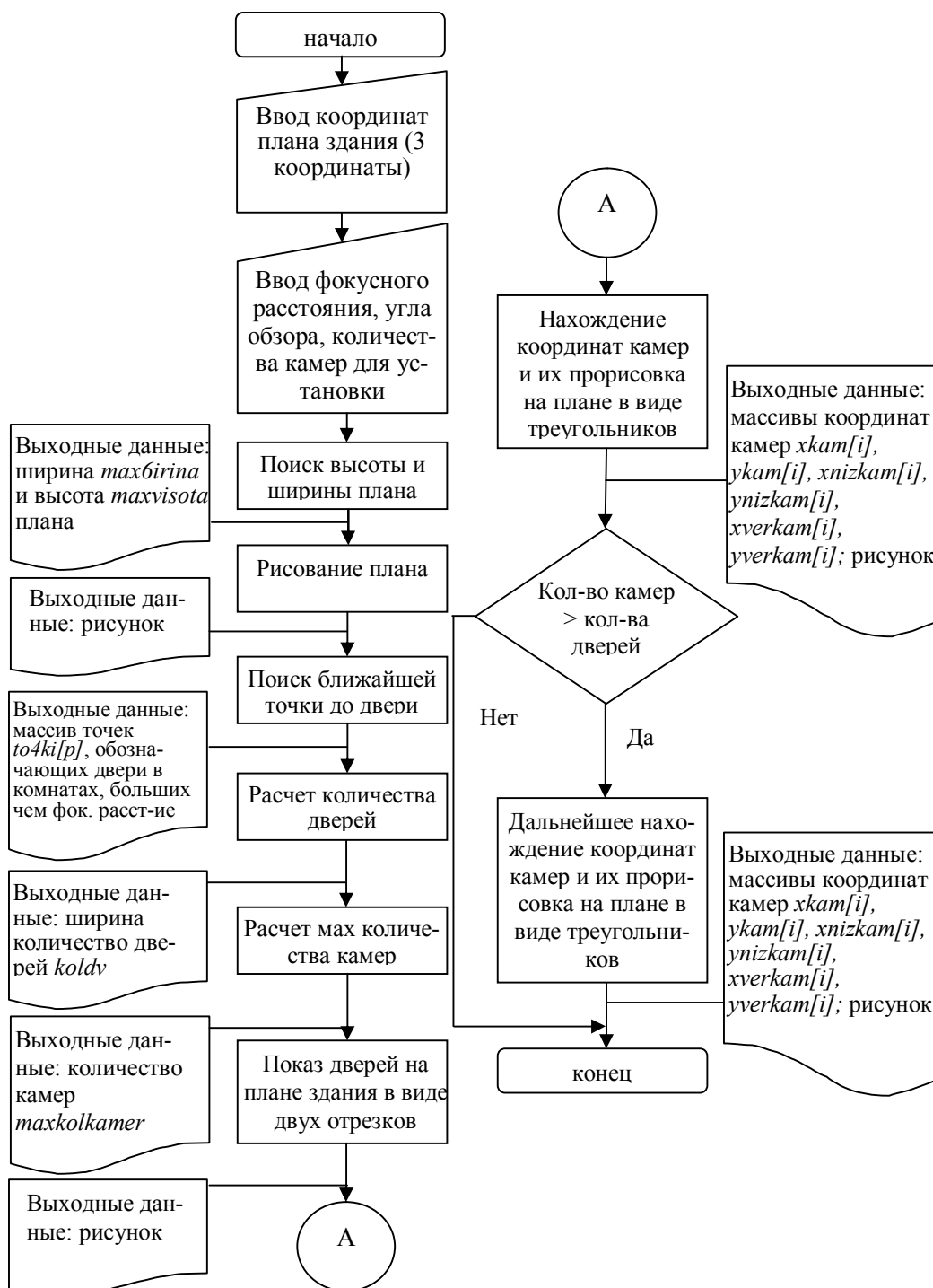


Рис. 13. Алгоритм расстановки видеокамер в здании

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Исследованы и классифицированы информационные структуры получения и обработки данных и информационные процессы, происходящие в системах удаленного мониторинга и автоматизированных системах контроля, проанализированы существующие методы получения геометрических и кинематических параметров статичных и подвижных объектов.

2. Разработан и апробирован новый метод получения геометрических и кинематических параметров объектов на основе использования методов стереозрения и размытия изображения.

3. Разработан и исследован метод распознавания образов на основе использования размытия изображения по характеристикам объекта, имеющий преимуще-

ства по точности и возможности программной реализации, и алгоритм перенастройки фокусного расстояния камеры, необходимый для увеличения границ применимости использования метода размытия объекта на изображении.

4. Разработан и исследован алгоритм размещения фото- и видеокамер и ведения объекта для его устойчивого отслеживания и повышении точности определения параметров его состояния и поведения внутри зданий.

5. Разработана архитектура системы мониторинга и совокупность интерфейсов, удобных для использования в таких комплексных системах, на основе онтологического подхода.

6. Реализован программный комплекс на основе разработанных методов и алгоритмов и информационных структур, который позволяет осуществлять мониторинг зданий, сооружений и общественных мест, а также распознавать объекты различных типов и определять их параметры.

Основные результаты диссертации изложены в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Локтев Д.А. Влияние технологических режимов нанесения пленок гексаметилдисилазана в плазме ионного разряда на физико-механические свойства терморегулирующих покрытий / Локтев Д.А., Савельев А.А., Железный А.Г. // «Технология машиностроения», №4, 2012. – С. 132 - 138. http://www.ic-tm.ru/info/4_17

2. Локтев Д.А. Разработка пользовательского интерфейса комплексной системы видеомониторинга / Локтев Д.А., Алфимцев А.Н., Локтев А.А. // «Вестник МГСУ», №11, 2012 – М.: МГСУ, 2012. – С. 98-108

3. Локтев Д.А. Моделирование комплексной системы видеомониторинга внутри здания. Часть 1. Алгоритм размещения видеокамер и его программная реализация / Локтев Д.А., Алфимцев А.Н., Локтев А.А. // «Вестник МГСУ», №5, 2012 – М.: МГСУ, 2012. – С. 84-92

4. Локтев Д.А. Моделирование комплексной системы видеомониторинга внутри здания. Часть 2. Алгоритм распознавания объектов / Локтев Д.А., Алфимцев А.Н., Локтев А.А. // «Вестник МГСУ», №5, 2012 - М.: МГСУ, 2012. – С. 124-131

5. Локтев Д.А. Исследование и разработка ионно-плазменной технологии и оборудования для управления структурой и физико-механическими свойствами материалов покрытий для космических систем / Локтев Д.А., Савельев А.А., Железный А.Г. // «Технология машиностроения», №2, 2011. – С. 27 – 33. http://www.ic-tm.ru/info/4_17

6. Локтев Д.А. Поперечный удар шара по сфере с учетом волны в мишени / Локтев Д.А., Локтев А.А. // Письма в журнал технической физики. Том 34, В.22, 2008. – С. 21-29

7. Локтев Д.А. Сравнение методологий разработки систем интеллектуального взаимодействия / Локтев Д.А., Алфимцев А.Н., Локтев А.А. // «Вестник МГСУ», №5, 2013 – С. 142-151

8. Локтев Д.А. Определения параметров объекта по серии его изображений в комплексной системе мониторинга / Локтев Д.А. // Путь и путевое хозяйство, №2, 2015. – С.24-28.

9. Локтев Д.А. Определение геометрических параметров объекта с помощью анализа серии его изображений / Локтев Д.А. // Телекоммуникации и транспорт. Т-Comm, №5, 2015. – С. 46-52

10. Loktev D.A. Determination of Object Location by Analyzing the Image Blur / Loktev D.A., Loktev A.A. // Contemporary Engineering Sciences, Vol. 8, N11, 2015. – P. 467 - 475

Свидетельства на программу для электронных вычислительных машин

11. Локтев Д.А. Агрегирование методов стереозрения и анализа размытия изображения для определения расстояния до объекта / Локтев Д.А. - Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015613988 от 01.04.2015. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, 2015.

12. Локтев Д.А. Учет дрожания рук в процессе автоматической фотосъемки / Локтев Д.А. - Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015614031 от 03.04.2015. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, 2015.

13. Локтев Д.А. Настройка динамического фокуса камеры / Локтев Д.А. - Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015614203 от 09.04.2015. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, 2015.

14. Локтев Д.А. Расположение камер на плане здания / Локтев Д.А. - Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015610833 от 19.01.2015. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, 2015.

15. Локтев Д.А. Слежение камер за движущимся объектом и определение его скорости и направления движения / Локтев Д.А. - Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015613886 от 30.03.2015. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, 2015.

Статьи и материалы конференций

16. Локтев Д.А. Определение параметров объекта путем анализа его изображений / Локтев Д.А., Алфимцев А.Н., Локтев А.А. // 16-ая Международная Конференция DSPA – 2014 Доклады, Т.2, Серия: Цифровая обработка сигналов и ее применение (вып. XVI-2). – М.: ИПУ РАН, 2014. – С. 535-539

17. Локтев Д.А. Измерение расстояния до движущегося объекта с помощью комплексной системы видеомониторинга / Локтев Д.А., Алфимцев А.Н. // Инженерный журнал: наука и инновации, вып.11 (23), 2013. – С. 44 – 53. <http://engjournal.ru/articles/996/996.pdf>

18. Локтев Д.А. Реализация пользовательского интерфейса системы видеомониторинга на основе онтологического подхода / Локтев Д.А., Алфимцев А.Н., Локтев А.А. // Вестник МФЮА, №1, 2013. – М.: МФЮА, 2013. – С. 87-98. http://www.mfua.ru/about-the-university/science-policy/bulletin-of-the-mfua/vestnik_mfua_1-2013.pdf

19. Локтев Д.А. Оценка сложности алгоритма автоматического расположения видеокамер системы наблюдения / Локтев Д.А., Алфимцев А.Н. // Электронный журнал «Молодежный научно-технический вестник», изд-во: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана», №3, 2012, – С. 32-38. <http://sntbul.bmstu.ru/doc/458038.html>

20. Локтев Д.А. Численные и аналитические методы в динамических задачах прикладной механики / Локтев Д.А., Локтев А.А. // Труды Всероссийской научно-практической конференции «Математика, информатика, естествознание в экономике и обществе», 16-17 ноября 2009. – М.: МФЮА, 2009 – С. 64-69.

21. Локтев Д.А. Использование языка написания сценариев JavaScript для обработки действий пользователя / Локтев Д.А., Локтев А.А. // Труды Всероссийской научно-практической конференции «Математика, информатика, естествознание в экономике и обществе», 19-20 декабря. – М.: МФЮА, 2007 – С. 79-80.

Подписано в печать __. __. 2015 г.

Тираж 100 экз.

Формат бумаги 60x84 1/16. Объем 1,0 п.л. Заказ - _____.

Отдел оперативной полиграфии
