

Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки Институт космических исследований Российской
академии наук

ФГУП "Государственный научно-исследовательский ин-
ститут авиационных систем"

Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки Институт прикладной математики им.
М.В.Келдыша Российской академии наук

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ- 2012

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

РОССИЯ
МОСКВА
14-16 МАРТА
2012

С 14 по 16 марта 2011 г. в Москве, в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте космических исследований Российской академии наук состоится третья научно-техническая конференция “Техническое зрение в системах управления - 2012”. Первая конференция была проведена в 2010 году в Представительстве “Интеркосмос” (г.Таруса) и носила название - научно-техническая конференция - семинар “Техническое зрение в системах управления мобильными объектами-2010”. Вторая конференция была проведена в 2011 году в Институте космических исследований Российской академии наук.

Планируя проведение конференции 2012 года, организаторы ставили целью дальнейшее укрепление зародившейся традиции плодотворного обмена информацией, совместного обсуждения достигнутых научных и практических результатов, а также обсуждения вопросов, являющихся ключевыми для развития систем технического зрения и их использования в системах управления.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Желтов С. Ю. (председатель) чл.-корр. РАН, профессор, д. т. н., Генеральный директор ФГУП "ГосНИИАС"

Назирова Р. Р. (зам. председателя) профессор, д. т. н., зам. директора ИКИ РАН

Визильтер Ю. В. (зам. председателя) с.н.с., д. ф.-м. н., нач. лаб. ФГУП "ГосНИИАС"

Гришин В. А. (ученый секретарь), доцент, к. т. н., с. н. с. ИКИ РАН

Платонов А. К. профессор, д. ф.-м. н., зав. сектором ИПМ им. М.В.Келдыша

Соколов С. М. профессор, д. ф.-м. н., в.н.с. ИПМ им. М.В.Келдыша

Кропотов А. Н. к. т. н., зав. лаб. МГТУ имени Н. Э.Баумана

Носков В. П. к. т. н., зав. сектором МГТУ имени Н. Э.Баумана

Мещеряков А. Ю. доцент, к. т. н., в. н. с. ИПУ РАН

Васильев Д. В. профессор, д. т. н., в. н. с. НПК "Системы прецизионного приборостроения"

Ким Н.В. профессор, к. т. н., профессор МАИ (ГТУ)

Алпатов Б.А. профессор, д.т.н., зав. кафедрой РГРТУ

Костяшкин Л.Н. доцент, к. т. н., директор-гл. конструктор НКЦ видеокомпьютерных технологий ФГУП "ГРПЗ"

ОРГКОМИТЕТ

Назирова Р. Р. (председатель) профессор, д. т. н., зам. директора ИКИ РАН

Гришин В. А. (зам. председателя), доцент, к. т. н., с. н. с. ИКИ РАН

Антоненко Е. А. (ответственная за общую координацию подготовки конференции), ведущий конструктор ИКИ РАН

Контактная информация:

Гришин Владимир Александрович

+7 (495) 333-11-88, vgrishin@iki.rssi.ru

Антоненко Елена Александровна

+7 (495) 333-42-45, antonenko@iki.rssi.ru

E-mail: tvcs2012@technicalvision.ru

Сайт: <http://tvcs2012.technicalvision.ru>

С Е К Ц И Я 1

СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СИТУАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЦЕЛЕВЫХ ЗАДАЧ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Н.В. Ким, А.Г.Кузнецов

Московский авиационный институт

При решении целевых задач (ЦЗ) беспилотными летательными аппаратами (БЛА) можно выделить три основных этапа:

1. Оценка собственного состояния БЛА;
2. Оценка текущей обстановки;
3. Планирование действий, обеспечивающих решение ЦЗ.

Здесь БЛА рассматривается как разведывательный комплекс, включающий носитель, бортовое оборудование (систему автоматического управления, навигационную систему, систему приводов и пр.), целевую нагрузку в виде системы технического зрения.

На 1-м этапе оценка состояния БЛА подразумевает определение его пространственно-временного положения, оценку работоспособности БЛА и отдельных подсистем. Текущая обстановка (этап 2) зависит от множества факторов: погодных условий, рельефа наблюдаемой местности, действий противника и т.д., и оценивается по степени безопасности функционирования БЛА, по наблюдаемости и состоянию области интереса с учетом заданных ЦЗ, по параметрам областей достижимости, а также по динамике изменения ситуации. Планирование действий БЛА (этап 3) осуществляется на основе данных, полученных на этапах 1, 2.

Для решения отдельных частных задач, например, оценки положения БЛА по малоинформативным ориентирам, оценки безопасности, прогнозирования изменения ситуации и пр., предлагается использовать методы анализа ситуаций. При этом под анализом ситуации понимается формирование модели ситуации на основе описаний объектов и отношений между ними, существенных для решения поставленных ЦЗ.

Технология анализа ситуации позволяет учитывать множество параметров, влияющих на решение ЦЗ, за счет использования многоуровневых текущих и эталонных описаний ситуаций или наблюдаемых сцен. Текущее описание формируется на борту БЛА на основе априорной информации, информации от навигационной системы, системы технического зрения, информации, полученной с наземного пункта в предыдущие моменты времени и представляется в виде предикатов. Эталонные описания хранятся в виде базы данных на наземном пункте управления или БЛА. Часть эталонных описаний формируется до начала решения ЦЗ (например, отношения между статическими объектами сце-

ны – дороги, поля, населенные пункты), вторая часть – корректируется в ходе решения ЦЗ за счет информации, поступающей из он-лайн источников.

В работе представлен общий алгоритм решения ЦЗ с использованием методов анализа ситуаций, предложен вариант формирования баз данных эталонных описаний наблюдаемой сцены. Так, для объектов сцены строятся взаимные связи, описывающие отношения между ними. Для сокращения объема хранимой видовой информации предлагается определять объекты сцены в виде описания границ перехода с указанием направления и типов граничащих объектов.

Представлены примеры решения частных задач на отдельных этапах решения ЦЗ с использованием методов анализа ситуаций. Результаты исследований подтверждают возможность реализации предлагаемых технических решений.

ОПТИЧЕСКАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОЙ ВИДИМОСТИ

В.Г.Ошлаков¹, Я.А.Илюшин²

¹ Институт оптики атмосферы, Томск

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет

Современные системы посадки самолетов MLS, работающие в радиодиапазоне, не обеспечивают необходимую точность ориентирования на наиболее ответственных участках планирования и приземления самолета. Использование лазеров для создания систем ориентирования, наряду с повышением точности, улучшит массо-габаритные и эксплуатационные характеристики систем ориентирования.

В докладе предлагается создать инструментальную систему посадки самолетов высокой точности (рис. 1), работающую при дальности видимости менее 300 м и удовлетворяющую всем современным требованиям ИКАО [1]. Лазер установлен перед взлетно-посадочной полосой, глиссада находится выше луча лазера на расстоянии 12 м. На борту самолета находятся два фотоприемных устройства на основе фотоприемных матриц (ФПМ). По изображениям луча на ФПМ определяется положение луча лазера. Макетные испытания устройства позволяют говорить о высокой потенциальной точности метода. Так, точка пересечения луча лазера с некоторой плоскостью определялось в цифровом виде с точностью 0,01 м (луч лазера отстоял от видеокамер на расстоянии 1 м), а углы направления луча к этой плоскости измерялись в цифровом виде с точностью 0,3°.

В общем случае достаточно пяти линий визирования луча лазера из пяти точек ориентируемого объекта для определения положения луча лазера в системе координат объекта, а в некоторых частных случаях достаточно меньшего числа линий визирования.

Регистрируемый ФПМ сигнал определяется телом яркости излучения в точке расположения ФПМ. Численное моделирование тел яркости [2] позволяет определить ширину видимого изображения луча лазера и рассчитать величину сигнала на ФПМ.

Предлагаемый подход позволяет создать инструментальную систему ориентирования кораблей при проходе по узкостям, фарватеру (рис. 2) и криволинейным траекториям, ориентирования вертолетов при посадке и т.д.

Литература

1. Ошлаков В.Г. Способ ориентирования движущегося транспорта по световому лучу и устройство по его реализации. Патент РФ № 2322371 РФ. Приоритет от 01.02.2006 г.

2. Y. A. Ilyushin, V. P. Budak, (2011) "Narrow beams in scattering media: the advanced small-angle approximation," J. Opt. Soc. Am. A 28, 1358-1363



Рис. 1. Инструментальная система ориентирования самолета при посадке по лучу лазера

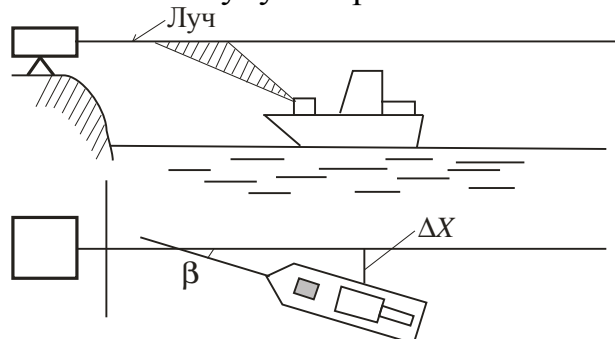


Рис. 2. Инструментальная система ориентирования кораблей по лучу лазера

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К БЕСПИЛОТНОМУ ЛЕТАТЕЛЬНОМУ АППАРАТУ, ВЫПОЛНЯЮЩЕМУ ФУНКЦИИ НОСИТЕЛЯ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ

Н.В.Ким ¹, Р.Ч.Таргамадзе ², М.Ф.Шебакпольский ³

¹Московский авиационный институт

²НПО им. С Лавочкина

³ КБ «Луч»

Разведывательные беспилотные летательные аппараты (БЛА) являются автономными или дистанционно управляемыми носителями систем наблюдения (СН) и входят в состав человеко-машинной системы (ЧМС), решающей целевые задачи (ЦЗ) поиска (обнаружения, распознавания, оценки координат, слежения и прогнозирование траекторий их движения) объектов интереса.

При этом человек-оператор на основании обследования области поиска принимает решение об обнаружении и/или распознавании объектов поиска и их координатах.

Каждая из подсистем ЧМС влияет на общую эффективность ее работы. В частности, скорость полета БЛА, стабильность траектории движения оказывают влияние на качество видовой информации, принимаемой СН. В то же время используемые в СН методы улучшения изображений позволяют улучшить резкость и контрастность изображений, повысить стабильность предъявляемых оператору видеопоследовательностей.

Будем считать, что конечными критериями эффективности решения заданных ЦЗ являются: производительность поиска, надежность принятия правильных решений и точность оценки координат объектов наблюдения. Значения этих критериев определяются психофизиологическими характеристиками оператора и качеством видовой информации.

Примем, что производительность поиска наземных объектов определяется площадью подстилающей поверхности, обследуемой в единицу времени, при заданных значениях точности и надежности поиска. Основным ограничением производительности поиска является пропускная способность оператора, которая, в зависимости от условий наблюдения, может изменяться от единиц до нескольких десятков бит/с. Следовательно, важным условием организации эффективного поиска является согласование пропускных способностей предъявляемой видовой информации и оператора.

Будем считать, что надежность характеризуется вероятностью правильного обнаружения (распознавания) объекта при заданной производительности поиска. Точность оценки координат обычно характеризуется среднеквадратической ошибкой наложения рамки на изображение объекта или среднеквадратической ошибкой совмещения перекрестия с геометрическим центром изображения объекта в режиме слежения.

Ограниченность времени на принятие решения, «дрожание» кадров, относительно низкие разрешение, контраст и резкость изображений и пр. могут существенно уменьшить надежность и точность работы оператора.

Таким образом, одним из актуальных подходов к повышению эффективности разведывательных БЛА является согласование характеристик БЛА и СН с целью передачи оператору видовой информации, обеспечивающей наиболее комфортные условия для работы оператора.

В представленном исследовании рассматривается ряд типовых ситуаций поиска наземных мобильных объектов и определены соответствующие требования к БЛА при заданном программно-аппаратном составе СН.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОСАДКИ НА АВИАНОСЕЦ

В.Г. Бондарев

Ставропольский технологический институт сервиса

Известно, что посадка летательного аппарата (ЛА) на взлетно-посадочную полосу является сложным режимом полета, который сопровождается большим количеством катастроф и летных происшествий.

Посадка на авианосец, в особенности на авианосец малого водоизмещения, представляет собой еще более сложную задачу, что обусловлено как характером движения полетной палубы (ПП) в условиях волнений моря, ее ограниченными габаритами, так и влиянием аэродинамических эффектов, обусловленных движением корабля.

Решение проблем посадки летательных аппаратов возможно путем ее автоматизации. Основой предлагаемой измерительной системы, обеспечивающей автоматическую посадку на авианосец, является три разнесенных лазерных маяка, бортовая система технического зрения с двумя цифровыми телекамерами и инерциальная навигационная система. Рассмотренный вычислительный алгоритм работы цифрового вычислителя системы технического зрения включает в себя ряд задач. Предполагается, что задачи обнаружения изображений маяков и определения их координат на фоточувствительных матрицах цифровых телекамер выполнены.

Первая решаемая задача состоит в определении параметров траектории, посадка по которой обеспечивает касание с заданной точкой с нулевой боковой и заданной вертикальной составляющими относительной скорости ЛА и ПП. Полагается, что авианосец совершает поступательное и колебательное движения (по крену и дифференту). Численный эксперимент показал, что в рамках принятой модели движения обеспечивается точная и «мягкая» посадка в отличие от посадки по стабилизированной относительно горизонта траектории. Показано, что посадка по предлагаемой траектории может выполняться при амплитудах качки больших, чем при существующих подходах к посадке.

Вторая задача состоит в измерении текущих параметров положения ЛА (трех линейных и трех угловых) относительно ПП авианосца. Для этого предлагается использовать бортовую систему технического зрения ЛА и систему из трех лазерных маяков, установленных на борту авианосца. Получены компактные соотношения в матричной форме, обеспечивающие вычисление параметров положения ЛА (Бондарев, 2011). Показано также, что эта задача может быть решена посредством только одной телекамеры, при этом вычислительная процедура состоит в решении системы шести нелинейных алгебраических уравнений одним из итерационных методов.

Третьей задачей состоит в определении параметров качки авианосца, для чего предлагается использовать сигналы инерциальной навигационной системы (углы курса, крена и тангажа). Кроме сигналов ИНС используется информация об относительном положении ЛА и авианосца в виде матрицы направляющих косинусов, вычисленная на предыдущем этапе алгоритма (Бондарев и др., 2010). Получены соотношения обеспечивающие решение этой задачи, что делает возможным без использования телеметрии формировать траекторию посадки аналитически прямо на борту ЛА.

Последняя задача состоит в определении вертикальной и поперечной составляющих отклонения ЛА от сформированной траектории посадки. Вычисление этих величин позволяет формировать сигналы управления для продольного и бокового каналов системы автоматического управления. Аналогично тому, как это делается при автоматическом заходе на посадку по сигналам отклонения от равноточной зоны, создаваемой радиотехнической системой посадки.

Алгоритм работы предлагаемой системы посадки основан на соотношениях, полученных с применением аналитической геометрии и положений геометрической оптики.

Таким образом, задача об определении координат летательного аппарата относительно полетной палубы авианосца и желаемой траектории посадки, а также параметров качки авианосца, может быть решена путем применения совокупности трех лазерных маяков, установленных на полетной палубе авианосца, бортовой системы технического зрения, а также инерциальной навигационной системы.

Литература

Бондарев, В.Г. (2011) Автоматическая посадка летательного аппарата. / В.Г. Бондарев // Авиакосмическое приборостроение. - 2011, - №3. - С. 21-25.

(Бондарев и др., 2010) Пат. 2408848 Российская Федерация, МПК7 G 01s 11/00. Способ определения качки авианосца и местоположения летательного аппарата и устройство для его осуществления [Текст] / Бондарев В.Г., Бондарев В.В., Бондарев М.В., Гузеев А.Е.; заявитель и патентообладатель авторы. № 2010103437/09; заявл. 02.02.10; опубл. 10.01.11, Бюл. №1.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО ВИДЕНИЯ НА РАННИХ ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Е.В.Герман

ОАО «Государственный Рязанский приборный завод», Рязань

Тенденции развития авионики на сегодняшний день таковы, что возникает вопрос обеспечения надлежащего контроля уровня безопасности всех систем воздушного судна еще на стадии их проектирования. Анализ безопасности систем может способствовать перепроектированию той или иной подсистемы для приведения ее к приемлемому уровню гарантии безопасности. Процесс оценки безопасности направлен на обеспечение очевидности соответствия систем самолета нормам летной годности и носит итерационный характер. Он включает в себя следующие основные составляющие:

1. Оценка функциональной опасности (ОФО, Functional Hazard Assessment – FHA).
2. Предварительная оценка безопасности системы (ПОБС, Preliminary System Safety Assessment – PSSA).
3. Оценка безопасности системы (ОБС, System Safety Assessment – SSA).
4. Анализ общей причины (АОП, Common Cause Analysis – CCA).

На ранних этапах разработки системы целесообразно осуществлять ОФО и ПОБС. В качестве примера рассмотрена методика проведения ОФО и ПОБС системы комбинированного видения (Combine Vision Systems – CVS) самолета гражданской авиации (фаза полета «ПОСАДКА»).

ОФО системы начинается с идентификации функций, выполняемых системой. Идентифицированные функции системы CVS:

- формирование улучшенного изображения;
- формирование синтезированного изображения;
- формирование комбинированного (улучшенного/синтезированного) изображения.

Для каждой из рассмотренных функций выделяется соответствующий комплект функциональных отказных состояний, включающий следующие отказные состояния: потеря соответствующего (улучшенного/синтезированного/комбинированного) изображения; формирование соответствующего дезинформирующего изображения; невозможность активному пилоту выключить вывод соответствующего изображения на коллиматорный индикатор (возникновение заслоняющего изображения).

На основе представленного комплекта функциональных отказных состояний могут быть определены требования по величине вероятности отказных состояний, представляющие основу дерева неисправностей (так, для "возникновения заслоняющего изображения" требование величины вероятности отказного состояния 10^{-7} на полетный час, исходя из классификации условия отказа как аварийного - индекс опасности В). На стадии ПОБС представляется целесообразным разбиение функциональных отказов по признаку неисправности со-

ставных частей подсистем улучшенного, синтезированного и комбинированного зрения как неисправности соответствующей части системы CVS. На основе результатов анализа делается вывод о соответствии системы предъявляемым требованиям безопасности и даются рекомендации по проектированию системы комбинированного видения.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЛУЧШЕННОГО И СИНТЕЗИРОВАННОГО ВИДЕНИЯ

О.В. Выголов, Ю.В. Визильтер

Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС»)

В области повышения безопасности и эффективности воздушных перевозок актуальной является задача информационной поддержки экипажа воздушного судна (ВС) в режимах посадки и рулежки по взлетно-посадочной полосе (ВПП) в условиях плохой видимости. На современном этапе развития технологий все более важная роль в решении данной задачи отводится системам технического зрения.

ФГУП «ГосНИИАС» совместно с рядом отечественных предприятий проводит НИР, направленную на создание научно-технических основ разработки перспективного прототипа отечественной авиационной системы улучшенного и синтезированного видения (СУСВ), предназначенной для повышения ситуационной информированности экипажа ВС с использованием средств технического зрения и компьютерной визуализации. СУСВ должна формировать и отображать на устройствах индикации обогащенный графический образ кабиной обстановки, на котором визуальные ориентиры различимы летчиком раньше и/или четче, чем невооруженным глазом через остекление кабины.

В работе (О.В. Выголов, Ю.В. Визильтер, 2011) авторами был описан ряд основных результатов, полученных в данном направлении в 2010 году.

Представляемый доклад посвящен развитию работы.

В части разработки общего облика СУСВ выработаны технические требования по функциям улучшенного и синтезированного видения, проработаны требования к созданию и форматам представления бортовых баз данных трехмерных моделей местностей и объектового состава, выработаны рекомендации по составу, характеристикам и размещению аппаратного обеспечения системы.

Разработана система имитации внешних данных (ИВД), предназначенная для воспроизведения района действий ВС с учетом метеоусловий, времени суток, состояния атмосферы, фона неба, спецэффектов. В основе ИВД лежит модель внешней обстановки в виде трехмерной модели местности и инфраструктуры, динамических моделей воздушных объектов, динамических моделей наземных/надводных объектов. При помощи ИВД получен значительный объем реалистичных модельных видеоданных в телевизионном (ТВ) и тепловизион-

ном (ИК) диапазонах для обработки алгоритмических модулей СУСВ.

Получены численные оценки информативности цифровых изображений ВПП в спектральных диапазонах ТВ и ИК (8-14 мкм и 3-5 мкм) в зависимости от способа и условий регистрации. Для оценки использовались характеристики гистограммы, разностные оценки, относительная энтропия гистограмм, взаимная информация гистограмм, метрика Пьелла (Piella), метрика Ксидис-Петрович (Xydeas-Petrovic).

Разработан и протестирован метод визуального совмещения многоспектральной видеоинформации на основе геометрического сравнения форм сегментированных разноспектральных изображений, описываемых разбиением кадра на связные области.

Разработан стендовый прототип СУСВ, функционирующий на базе платформы интегрированной модульной авионики (ИМА) и включающий средства реалистичного моделирования закабинной обстановки. На стендовом прототипе СУСВ отработаны следующие функции улучшенного и синтезированного видения: улучшение качества ТВ и ИК изображений на основе алгоритма Retinex (Land and McCann, 1971), комплексирование ТВ и ИК видеоинформации на основе морфологического подхода (Пытьев, Чуличков, 2010), обнаружение ВПП на видеоизображениях, наложение цифро-шкальной пилотажной информации и элементов графики определения ВПП на улучшенное изображение, вывод синтезированного изображения, полученного на основе бортовой базы данных сетки высот и пилотажно-навигационной информации, передаваемой в платформу ИМА от системы моделирования полета ВС.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №11-08-01114-а, №11-08-01039-а).

Литература

О.В. Выголов, Ю.В. Визильтер (2011) Разработка элементов авиационной системы улучшенного видения // Техническое зрение в системах управления - 2011. Труды научно-технической конференции. Москва, ИКИ РАН, 15-17 марта 2011г. (в печати).

Land and McCann (1971) Lightness and Retinex theory // J. Opt. Soc. Am. 61, 1-11, 1971

Пытьев Ю.П., Чуличков А.И. Методы морфологического анализа изображений // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 336 с.

ФОРМИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В ДВУХ-ЗОНАЛЬНОЙ БОРТОВОЙ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

В.Н. Дрынкин, Э.Я. Фальков, Т.И. Царева

ФГУП «ГосНИИ авиационных систем», Москва

Очевидная необходимость совместного применения телевизионных (ТВ) и тепловизионных (ТпВ) средств наблюдения предъявляет особые требования к их структуре. В таком сочетании средства наблюдения целесообразно рассматривать как единую комбинированную обзорную бортовую систему, обеспечивающую согласованность процесса обнаружения и опознавания за счет использования дополнительных отличительных признаков сцены (Бровкина и др., 2007; Костяшкин и др., 2011). Такая двухканальная система, имеющая единую подсистему индикации, должна обеспечивать наряду с получением информации по отдельным каналам возможность ее комплексирования.

В процессе получения изображения многозональной системой производится дискретизация воздействующего излучения по элементам пространства, времени и длинам волн спектра излучения. Представление многозональных изображений в дискретной форме позволяет обрабатывать их как числовые массивы и сводит задачу синтеза комбинированного изображения к многомерной цифровой фильтрации, качество которой обеспечивается путем согласования пространственно-частотных характеристик фильтра со спектром реальных изображений (Боромянский, Дрынкин, 1987).

В работе представлены результаты моделирования двухзональной ТВ-ТпВ авиационно-космической бортовой системы на основе применения цифрового трехмерного фильтра нижних частот первого порядка (Боромянский, Дрынкин, 1986; Drynkin, 1995). Комплексная пространственно-частотная характеристика фильтра имеет вид

$$K(n_x, n_y, n_l) = \frac{0,5(1 + e^{-jpn_l})}{1 - b(n_x, n_y)e^{-jpn_l}} [1 - b(n_x, n_y)] K_2(n_x, n_y),$$

$$\text{где } b(n_x, n_y) = 0,531 - 2 \cdot 0,156(\cos pn_x + \cos pn_y) - 4 \cdot 0,109 \cos pn_x \cos pn_y;$$

$$K_2(n_x, n_y) = 0,625 + 0,25(\cos pn_x + \cos pn_y) - 0,125 \cos pn_x \cos pn_y.$$

Особенностью данного фильтра является тот факт, что его пространственно-частотные характеристики согласованы со спектрами реальных изображений, что обеспечивает требуемое качество интерполяции при формировании комбинированного изображения.

Методами полунатурного математического моделирования с использованием реальных ТпВ и ТВ изображений объектов сцены выявлены следующие особенности комбинированных изображений:

1) они достаточно точно передают тепловую информативность сцены и в то же время характеризуются ярко выраженными признаками видеоизображений;

- 2) имеют пониженный уровень высокочастотных шумов дискретизации;
- 3) в них ослабляются видео-помехи, прозрачные в ТпВ диапазоне.

Литература

Бровкина О.В., Григорьева О.В., Груздев и др. (2007) Аппаратура, методики и результаты использования материалов видеоспектральной и тепловой аэросъемки для экологического мониторинга территорий и акваторий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Т. 4. № 1. С. 209-215.

Костяшкин Л.Н., Бабаев С.И., Логинов А.А. и др. (2011) Технологии систем улучшенного/синтезированного зрения для управления летательными аппаратами // Техническое зрение в системах управления мобильными объектами-2010: Труды научно-технической конференции-семинара. Вып. 4. Под ред. Р. Р. Назирова.— М.: КДУ, 2011.— С. 45-56.

Бородянский А.А., Дрынкин В.Н. (1987) Вертикально-временная фильтрация в системах телевидения повышенной четкости. — М., 1987. — 15 с.:ил. — Деп. в ЦНТИ «Информсвязь», №1068-св.

Бородянский А.А., Дрынкин В.Н. (1986) Синтез многомерных рекурсивно-нерекурсивных фильтров// Радиотехника, 1986, №4. — С. 47-51.

Drynkin V.N. (1995) Real-Time design of N-dimensional digital filters for image processing//Digital Photogrammetry and Remote Sensing'95. Editor E.A.Fedosov. — St. Petersburg. — 1995. — P.240-249.

ИНТЕРАКТИВНАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ (КА)

В.П.Алешин, Д.Д.Новгородцев, Е.А.Гришин, В.Д.Шаргородский

ОАО «Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения»

В докладе рассматривается реализованная интерактивная система определения ориентации и параметров движения КА относительно центра масс, а также оценки особенностей формы КА. Особенно актуальны данные задачи в случае аварийных ситуаций с КА. Напомним недавние аварии КА «Фобос-Грунт», «Коронас-Фотон», «Гео-ИК» и ряда других. Для решения подобных задач при отсутствии телеметрии эффективно использовать в качестве сенсоров телескопы, оснащенные адаптивной оптической системой (Vladimir Aleshin et al., 2009). Наблюдения проводятся на дальностях в несколько сотен и тысяч километров через турбулентную атмосферу на квантовом пороге чувствительности и дифракционном пределе разрешения. Традиционные методы компьютерного зрения (Harry Voorhees et al., 2008) предполагают высокое качество входных изображений (фотографическое) и применяются до дальностей в несколько

десятков километров. Проведенные в последнее время разработки показали эффективность интерактивных алгоритмов, основанных на использовании прогноза заатмосферных изображений (Новгородцев Д.Д., Алешин В.П. и др., 2011) и сравнения их с реальными наблюдениями (Алешин В.П., Гришин Е.А. и др., 2011, В. П. Алешин, Д. Д. Новгородцев и др., 2011). Излагаются принципы построения системы и демонстрируются ее возможности на примере обработки реальных наблюдений адаптивной оптикой аварийного КА «Фобос-Грунт». Результаты обработки наблюдений использовались в работе Государственной комиссии по анализу аварии. Рассмотрены проблемы, возникающие при наблюдениях через сильно турбулентную атмосферу, предложены пути их решения. В заключение излагаются варианты дальнейшей автоматизации системы с целью ее применения в смежных областях, например, в бортовых системах.

Литература

Vladimir Aleshin, Stanislav Klimenko, Dmitry Novgorodcev, Space objects localization and recognition using an adaptive optical observation system, Proc. of the 19 International Conference GraphiCon-2009, Moscow, Russia, ISBN 978-5-317-02975-3 УДК 004.9, pp.311-313, (citeseerx.ist.psu.edu/doi=10.1.1.169.8578)

Harry Voorhees, Robert Radke, Conrad Poelman, Automatic Reconstruction of Spacecraft 3D Shape from Imagery, 2008 Amos Conference, pp. 1-10.

Новгородцев Д.Д., Алешин В.П., Гришин Е.А., Юрасов В.С. Методы и программы прогноза оптических изображений и фотометрических сигналов космических аппаратов (КА), Электромагнитные волны и электронные системы, 3'2011 г., т.16, стр. 18-29, М., «Радиотехника».

Алешин В.П., Гришин Е.А., Иншин П.П., Новгородцев Д.Д., Шаргородский В.Д., Оценка аварийных ситуаций на космических аппаратах по изображениям адаптивной оптики Алтайского оптико-лазерного центра, Электромагнитные волны и электронные системы, 3'2011 г., т.16, стр. 30-35, М., «Радиотехника».

В. П. Алешин, Д. Д. Новгородцев, В. Г. Выгон, Е. А. Гришин, В. Д. Шаргородский, Мониторинг аварийных ситуаций искусственных спутников Земли на основе измерений и прогноза изображений адаптивной оптики и фотометрических сигналов, Вестник СибГАУ, 2011 г., вып. 6(39), стр. 159-165.

КАЛИБРОВКИ ТОЧНОСТИ ОТРАБОТКИ ЗАДАННОГО ВЕКТОРА СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ФОТОПРИЕМНИКАХ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА И ТОКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОПРИЕМНИКОВ

М.Ю. Жиленев¹, В.Н. Винтаев², Н.Н. Ушакова²

¹Департамент МКА и спутниковых систем ФГУП "ГКНПЦ им. Хруничева"

²Белгородский университет кооперации, экономики и права

Калибровка точности отработки космическим аппаратом (КА) заданного вектора скорости движения изображения (СДИ) на его фотоприемниках (ФП) задает точность установки частотно-временных характеристик оптико-электронного преобразователя (ОЭП) бортовой оптико-электронной аппаратуры (БОЭА), и определяет точности отработки заданных программных движений осей КЛА средствами его системы управления ориентацией и стабилизации (СУОС). Она производится по алгоритму:

а) по измерениям фактических положения КА на орбите бортовой аппаратурой спутниковой навигации, его ориентации, скорости вращения Земли и по цифровой модели рельефа (ЦМР) снимаемой территории до начала съемки вычисляется (перевычисляется, заложенный ранее при наземном планировании) вектор СДИ и связанные с ним параметры аппаратуры (*Жиленев М.Ю., Винтаев В.Н., 2011*);

б) производится съемка в надир вблизи трассы КА на Земле одного или нескольких тест-объектов (эталонов) двумя линейками ФП, расположенными друг за другом с необходимым перекрытием и при расстоянии между ними порядка 400-500 пикселей (для обеспечения относительной погрешности определения СДИ на уровне не менее 0.001 и регистрации каждого тест объекта с двух разных ракурсов);

в) компенсируются смазы полученных изображений тест-объектов, идентифицируемые, в том числе, по вычисленным СДИ;

г) по подошвам краев и вычисленных контуров изображений тест-объектов относительно их эталонного состояния определяется и устраняется функция рассеяния точки (ФРТ) изображений тест объектов (*Жиленев М.Ю., Винтаев В.Н. и др. 2011*);

д) вычисляются отклонения получившихся фактических векторов СДИ на ОЭП от запланированных, номинальных;

е) если отклонения фактических СДИ больше допуска выполняется коррекция времени накопления сигнала и параметров регистрации с ним связанных;

ж) периодически, в зависимости от размеростабильности БОЭА, стабильности ее ОЭП, точности отработки заданных программных движений осей КА средствами его СУОС повторяются перечисленные выше операции.

Калибровка фоточувствительных ПЗС БОЭА (*Винтаев В.Н. и др. 1984*) заключается в подборе и запоминании в памяти коэффициентов a_i и b_i для ка-

ждого участка гипотетического спрямления с минимальной погрешностью хордой $I=a_i i_i+b_i$ токовой выходной характеристики каждого элемента в строке (или в матрице) после этапа оцифровки выходных токов и для каждого i -го вычисленного и выбранного для калибровки освещения элемента ПЗС, причем $a_i=A/a_i^0$, $b_i=B-b_i^0$, что приводит абсолютно все токовые характеристики на всех участках аппроксимации хордой к единому виду $I=Ai+B$ (здесь I – откорректированные токовые характеристики, i –токовая характеристика до калибровки и коррекции, A –единый тангенс угла наклона получаемых линеаризованных характеристик, B –единая константа смещения (откорректированный «темновой ток»), a_i^0 и b_i^0 – соответствующие известные или вычисленные параметры линеаризации характеристик на интервалах до коррекции).

Литература

1. Жилнев М.Ю., Винтаев В.Н. Формула расчета движения изображения при орбитальной съемке планет оптико-электронной аппаратурой/ Телекоммуникации - М.:Наука и технологии, № 7, 2011, с.2-7.
2. Жилнев М.Ю., Винтаев В.Н., Ушакова Н.Н. Учет влияния возмущений скорости движения регистрируемого изображения на фотоприемниках космического аппарата на формируемое оптико-электронной аппаратурой изображение//Сборник 2-ой международной научно-технической конференции «Компьютерные науки и технологии -КНиТ-2011» (Белгород 3-5 октября 2011). Белгород: ООО «ГиК», 2011, с.564-571.
3. Винтаев В.Н, Гамидов В.В., Исмаилов К.Х. Задача цифровой нормализации матриц фотоприемных устройств. Сообщения НПО Космических Исследований №1. Изд. «ЭЛМ», Баку, 1984, с.38-51.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМНОГО РАЗВОРОТА КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ И ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Ю.Б. Блохинов, М.С. Веркеенко, С.В. Скрыбин, А.С. Чернявский, Ю.Ю. Шашов

ФГУП «ГосНИИАС», г. Москва

Задача создания российского грузового космического корабля тесно для Международной космической станции (МКС) тесно связана с разработкой цифровой телевизионной системы, позволяющей автоматически измерять положение грузового корабля относительно МКС в процессе стыковки. Алгоритмы слежения должны позволять в реальном времени получать такие параметры, как углы отклонения космического аппарата (КА) от линии визирования, расстояние и радиальную скорость КА относительно МКС, углы разворота КА и МКС относительно друг друга. В работе представлены методы решения задачи внешнего ориентирования, основанные на использовании высокодетальной трехмерной цифровой модели МКС. В качестве исходных данных выступают

кадры видеопоследовательности, полученные с камеры, закрепленной на борту грузового корабля, а также исходные параметры ориентирования, измеренные навигационным оборудованием. Параметры ориентирования находятся путем сравнения исходного изображения и бинарного контурного эталона (Lowe, 1991), полученного путем проецирования модели на плоскость изображения.

Для каждого кадра видеопоследовательности производится итерационный поиск параметров ориентирования методом Левенберга-Марквардта (Lepetit, Fua, 2005). В качестве начального приближения используются параметры ориентирования, найденные на предыдущем кадре или величины, предсказанные на основе нескольких предыдущих кадров фильтром Калмана. Целевая функция, подлежащая минимизации, представляет собой сумму расстояний между контурным эталоном и контурами соответствующего эталону направления на текущем изображении.

Алгоритм ориентирования, основанный на контурном эталоне МКС, устойчив, но ресурсоемок. Далее, поскольку слежение за МКС проводится в широком диапазоне расстояний (от 500 до 0 м), внешний вид МКС на видеокадрах сильно меняется. В связи с этим предлагается использовать связку из нескольких алгоритмов обнаружения и слежения, в том числе применять алгоритм, основанный на сопоставлении характерных точек на последовательных видеокадрах. Указанные алгоритмы были реализованы в виде программного модуля и протестированы на ряде синтетических видеопоследовательностей, сгенерированных с учетом различного освещения и разных динамических траекторий. Результаты работы показаны на Рис.1-3. Исследования, проведенные в том числе и на нескольких реальных видеозаписях с бортовых камер, показали, что комбинирование различных алгоритмов позволяет решать задачу внешнего ориентирования в реальном времени.

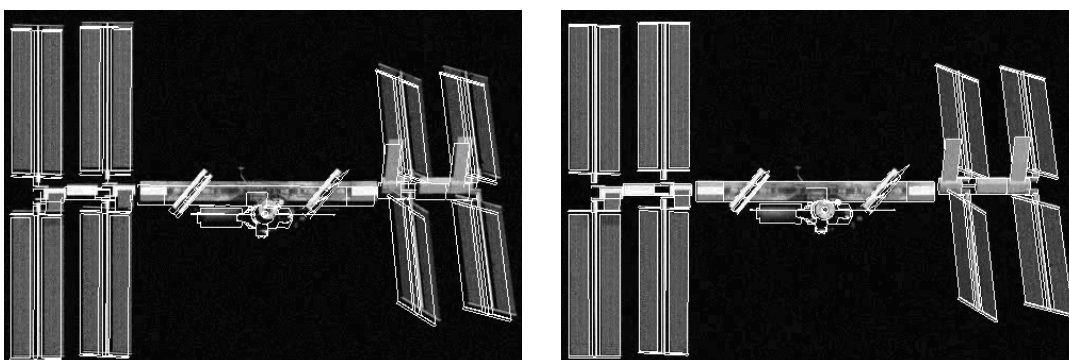


Рис. 1. Контур МКС, наложенный на синтезированный видеокадр. Начальное приближение (слева), окончательный результат (справа)

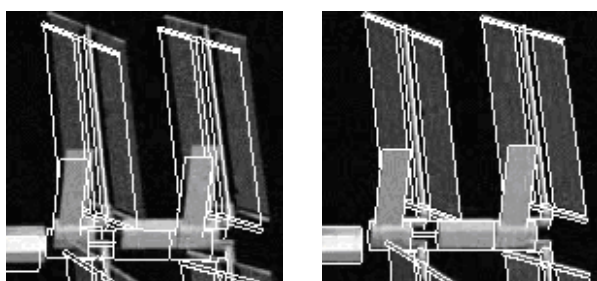


Рис. 2. Фрагмент солнечной батареи с рис. 1

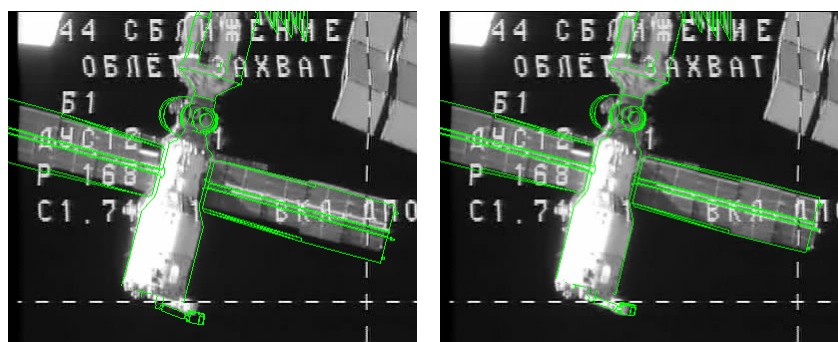


Рис. 3. Контурный эталон, соответствующий начальному приближению (слева) и найденным параметрам ориентирования (справа)

Литература

Lepetit, V., Fua, P. (2005). Monocular model-based 3D tracking of rigid objects: a survey // Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision. 2005. V. 1, P. 1-89.

Lowe, D.G. (1991). Fitting parameterized three-dimensional models to images // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1991. V. 13, P. 441-450.

АВТОНОМНЫЙ ПРИБОР ОРИЕНТАЦИИ НА СОЛНЦЕ

В.Д.Глазков, В.А. Котцов

Учреждение Российской академии наук Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН), Москва.

Использование автономных приборов ориентации на Солнце с малой массой является эффективным направлением при создании космических научных пико- и более тяжелых аппаратов, а так же различных по своему назначению мобильных наземных комплексов, где они выполняют функции системы технического зрения. Подход к построению таких автономных приборов ориентации на Солнце был изложен в работе (Глазков, 2011).

Реализации автономного прибора ориентации на Солнце видится нам в организации на гранях двухъярусной конструкции из усеченных пирамид, взаимосвязанных по свету слойных диодных структур в виде каскадных (разнозонных по солнечному спектру) композиций, определённым образом ориентированных и включенных между собой фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), выполняющих различные функции: солнечного датчика – верхний каскад, и солнечного электрогенератора (источник питания) – нижний каскад. Выбранный путь позволяет минимизировать массу и объем прибора, увеличить его надежность и быть независимым по питанию от космического аппарата. Однако пока реализация разовых автономных многоярусных приборов ориентации на Солнце каскадной композиции с ультра малой массой и большими полями

обзора требует существенных затрат из-за дефицитных на сегодня тандемных ФЭП.

Рассматривается доступный в практическом плане вариант построения двухосного автономного прибора ориентации на Солнце “бюджетного” типа. Здесь за счет замены в приборе тандемных ФЭП на отдельные планарные элементы (технологически отработанные и реализуемые серийно различные тонкослойные полупроводниковые светопреобразующие структуры), выполняющие функции датчика и солнечной батареи - основа источника питания, разрешаются проблемы дефицита тандемных ФЭП и относительно высокой стоимости разовых многоярусных изделий каскадной композиции.

Дизайн двухосного моноблочного одноярусного прибора “бюджетного типа” представляет собой четырехгранную равнобедренную усеченную пирамиду со срезанными под определенным углом ребрами, где размещаются планарные ФЭП солнечного датчика, а плоские элементы солнечной панели (источника питания) крепятся на её гранях. В подвале такой многогранной конструкции прибора располагается сигнальный процессор в виде системы в корпусе (СвК). Функциональные элементы СвК - усилители, аналого-цифровой преобразователь, интерфейсные и другие компоненты – типовые. Они не являются уникальными при создании автономного прибора “бюджетного” типа и в достаточной степени доступны в России.

В качестве примеров демонстрируются апертурные характеристики солнечных панелей и датчиков одно – и двух ярусных автономных приборов ориентации на Солнце “бюджетного” типа. Авторы считают, что при использовании освоенных в России технологий, а также предлагаемом дизайне, могут быть реализованы простые одно – и двух ярусные автономные приборы ориентации на Солнце с малой массой и неплохими рабочими характеристиками. Такие приборы найдут массовое применение в составе пико -, нано - и более тяжелых космических аппаратов, а так же в различных мобильных наземных системах и комплексах.

Литература

Глазков В.Д. Автономный фасеточный солнечный датчик //Всерос. научно-технич. конф. «Современные проблемы определения ориентации и навигации космич. аппаратов»: Сб. тр. Россия, Таруса, 13-16 сентября 2010. М.: ИКИ РАН, 2011. С. 149-159. (Сер. «Механика, управление и информатика»).

РАСЧЕТ СОТОВОЙ БЛЕНДЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЛАЗЕРНОЙ СВЯЗИ

Ю.М. Афанасенков, В.Н. Григорьев, В.В.Сумерин

ОАО «НПК-СПП».

Представлена программа, моделирующая прохождение лучей через сотовую бленду, что ускоряет подбор параметров бленд для решения поставленных задач. Программа разработана в ходе НИР по системе лазерной связи [1]. Качество бленды во многом определяет дальность системы и ее способность работать при неблагоприятных обстоятельствах.

Сотовая бленда представляет собой ячеистую структуру из тонкого алюминия с черным матовым покрытием. Каждая ячейка имеет шестиугольное сечение и блокирует прямое прохождение лучей, падающих под углом $\varphi > \arctan \frac{a}{L}$, где a – радиус окружности, описывающей шестиугольник, L – длина бленды. Проходят только лучи, отраженные от стенок.

Основное преимущество конструкции – малые габариты, масса и момент инерции. Это важно, если объектив расположен на опорно-поворотном устройстве.

К примеру, чтобы обеспечивать связь полярного спутника с геостационарным без длинных перерывов, обусловленных засвечиванием приемника солнечными лучами, требуется надежно отсекай лучи, приходящие под углом более 4° к оптической оси. При диаметре объектива информационного передатчика 400 мм, классическая бленда должна иметь длину 5.8 метра! Примененная сотовая бленда имеет длину всего 7см.

Однако испытания выявили ряд негативных эффектов, которые необходимо принимать во внимание: неламбертовское переотражение света от стенок бленды, неизбежное ослабление боковых лучей, входящих в поле зрения объектива, дифракция света на ячеистой структуре бленды.

Для учета этих факторов при проектировании создана программа, моделирующая прохождение света через бленду. Исходные данные:

- форма ячейки: правильный треугольник, квадрат, шестиугольник или другая форма. В последнем случае указывается текстовый файл, где ячейка описывается как пересечение набора плоскостей. Габариты указываются в миллиметрах.
- производственные допуски по углам
- оптические характеристики покрытия стенок: коэффициенты диффузного и направленного отражения. Такое приближение является довольно точным



Объективы пеленгатора и приемника с сотовыми блендами

и позволяет определить эти коэффициенты, сравнивая экспериментальные кривые с расчетными.

- рабочая длина волны для расчета дифракции.

Прохождение света через бленду рассчитывается по законам геометрической оптики по стандартному алгоритму [2], при этом свет на выходе из бленды представлен как совокупность лучей, для каждого из которых указана интенсивность, направление и координаты. По этим данным строится амплитудно-фазовое распределение электромагнитного поля во входной апертуре объектива, а затем производится 2D преобразование Фурье. После масштабирования получаем картину дифракции в фокальной плоскости объектива.

Результаты моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными. Программа имеет «дружественный интерфейс», не перегружена лишними возможностями и не требовательна к ресурсам.

Литература

[1] Ю.М.Афанасенков, Д.В.Васильев, А.В.Гапон, В.Н.Григорьев, В.В.Сумерин, Е.А.Фирсов, Развитие методов ортокорреляционного астроориентирования применительно к межспутниковой оптической связи. Научно-техническая конференция «Техническое зрение в системах управления - 2011», тезисы докладов.

[2] G.H. Spencer and M. V. R. K. Murty, General Ray-Tracing Procedure. Journal of the Optical Society of America, vol. 52, No. 6, 672-678. June, 1962.

[3] Physically-Based Real-Time Lens Flare Rendering, Matthias Hullin, Elmar Eisemann, Hans-Peter Seidel, Sungkil Lee. ACM Transactions on Graphics, Vol. 30 (4), 2011 (Proceedings of SIGGRAPH).

АЛГОРИТМЫ НАВЕДЕНИЯ И ГИРОСИЛОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИЕЙ СПУТНИКОВ ЗЕМЛЕОБОЗОРА ПРИ СКЕНИРУЮЩЕЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СЪЕМКЕ

Е.И. Сомов, С.А. Бутырин

НИИ Проблем надежности механических систем Самарского государственного технического университета

Рассматривается космический аппарат (КА) землеобзора, оснащенный телескопом с матрицами оптико-электронных преобразователей (ОЭП) в его фокальной плоскости. При оптико-электронной съемке заданных участков поверхности Земли совокупностью маршрутов их сканирования телескопом матрицы ОЭП работают в режиме временного запаздывания и накопления (ВЗН).

С применением методов космической геодезии авторами созданы аналитические методики синтеза алгоритмов наведения КА при выполнении им произвольного маршрута сканирующей съемки, анализа поля скоростей движения изображения (СДИ) наземных объектов на матрицах ОЭП с ВЗН (Сомов, 2007),

которые конкретизированы для трассовых, геодезических и протяженных криволинейных маршрутов с выравниванием продольной СДИ.

Представляются разработанные алгоритмы наведения спутника при площадном землеобзоре (Сомов и др., 2011), оптимизации азимута объектовой съемки (Somov, Somov и др., 2011), а также алгоритмы планирования наблюдений с рациональным распределением функций бортового и наземного комплексов управления.

Кратко описываются алгоритмы многократной дискретной фильтрации измерений БИНС с коррекцией сигналами от звездных датчиков и цифрового гиросилового управления ориентацией КА в процессе сканирующей съемки (Somov и др., 2008), а также методики оценки влияния динамики стабилизации КА на качество космических снимков (Сомов, Бутырин, 2011).

Приводятся результаты апробации созданных алгоритмов наведения и гиросиловой стабилизации движения перспективного КА землеобзора при сканирующей съемке с анализом движения изображения на матрицах ОЭП.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 11-08-01037) и отделения ЭММПУ РАН (программа фундаментальных исследований № 15).

Литература

Сомов Е.И. (2007) Аналитический синтез законов гиросилового наведения космических аппаратов информационного назначения // Сб. материалов XIV Санкт Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам. Санкт Петербург: Концерн “ЦНИИ Электронприбор”. 2007. С. 103-105.

Сомов Е.И., Бутырин С.А., Бутко А.В. (2011) Гиросиловое наведение спутника при площадном землеобзоре на основе последовательности маршрутов сканирующей съемки // Сб. материалов XVIII Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам. Санкт Петербург: Концерн “ЦНИИ Электронприбор”. 2011. С. 267-276.

Somov S., Somov Ye., Butyrin S., Butko A. (2011) Optimizing the guidance and control laws at the space optoelectronic observation [Электронный ресурс] // Proceedings of 18th IFAC World Congress. Milan. 2011. Режим доступа: <http://www.ifac-papersonline.net/Detailed/48161.html> P. 2078-2083.

Somov Ye. I., Butyrin S.A., Somov S.Ye. (2008) Guidance and robust gyromoment precise attitude control of agile observation spacecraft [Электронный ресурс] // Proceedings of 17th IFAC World Congress. Seoul. 2008. Режим доступа: <http://www.ifac-papersonline.net/Detailed/36298.html> P. 3422-3427.

Сомов Е.И., Бутырин С.А. (2011) Комплексование наблюдательной и навигационной информации для верификации работы системы управления спутника и улучшения измерительных свойств космических снимков // Тезисы докладов научно-технической конференции «Техническое зрение в системах управления». М.: ИКИ РАН. 2011. С. 57-58.

С Е К Ц И Я 2

СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ НАЗЕМНЫХ, НАДВОДНЫХ И ПОДВОДНЫХ РОБОТОВ

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАВИГАЦИИ, КАК ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА

А.Н. Кропотов, А.А. Макашов, В.М. Плясунов, Е.И. Сахарова

НИИ специального машиностроения Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана.

Система подводной видеонавигации (СПВН), разработанная в НИИ Специального Машиностроения МГТУ им. Н.Э. Баумана, предназначена для локального ориентирования обитаемого подводного аппарата. СПВН осуществляет измерение маршевых и лаговых координат ПА, отстояния от дна, скорости ПА по маршу и лагу, курсового угла аппарата, обрабатывая видеоинформацию поступающую со стереопары, и используется в качестве датчика обратной связи в контурах управления движением аппарата (М.Ю.Артюхов, А.Н.Кропотов и др., 2011).

СПВН использует модифицированный метод Лукаса-Канаде (Lucas B., Kanade T. (1981)), основанный на выделении контрастных участков на изображении, определении их смещений между текущим и опорным кадром, и последующую интерпретацию этих смещений как трехмерного движения ПА. При этом, используется допущение, что рабочая поверхность (дно) представляет собой плоскость, перпендикулярную оптической оси камер. Для определения расстояния до рабочей поверхности используется обработка изображений с обеих камер стереопары.

В докладе представлены результаты экспериментов, целью которых являлась идентификация СПВН как звена системы автоматического управления (САУ) подводного аппарата. Для исследования динамических точностных характеристик счисления СПВН курсового угла аппарата использовался специальный микропроцессорный стенд, оснащенный импульсным датчиком угла поворота. Исследование характеристик счисления СПВН линейных перемещений и скоростей производилось с помощью набора тестовых изображений. Также был произведен анализ влияния ненулевых значений крена и дифферента на точность работы алгоритма.

Анализ построенных амплитудно-фазовых частотных и переходных характеристик показал, что СПВН может быть идентифицирована как последовательное соединение звена запаздывания и экстраполятора нулевого порядка. Крен или дифферент аппарата меньшие 10° не оказывают существенного влияния на точность работы алгоритма, влияние крена или дифферента, не превы-

шающих 40°, может успешно компенсироваться с использованием информации от внешних датчиков.

Литература

М.Ю.Артюхов, А.Н.Кропотов, А.А. Макашов и др. (2011) Опыт создания системы локальной видеонавигации для подводных аппаратов // Техническое зрение в системах управления мобильными объектами-2010: Труды научно-технической конференции-семинара. М.: КДУ, 2011. с 230 – 242.

Lucas B., Kanade T. (1981) An iterative image registration technique with an application to stereo vision // Proceedings of Imaging Understanding Workshop, 1981. с 121 – 130.

А.Н. Кропотов, А.А Макашов, В.М. Плясунов и др. (2011) Системы обработки телевизионной информации подводных аппаратов // Технические проблемы освоения мирового океана: Материалы конференции. Владивосток.: Дальнаука, 2011, с 316 – 321.

БИОИНСПИРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

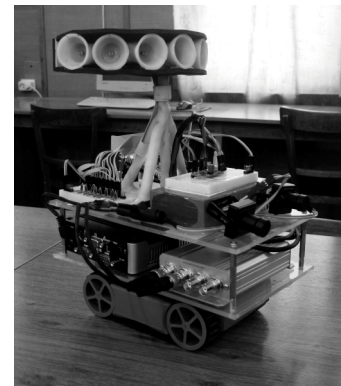
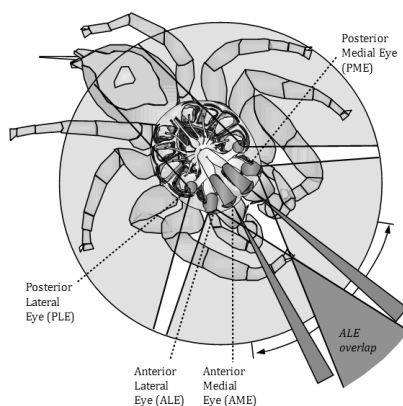
Ю.В. Чернухин, П.А. Бутов, Ю.С. Доленко

Таганрогский технологический институт Южного Федерального Университета

В докладе рассматривается система технического зрения (СТЗ) решающая задачу формирования внутренней информационной модели окружающей среды для последующего ее отображения в нейросетевую систему управления (НСУ) интеллектуального мобильного робота.

В простейшем случае, внешняя среда представляет собой полигон, состоящий из целевых объектов, объектов – препятствий и проходимых участков, представленных различными оттенками черно-белого цвета. Ранжирование целевых объектов, объектов-препятствий и проходимых участков среды выполняется посредством максимального и минимального пороговых значений яркости, задаваемых вручную или вычисляемых системой автоматически. Препятствия, как и цели, могут быть как статичными, так и перемещающимися.

При построении модели СТЗ и её последующей реализации был выбран бионический подход, основанный на использовании принципов построения зрительной системы (ЗС) членистоногих и пауков-скакунов в частности (см.рисунки).



Паук-скакун, схематичное изображение его зрительной системы [1] и фотография автономного мобильного робота с биоинспирированной СТЗ для НСУ, разработанного в лаборатории искусственного интеллекта кафедры вычислительной техники

Отличительной особенностью ЗС членистоногих является использование маленьких глазков (лат. pigment-cup ocelli), определяющих направление источника света, а так же латеральных глаз с низкой разрешающей способностью в подсистеме периферического зрения.

В рамках данной модели, предлагается определять местоположение цели, используя в качестве аналога простых глазков светочувствительные датчики, а местоположение препятствий уточнять с помощью видеокамер, образующих периферическое зрение аналогично латеральным глазам.

Для реализации данной модели бионического зрения, были использованы две аналоговые ПЗС видеокамеры с углом обзора 90 градусов а так же специально спроектированный радиальный светочувствительный датчик. Данные с указанных сенсоров обрабатываются программной частью предлагаемой СТЗ (выполняется на бортовом микрокомпьютере), в результате чего информация о внешней среде представляется в виде внутренней модели, готовой к загрузке в НСУ мобильного робота.

Бортовая НСУ базируется на бионическом алгоритме адаптивного управления, теоретические основы которого излагаются в монографии[2]. НСУ может быть реализована как программно-аппаратно [3], так и аппаратно на базе ПЛИС [4].

НСУ в совокупности с предлагаемой СТЗ решают задачу генерации оптимальной траектории движения мобильного робота к целевым объектам в априори неформализованной и динамически изменяющейся внешней среде.

Литература

David Edwin Hill. (2010) Use of location (relative direction and distance) information by jumping spiders (Araneae, Salticidae, Phidippus) during movement toward prey and other sighted objectives. P. 1—103.

Чернухин Ю.В. Нейропроцессорные сети. М.:Изд-во ТРТУ, 1999. 439 с.

Чернухин Ю.В., Сапрыкин Р.В., Романчак Е.И., Доленко Ю.С. Программно-аппаратное моделирование внешней среды функционирования мобильных роботов с нейросетевым управлением на базе робототехнического комплекта “Hemisson”. Материалы XV Международная конференции по нейрокибернетике. Т. 2. Ростов-на-Дону; 2009.

Чернухин Ю.В., Сапрыкин Р.В., Бутов П.А. Подходы к реализации нейросетевых систем управления интеллектуальными мобильными роботами. // Известия ЮФУ. Технические науки: №1 (114), Таганрог, 2011.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕНСОРА MICROSOFT KINECT ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ КАРТЫ РАЙОНА ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

А.В.Калиниченко, В.Е.Павловский

Институт прикладной математики им.М.В.Келдыша РАН

Выпущенный в 2010 году контроллер-сенсор Microsoft Kinect предоставляет богатые возможности для использования его в приложениях трехмерного зрения в робототехнике. Этот контроллер представляет собой мощный программно-аппаратный комплекс оптического пространственного восприятия, заключенный в небольшом компактном корпусе. На рис.1. приведен общий вид и компоновка устройства.



Рис. 1. Общий вид и компоновка сенсора Microsoft Kinect

Работа данного устройства основана на применении структурированной подсветки, которую обеспечивает встроенный инфракрасный (IR) прожектор. Этот источник формирует сотни узких пучков излучения, которые освещают все доступные поверхности небольшими пятнами света. Для работы с этой подсветкой используется IR-камера инфракрасного диапазона. Устройство оборудовано и обычной камерой видимого диапазона, но в данной работе данные, полученные ей, не использовались. Структурированная подсветка сцены в значительной степени упрощает задачу построения карты глубины сцены, но в данной работе мы использовали еще более низкоуровневые данные – ещё до построения карты глубины Kinect восстанавливает 3D координаты тех точек подсветки, которые попали в поле зрения инфракрасной камеры. Этот набор 3D точек и был источником данных для данной работы.

Целью данной работы является создание 3D карты района движения мобильного наземного робота. Эта карта представляет собой достаточно плотный набор из 3D точек $m_1, m_2 \dots m_N$ лежащих на поверхности "земли" и поверхностях объектов окружающих робота. При начале работы робота картой мира считается тот набор точек, который захватывает сенсор Kinect из исходной позиции робота. В дальнейшем этот набор точек будет непрерывно дополняться новыми.

Сенсор способен выдавать облако точек несколько раз за секунду. Для каждого нового "кадра" мы будем искать движение, которое приведет к максимальному соответствию этого кадра с ранее известной картой. Так как за время между двумя кадрами перемещение робота остается несущественным (малым), то большая часть новых точек будет лежать на поверхностях ранее видимых объектов. Это позволит с достаточной точностью восстановить движение робота между кадрами. Вычисление движения производится в смысле минимизации функционала M - суммы квадратов минимальных расстояний новыми точками и точками известной "карты мира":

$$M = \sum_{i=1..n} \left(\min_{j=1..N} (F(p_i) - m_j)^2 \right)$$

где: $p_{1..n}$ - 3D точки полученные с контроллера, $m_{1..N}$ - 3D точки карты мира,

F – преобразование движения

Минимизируя функционал M найдем преобразование движения F , которое будет соответствовать перемещению робота с момента начала движения. Применив это преобразование к точкам $p_{1..n}$ получим точки $p'_{1..n}$ в мировой системе координат. После чего добавим эти точки к точкам карты мира $m_{N+1} \dots m_{N+n} = p'_1 \dots p'_n$. Для облегчения вычислительной сложности алгоритма, массив точек карты мира необходимо периодически прореживать, удаляя избыточные точки. Все пары точек m_i, m_j такие что $(m_i - m_j)^2 \leq \epsilon$ заменяются на одну точку $m = (m_i + m_j)/2$. Полная схема работы приложения изображена на рис. 2.

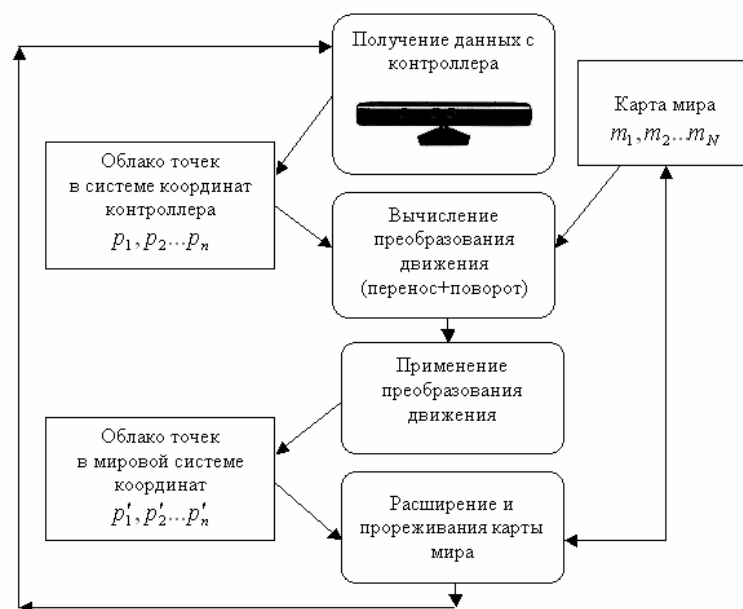


Рис. 2. Блок-схема работы приложения

Данная система позволяет собирать и накапливать знания о поверхности окружения об объектах находящихся в зоне действия робота, кроме того, по этой карте возможно получить траекторию движения робота, оценить сложность и возможные пути объезда препятствий, находящихся на пути робота.

Отмечая возможное расширение системы, укажем, что в дальнейшем можно расширить функциональность системы при помощи встроенного привода вращения сенсора, например, для получения более обширной карты на начальной стадии работы. Широкие перспективы открывает использование на работе системы распознавания движений человека, которые предоставляют встроенные средства Microsoft Kinect. При их помощи можно организовать режим движения робота за человеком или же выполнение каких-то команд, подаваемых жестами оператора.

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ СВЕТОЛОКАЦИОННЫХ И ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ДАННЫХ В ЗАДАЧАХ ВЫДЕЛЕНИЯ ДОРОГИ

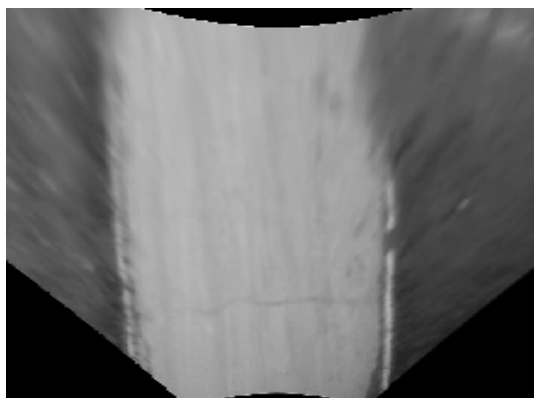
В.П.Носков, А.А.Ханин

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

В настоящее время активно расширяются области применения мобильной робототехники и интеллектуальных транспортных средств. На сегодняшний день системы DAS (Driver Assistant System) находят применения в автомобильной промышленности для решения задач выделения разметки дороги и предотвращения столкновений и доступны в моделях таких производителей как Lexus, Mercedes Benz, Audi, Nissan. Создан ряд прототипов полностью автономных транспортных средств передвижения в городской среде, например, Google

Driverless Car. Однако нерешенной остается задача навигации и распознавания дорожных сцен в условиях пересеченной сельской и пересеченной местности. Актуальность данной проблемы подтверждается финансированием и регулярным проведением соревнований роботизированных автомобилей DARPA Grand Challenge.

В представленной работе рассматривается решение задачи выделения дорожного полотна с совместным использованием светолокационных и телевизионных данных. Научная новизна предложенного подхода заключается в выделении таких ярко выраженных ограничивающих параметров дороги, как ширина полотна (ширина колеи), посредством преобразования косоугольной съемки дорожной сцены в плоскость горизонта (Inverse Perspective Mapping) и последующего совмещения с отфильтрованным облаком 3D-точек логической операцией «И». Ниже приведены схема, закрепления камеры и формула преобразования координат для каждого пикселя $I(u,v)$ в $M(x,y,z)$, а также пример результирующего изображения.



Результат преобразования

Для выделения дорожного полотна в облаке 3D-точек используется фильтрация по величине средне-квадратичного отклонения (СКО). Для фильтрации выбросов и предварительной обработки используется инструментарий библиотеки Point Cloud library (PCL).

Результатом работы предложенного метода обработки видеоизображений и светолокационных данных является сформированная маска дороги.

На основе предложенного метода комплексирования данных и идентификации объектов разработан макет СТЗ, состоящий из CCTV камеры Smartec STC-3080/3 ULTIMATE с объективом Smartec STL-5055DC и 3D-лазерного сенсора, построенный на базе промышленного прибора SICK LMS291 фирмы «Auto Ident».

Литература

I. E. Paromtchik, C. Laugier, M. Perrollaz (2011) Fusion of telemetric and visual data from road scenes with a Lexus experimental platform // IEEE Proc. Int. Symposium on Intelligent Vehicles, 2011.

J. Arrospe, L. Salgado, M. Nieto, and F. Jaureguizar (2008) On-board Robust Multiple Vehicle Detection and Tracking Using Adaptive Quality Evaluation // in IEEE Proc. Int. Conf. on Image Processing, pp. 2008-2011, 2008.

НАВИГАЦИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ ВОЗВРАЩЕНИИ ПО ЗАПОМНЕННЫМ ОРИЕНТИРАМ

С.В. Петухов

Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства

Автоматическое возвращение является весьма необходимым для многих мобильных объектов, при этом обычно используется навигация по заранее известным ориентирам. В такой постановке эта проблема уже решена в авиакосмической отрасли и для некоторых наземных мобильных роботов.

Для наземных радиоуправляемых роботов проблема автоматического возвращения впервые рассматривалась в ГосИФТП в связи с событиями на ЧАЭС [1]. Автоматическое возвращение наземных транспортных средств по запомненной пройденной траектории существенно уменьшает опасность столкновения с препятствиями, а в некоторых случаях требование возвращения робота по уже пройденному пути является просто необходимым.

Разработаны методы навигации по запомненным ориентирам, полученным по результатам обработки стереоизображений в стереотелевизионной системе технического зрения (стерео-СТЗ): бинокулярной, тринокулярной и полинокулярной [2]. Ориентирами не могут быть объекты, искусственно вносимые в окружающую среду во время движения робота.

В качестве примера используется полигональная траектория, состоящая из прямолинейных отрезков длиной l_k , связанных между собой узловыми точками S_k , $k = 1, 2, \dots, N - 1$ (рис.1).

Задача автоматического возвращения робота по запомненным ориентирам решается в два этапа:

- при движении в рабочую зону в автономном или телеуправляемом режиме запоминается информация об ориентирах и параметры траектории: длина пройденных участков пути l , углы поворота траектории φ и углы поворота стереоблока β для поиска и «захвата» ориентиров.

- автоматическое возвращение робота задним ходом (без разворота) с коррекцией траектории по результатам сравнения запомненной и вновь полученной информации об ориентирах. Обязательным условием является прохождение узловых точек на опорной траектории [3].

В некоторых узловых точках, называемых опорными, производятся измерения ориентиров. Вектор навигационных измерений M_k в k -ой опорной точке в общем случае можно записать в следующем виде:

$$M_k = \text{col} (l_k, \varphi_k, \beta_k, P_k).$$

В промышленной среде используется экономное представление ориентиров точечными планами P_k (заштрихованными на рис.1), которые получаются проектированием вертикальных граней на пол (опорную поверхность). Точечные планы не связаны с системой координат внешней среды, например, стартовой системой координат $X_0S_0Y_0$, а вычисляются в подвижной системе координат XOY с началом в оптическом центре камеры, ось OY направлена вдоль главной оптической оси (рис.1). Точечные планы являются сжатым, максимально упрощенным представлением геометрической модели внешней среды робота. Суммарное количество точек в плане определяет размерность вектора состояния M_k . Если план содержит m точек с координатами (x_i, y_i) и каждая из них "окрашена" знаком перепада интенсивности на изображении (Π_i) , то размерность вектора состояния

$M_k = \text{col}(l_k, \varphi_k, \beta_k, P_k) = \text{col}(l_k, \varphi_k, \beta_k, (x_i, y_i, \Pi_i)_k), i = 1, 2, \dots, m$, равна $3 + 3m$.

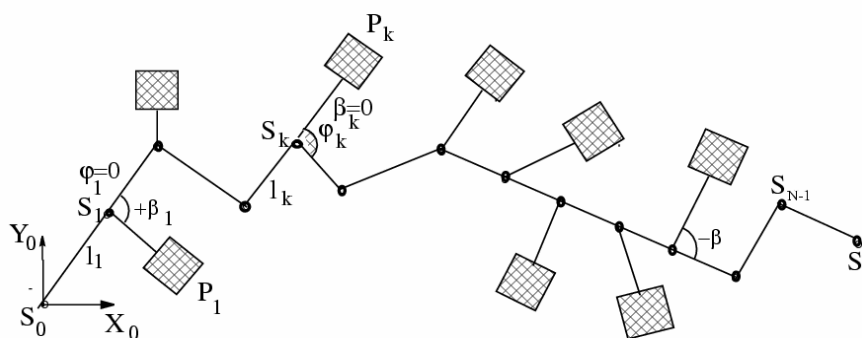


Рис.1. Схема привязки планов ориентиров к опорной траектории

По запомненным планам ориентиров формируется машинная относительная карта ориентиров (МОК) - это матрица, составленная из векторов $M_k = \text{col}(l_k, \varphi_k, \beta_k, (x_i, y_i, \Pi_i)_k)$ [3]. МОК представляет собой единое информационное поле для навигации при автоматическом возвращении. Пример точечных планов ориентиров в промышленной среде приведен на рис.2: $P(1)$ - запомненный в опорной точке и $P'(n)$ - полученный вблизи той же опорной точки при возвращении робота, l и n представляют размерности планов. Пунктиром обозначены инварианты, получаемые в результате согласования планов.

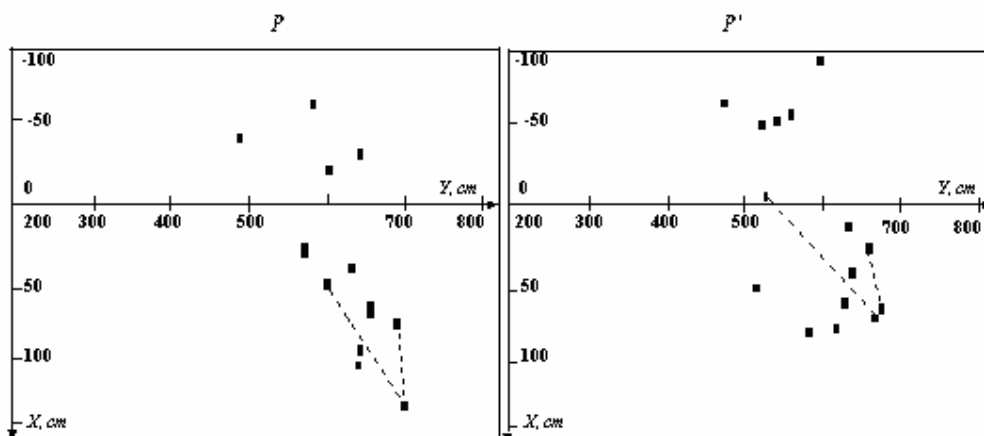


Рис.2. Точечные планы ориентиров P и P'

Существенное отличие задачи согласования точечных планов от традиционной задачи, решаемой в астронавигации, заключается в неравном количестве точек в сопоставляемых точечных планах $P(l)$ и $P'(n)$, $l \neq n$ и содержанием в них помех. В связи с этим возникает необходимость выделения (распознавания) геометрических образов, построенных на пересечении множеств $W(p) = P(l) \cap P'(n)$ размерности p ($p < l$, $p < n$), которые являются инвариантами, имеющими одинаковую конфигурацию на планах P и P' (отрезки прямых или многоугольники). Найденные инварианты используются для вычисления линейного и углового отклонения робота и параметров управления, обеспечивающих наилучшее приближение траектории возвращения к траектории, по которой осуществлялось движение вперед [3, 4].

Литература

1. Петухов С.В., Парфенов А.П., Шаманов И.В. Автоматическое возвращение роботов по запомненным ориентирам с использованием стереотелевизионной системы машинного зрения // Сб. науч. тр. "Обработка динамической информации в интеллектуальных системах машинного зрения". М.: ГосИФТП, 1992, с. 3-14.
2. Петухов С.В. Адаптивные стереотелевизионные системы технического зрения // Машиностроение и инженерное образование. 2008, №3. С. 30–41.
3. Петухов С.В. Методы автономной навигации при попятном движении робота по запомненным ориентирам // Мехатроника. 2008, №8. С. 30 - 34.
4. Petukhov S.V., Rachkov M.Y. Navigation method of autonomous robot backward motion by remembered landmarks // Proceedings of the 12th Intern. Conf. On climbing and Walking Robots, CLAWAR'2009, Istanbul, Turkey, 09-11 Sept. 2009, p.19-25.

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ К ПОСТРОЕНИЮ УПРАВЛЯЕМЫХ МНОГОКАМЕРНЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

В.П.Андреев¹, В.Е.Пряничников²

¹ Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН,

² Международная лаборатория «Сенсорика»

Системы технического зрения (СТЗ) для мобильных роботов (МР) с супервизорным (и дистанционным) управлением, обладают рядом особенностей, которые в совокупности отличают их от иных СТЗ. Во-первых, на входе имеется внешняя среда, характеризующаяся неопределенностью. Во-вторых, внешняя среда постоянно меняется, поэтому получение, формирование, передача и обработка поступающей видеоинформации должны выполняться со скоростью изменения внешней среды (реальное время). В-третьих, супервизорное (и дистанционное) управление

подразумевает наличие в информационно-измерительной и управляющей системе (ИИУС) МР человека, который на основе анализа видеоинформации формирует цель управления и принимает решение о выполнении управляющего действия. В-четвертых, присутствие человека-оператора требует наличия в системе модуля формирования качественных и в нужном количестве (в разных ракурсах) растровых изображений окружающей среды. В-пятых, для обеспечения свободы передвижения МР должен иметь беспроводную систему связи с пультом управления.

Рассмотрим информационные потоки в ИИУС МР с супервизорным управлением (см. рисунок). ИИУС мобильных роботов, включает функции оценки состояния внешней среды и состояния самой управляющей системы, выработки сигнала обратной связи и сигнала управления. На основе анализа полученных данных выполняется формирование цели управления и составляется программа достижения этой цели, включающая набор команд, с помощью которых вырабатываются сигна-



лы управления для исполнительных механизмов. Анализ данных и формирование цели управления может выполняться как с помощью удаленного интерфейса, так и с помощью внутреннего интерфейса, в зависимости от сложности решаемых задач, т.е. имеется двухконтурная система анализа данных и управления. Комплекс дистанционных сенсоров и СТЗ, как его часть, входит в состав как внутреннего, так и внешнего контура.

Удаленный интерфейс входит в состав внешнего контура ИИУС. С его

помощью человек-оператор выполняет анализ данных и формирование цели управления. Известно, что человек получает более 80% информации через зрение. Следовательно, информацию об окружающей МР среде ему необходимо предоставлять в виде растрового изображения. Поэтому в качестве основного дистанционного сенсора следует использовать телевизионную камеру (или несколько TV-камер). В видимом диапазоне это стандартные матричные телекамеры, в ИК-диапазоне – тепловизоры.

Видеосигналы от установленных на борту МР телекамер должны быть подготовлены для передачи по каналам связи (коммуникационная среда) на удаленный интерфейс. Для внутреннего интерфейса, который входит в состав внутреннего контура ИИУС, могут быть использованы широкополосные цифровые каналы передачи данных. С таким огромным потоком данных обычный бортовой компьютер МР не справится, поэтому выполняется предварительная обработка изображений (фильтрация шумов, преобразование в цифровую форму, коррекция искажений, сегментация и т.п.) с помощью спецпроцессоров.

Коммуникационная среда обычно представляет собой беспроводной канал связи. При использовании аналоговых радиоканалов для передачи телевизионных видеосигналов от множества телекамер возникает проблема ограничения полосы

пропускания. При переходе на цифровой способ обработки видеоинформации и передачи данных по цифровым радиоканалам (например, с использованием Wi-Fi) появляется возможность построить распределённую ИИУС МР посредством объединения компонент МР, в том числе и СТЗ, в локальную вычислительную сеть (ЛВС) с мобильными узлами (Andreev et.al, 2010). При этом решается проблема передачи многопоточкового видео по радиоканалу.

Настоящая работа посвящена описанию реализации данного подхода при создании управляемых многокамерных СТЗ для робототехнических комплексов МЧС «BROKK-110D» и «BROKK-330». Работа частично поддержана грантом РФФИ 10-07-00612а.

Литература

Andreev V., Pryanichnikov V., Prysev E. (2010) Multi-access control of distributed mobile robotic systems on the base of networking technologies // Annals of DAAAM for 2010&Proc. of the 21st Intern. DAAAM Symp. “Intelligent Manufacturing & Automation” 20-23rd October 2010 Zadar, Croatia. ISSN 1726-9679. 2010. P.15 – 16.

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО СТЕРЕОЗРЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Е.А. Девятериков, Б.Б. Михайлов

Научно-учебный центр «Робототехника» МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва

Для управления мобильным роботом в случае движения по траектории необходима система определения местоположения и ориентации в пространстве. В настоящее время для навигации широко используются: энкодеры, инерциальные системы, GPS и дальномеры.

Перечисленные методы имеют свои недостатки. Использование энкодеров невозможно при проскальзывании колес. Информация, полученная от инерциальных измерительных устройств, постоянно меняется с течением времени. GPS навигация неточна, плохо работает в закрытых помещениях. Система с дальномером имеет высокую стоимость и сложна.

Метод визуальной одометрии, представленный в работе (Jin Xu, Minyi Shen, Weiqiang Wang, Li Yang, Jilin Liu, Igor Kalyaev, 2006) основан на измерении смещения ключевых точек в пространстве, информация о которых получается из анализа последовательности стереоизображений системы технического зрения. Такая система может работать в недетерминированной, т.е. в заранее не подготовленной среде. Система пассивна и универсальна как человеческое зрение, работает в любой среде, в том числе и на пересеченной местности, так как нечувствительна к проскальзыванию грунта. Наличие системы технического зрения позволяет решать и множество других задач.

В ходе работы были поставлены и решены следующие задачи:

- разработана структура системы визуальной одометрии;

- реализован алгоритм визуальной одометрии в виде программы;
- разработана 3х мерная модель системы для проверки работоспособности алгоритма на тестовых изображениях;
- изготовлен макет системы визуальной одометрии;
- проверена работоспособность системы на реальных изображениях, полученных при движении мобильного робота, определены ее точность и быстродействие.

Для экспериментальной проверки программы был собран и установлен на мобильный робот макет системы визуальной одометрии. Робот перемещался по заданным траекториям, преимущественно замкнутым, и вычислялось среднее квадратичное отклонение вычисленного пути от заданного и ошибка выхода в исходную точку; перемещение вычислялось с использованием различных алгоритмов выделения особых точек.

Эксперимент показал, что система позволяет в режиме реального времени (ноутбук с процессором Intel Celeron 723 1.2ГГц) измерять путь с ошибкой 7.2% при использовании метода ускоренной сегментальной проверки (Features from Accelerated Segment Test - FAST) для выделения особых точек. Лучший результат, 3.8%, получен при обработке более медленным «надежным ускоренным методом нахождения особых точек» (Speeded-Up Robust Features - SURF).

Метод визуальной одометрии позволяет так же измерять угол поворота робота, но это осложняется смазыванием изображений. При использовании различных фильтров для уменьшения влияния смазывания на точность (устранение эффекта интерлейсинга, адаптивная бинаризация) угол был измерен со средней ошибкой до 10% при повороте робота с угловой скоростью до 25°/с.

Результаты показывают, что система визуальной одометрии позволяет достаточно точно измерить пройденный путь и может быть использована в системе управления мобильного робота.

Литература

Jin Xu, Minyi Shen, Weiqiang Wang, Li Yang, Jilin Liu, Igor Kalyaev (2006) Robust stereo visual odometry for autonomous rover// 6th WSEAS International Conference on Signal, Speech and Image Processing, 2006.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ В АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

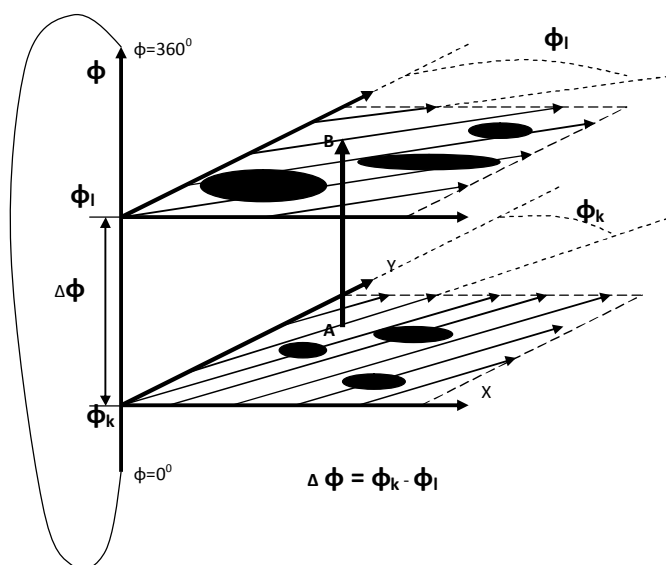
В.П. Носков

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Техническое зрение в автономной системе управления движением мобильного робота (МР) используется для формирования модели внешней среды и для определения текущего положения МР, как это предложено в работах (Буйволов, Носков и др., 1989; Носков, 2005). Решение этих двух основных за-

дач позволяет строить план внешней среды (Евсеев, Носков и др., 2008) и планировать траектории (Каляев, Носков и др., 1990), приводящие МР к цели.

В опубликованных ранее работах признаки проходимости участков опорной поверхности определялись без учета направления движения МР. Т.е., если участок был непроходим хотя бы по одному направлению, то данному участку присваивался признак «препятствия». Такой подход упрощает этапы построения модели внешней среды и планирования траектории. Однако данное упрощение может привести к тому, что некоторые сложные рельефы могут быть классифицированы как непроходимые, в то время как может существовать допустимая траектория их преодоления. Такие случаи редки, однако при длительном функционировании МР вероятность их появления возрастает. Чтобы исключить возможность возникновения описанной выше ситуации предлагается учитывать в локальной модели ориентацию МР. Для этого в локальную модель внешней среды кроме двух линейных координат плоскости перемещений X и Y введем координату ориентации МР (курс) – ϕ . В этом случае локальная модель внешней среды будет трехмерна $X*Y*\phi$ и может быть представлена тором, т. к. координата курса замыкается сама на себя при $\phi = 360^0 = 0^0$ (см. рисунок). Сечение тора по координате $\phi = \phi_k$, представляет собой плоскость $X*Y$, которая классифицируется по признаку проходимости только при курсе $\phi = \phi_k$. Движение в данной плоскости возможно только при курсе $\phi = \phi_k$ по разрешенным участкам (допустимые движения показаны стрелками, препятствия – черные). Переход из точки A в точку B в пространстве $X*Y*\phi$ по координате ϕ при неизменных координатах X и Y соответствует повороту на месте на право на угол $\Delta\phi = \phi_1 - \phi_k$, а переход из точки B в точку A по координате ϕ соответствует повороту на месте на лево на угол $-\Delta\phi$.



Тороидальная модель внешней среды мобильного робота

Описанная выше тороидальная модель внешней среды позволяет учитывать ориентацию робота при планировании траектории движения. При этом

траектория ищется в трехмерном пространстве $X*Y*Z$. В докладе будут приведены результаты работы программно-аппаратных средств формирования модели внешней среды и планирования траекторий движения по данным СТЗ в составе различных МР, функционирующих в различных реальных средах.

Литература

Буйволов Г.А., Носков В.П., Руренко А.А., Распопин А.Н. (1989) Аппаратно-алгоритмические средства формирования модели проблемной среды в условиях пересеченной местности. Сб. научн. тр. Управление движением и техническое зрение автономных транспортных роботов. // М: ИФТП. 1989. С. 61-69.

Носков В.П., Носков А.В. (2005) Навигация мобильных роботов по дальнометрическим изображениям. // М.: «Новые технологии», ж. «Мехатроника, автоматизация, управление». №12, 2005. С. 16-21.

Евсеев А.А., Носков В.П., Платонов А.К. (2008) Формирование электронной карты при автономном движении в индустриальной среде. // М.: «Новые технологии», ж. Мехатроника, автоматизация, управление. №2, 2008. С. 41-45.

Каляев А.В., Носков В.П., Чернухин Ю.В., Каляев И.А. (1990) Однородные управляющие структуры адаптивных роботов. // М.: Наука, 1990, 147с.

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ БОРТОВОЙ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ УЛУЧШЕННОГО И СИНТЕЗИРОВАННОГО ЗРЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

А.В.Бондаренко¹, М.А.Бондаренко², И.В.Докучаев¹

¹ ООО “РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ”, Москва

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, факультет Вычислительной Математики и Кибернетики

Ключевые слова: система технического зрения, обработка и микширование изображений, синтезированные изображения, цифровая камера, бортовой вычислитель, системы навигации, система улучшенного видения.

Статья посвящена аппаратному решению задачи навигации мобильной техники посредством сбора, синтеза, обработки, микширования и вывода видеоинформации в реальном масштабе времени, полученной от источников гетерогенного мультиспектрального диапазона. Такими источниками могут быть радиолокаторы, лазерные, инфракрасные (ИК) датчики, ТВ-камеры. Подобные системы, например, могут использоваться для обеспечения информированности в сложных внешних условиях, как при автоматическом управлении летательными аппаратами (ЛА), так и в случае пилотируемого ЛА.

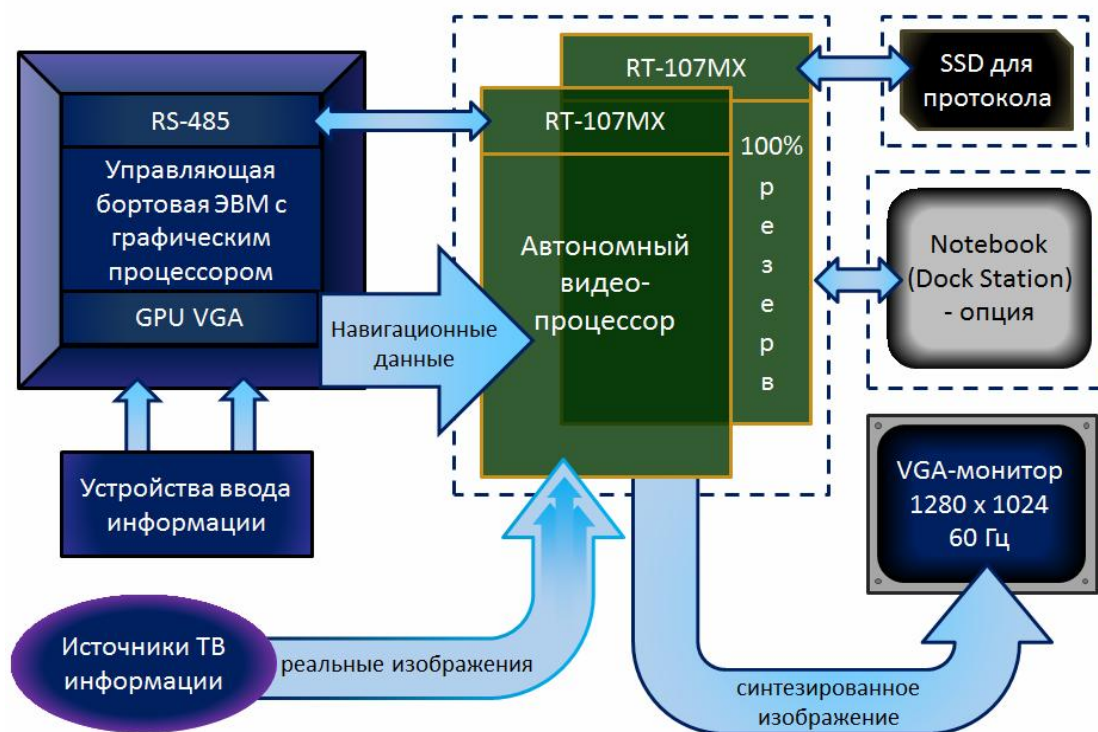
В рамках единой системы предложена аппаратная архитектура и алгоритмы решения задачи улучшения видения, повышения наглядности и сопос-

тавления видеоинформации с базой навигационных данных. В качестве навигационных данных могут выступать трёхмерные модели объектов окружающей обстановки, географические карты, изображения, полученные со спутников, относительные или абсолютные координаты объектов.

Уделено внимание аппаратному решению проблемы надёжности системы. Исходя из опыта разработки систем технического зрения, данная проблема решена посредством:

- применения современной элементной базы и отработанных оригинальных схмотехнических решений,
- обеспечения автономной работы системы (даже в случае отказа управляющей бортовой ЭВМ, система продолжит работу),
- дублирования критических узлов и компонентов системы, посредством реализации соответствующей схемы 100 % резервирования,
- протоколирования всей выходной информации и телеметрии на твердотельный носитель (“чёрный ящик”),
- испытания готовой системы в условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации.

На рисунке представлена функциональная схема системы:



Основные компоненты бортовой автономной системы улучшенного и синтезированного зрения для мобильной техники

Литература

1. Бондаренко А.В. Докучаев И.В., Князев М.Г. Телевизионная видеокамера с цифровой обработкой в реальном времени. Журнал «Современная электроника» № 3, 2006 г., стр. 50.

2. Ю. В. Визильтер, С. Ю. Желтов, Проблемы технического зрения в современных авиационных системах, Труды научно-технической конференции-семинара “Техническое зрение в системах управления мобильными объектами - 2010”, Выпуск 4 под ред. Р.Р. Назирова, М.: УНИВЕРСИТЕТ КНИЖНЫЙ ДОМ, 2011, стр. 11.

3. А.В. Бондаренко, И.В. Докучаев, А.В. Рода, Я.Я. Хаджиева, Обзорно-панорамная оптико-электронная система наблюдения и обнаружения для мобильной наземной техники. Труды научно-технической конференции-семинара “Техническое зрение в системах управления мобильными объектами - 2011”, Выпуск 5 под ред. Р.Р. Назирова.

4. Техническая документация на цифровые камеры и программное обеспечение. ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ». 2012 г. Москва, www.rastr.net

4D/RCS – РЕФЕРЕНСНАЯ АРХИТЕКТУРА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ПО МАТЕРИАЛАМ NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY)

В.А. Гришин

ИКИ РАН

Системы искусственного интеллекта (ИИ), особенно мобильные системы автономного ИИ, начинают играть все большую роль в нашей жизни, позволяя решать задачи, недоступные для систем с экипажем на борту. Например, в 2005 году автором была сформулирована задача создания автономного, полностью автоматического подводного аппарата, способного длительное время эффективно противодействовать подводным лодкам – носителям ядерного оружия (Гришин, 2005). С конца 2010 года Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) приступило к реализации проекта, предусматривающего создание подобного аппарата для противодействия малозумным дизель-электрическим подводным лодкам (Broad Agency Announcement, 2011).

Разработка систем управления для подобных аппаратов по определению предусматривает использование методов ИИ. Однако, при этом возникают существенные трудности. Дело в том, что из всего разнообразия методов ИИ очень малая часть применима для разработки систем управления сложными динамическими объектами, функционирующими в реальном, физическом мире. В этих условиях, с одной стороны, необходимо выделить наиболее приоритетные направления развития, как систем обработки информации, так и методов ИИ, необходимых для создания перспективных систем управления (Grishin, 2010, 2012). С другой стороны, особую ценность приобретают работы, направленные на создание эффективных архитектур систем управления, способных функционировать в сложных, неопределенных, быстро изменяющихся условиях, принимать самостоятельные решения и проводить их в жизнь. С этой точки зрения большой практический интерес представляет архитектура 4D/RCS (Albus et al,

2002; Intelligent Vehicle Systems, 2006), предназначенная для разработки систем ИИ, способных работать как в режиме телеуправления, так и в режиме автономного управления. Данная архитектура разрабатывалась при финансировании со стороны DARPA (проект Learning Applied to Ground Robots - LAGR). Необходимо отметить три важных особенности этой архитектуры. Во-первых, роботы, разработанные на основе указанной архитектуры, способны эффективно взаимодействовать с людьми непосредственно в боевых порядках. Во-вторых, в данной архитектуре существенно используется иерархичность задач и управлений на каждом уровне общности. Для деления на уровни иерархии используется достаточно разумный подход, основанный на времени реакции (длительность цикла обработки информации и планирования действия) и на размере пространства, в рамках которого осуществляется действие данного уровня абстракции. В-третьих, реализация действий на каждом уровне абстракции осуществляется на основе базисной структуры с обратной связью. Указанные особенности существенно облегчают интеграцию архитектуры 4D/RCS, как с классическими, так и со сложными современными человеко-машинными системами управления.

Литература

Гришин В. А. Автономный подводный аппарат // Материалы IX международной научно-технической конференции “Современные методы и средства океанологических исследований”, ч. 2, Москва, 2005. С. 103-105.

Broad Agency Announcement. ASW Continuous Trail Unmanned Vessel (ACTUV) Phases 2 through 4. Tactical Technology Office (TTO). DARPA-BAA-12-19. December 13, 2011.

Grishin V. Computer Vision and Artificial Intelligence in Flight Control of Unmanned Aerial Vehicles // Journal of Information, Intelligence and Knowledge (JIIK). Vol. 2, Issue 4, 2010. P. 327-338.

Grishin V. Application of Artificial Intelligence Methods in Unmanned Aerial Vehicle Control // Journal of Information, Intelligence and Knowledge (JIIK). Vol. 3, Issue 4, 2012. To be published.

Albus J. S., et al. 4D/RCS Version 2.0: A Reference Model Architecture for Unmanned Vehicle Systems, Internal Report (NISTIR) - 6910, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2002.

Intelligent Vehicle Systems: A 4D/RCS Approach; Madhavan R.; Messina E. R.; Albus J. S.; Eds.; Nova Science Publishers Inc.: New York, 2006.

С Е К Ц И Я 3

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МОНОФОТОННЫМ УФ-С ДАТЧИКОМ, В ЗАДАЧАХ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

А.А.Белов¹, В.В.Егоров², А.П.Калинин³, И.П.Родионова⁴

¹ ЗАО «НТЦ «Реагент»

² Институт космических исследований РАН

³ Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

⁴ Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН

В последние годы по мере повышения потребления электроэнергии все более острой становится проблема дистанционного мониторинга транспортировки электрической энергии и состояния высоковольтных энергетических установок. Увеличение эксплуатационной нагрузки на объекты электроэнергетики, снижение уровня их обслуживания, текущего ремонта и замены изношенного оборудования ведет к возникновению аварийных режимов, сопровождающихся различного рода электрическими пробоями и искровыми разрядами и, в частности, коронным разрядом. Особый интерес представляет задача выделения специфичных типов коронных разрядов – так называемых частичных разрядов, наличие которых свидетельствует о дефектах элементов изоляции высоковольтных установок.

Монофотонный УФ-С датчик позволяет проводить дистанционный мониторинг состояния высоковольтных энергетических установок и линий электропередач путем регистрации излучения частичного и коронного разрядов и анализа получаемой с его помощью информации. В ЗАО НТЦ «Реагент» был разработан прибор нового поколения - универсальный монофотонный сенсор в УФ-С диапазоне. Использование этого диапазона (220 - 280 нм) позволяет регистрировать излучение частичного и коронного разрядов в солнечно-слепом режиме. Этот прибор отличается от имеющихся отечественных и зарубежных аналогов наличием время-координатно-чувствительного детектора, что обеспечивает ему инновационные свойства: способность регистрировать отдельные фотоны и получать угловые и время-амплитудные зависимости интенсивности УФ-С излучения и представлять получаемую информацию в виде изображений с указанием места источника УФ-С излучения.

Для установления указанных зависимостей проведены лабораторные эксперименты, по результатам которых были построены индикатрисы излучения, позволившие создать трехмерные модели типовых источников УФ-С излучения.

Комплексный анализ этой зависимости и изображений, получаемых путем совместной обработки данных монофотонного сенсора и материалов синхронной видеосъемки позволяет определять положение источников УФ-С излучения и делать заключение о состоянии элементов ЛЭП и силовых энергетических установок. В качестве инструмента такого анализа используется математический аппарат Фурье и вейвлет преобразований.

Таким образом, данные монофотонного УФ-С сенсора позволяют проводить дистанционный мониторинг ЛЭП и высоковольтных электроустановок и использовать его результаты для принятия оперативных управленческих решений.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 11-02-13107-офи-м-2011-РЖД.

ВИРТУАЛЬНЫЕ ГРАНИЧНЫЕ ТОЧКИ И КОНТУРА КОНТРАСТНЫХ ОБЪЕКТОВ: НОВЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ДВИЖЕНИЯ

К.И. Кий

Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН

Несмотря на большие достижения в анализе динамических сцен с помощью различных методов (Mittal , Monnet, Paragios 2009; Визильтер Ю.В, Желтов С.Ю, Бондаренко А.В. и др. 2010) проблема анализа движения (изменений) для сложных сцен, особенно при съемке с быстродвижущегося объекта (мобильного робота) и когда осуществляется множественное движение на разных уровнях и при разных размерах движущихся объектов, далека от полного решения. Возникает также необходимость не только выявить области интересного движения, но и путем одновременного распознавания движущихся объектов (помех) повысить надежность системы или снизить число обращений к оператору.

В работе представляется подход к анализу движений, основанный на методе геометризованных гистограмм (Kiy K.I. 2010; Кий К.И. 2011) с учетом выделения стабильных компонент сегментации - виртуальных граничных точек и граничных кривых контрастных объектов на изображении (Кий К.И. 2011). Существенную часть подхода составляет построение стабильных частей виртуальных граничных кривых контрастных объектов на изображении. В работе будут описаны алгоритмы их построения.

Виртуальные граничные точки и кривые контрастных областей расположены на графе цветовых сгустков, поставленном в соответствие каждому цветному изображению, и им ставятся в соответствие некоторые точки и кривые на изображении, которые аппроксимируют соответствующие граничные точки и кривые реальных областей (Kiy K.I. 2010; Кий К.И. 2010). Большой интерес представляет оценка движения виртуальных граничных кривых и угловых виртуальных граничных точек (прослеживание траектории их движения на после-

довательности структурных графов цветовых сгустков, поставленных в соответствие кадрам видеопоследовательности). Эта оценка в свою очередь дает не픽сельный метод анализа движения в видеопоследовательностях. Что особенно важно, этот качественный метод дает возможность анализировать движение с движущегося объекта. В этом случае точки и кривые интереса осуществляют сложное движение на плоскости изображения. Разработанные алгоритмы нахождения виртуальных граничных точек и построения виртуальных граничных кривых контрастных областей позволяют анализировать их движения в реальном времени для стандартных видео форматов на современных персональных компьютерах. Так на процессоре Intel Dual Core i5 программа, разработанная на основе данных алгоритмов, обеспечивает производительность более 20 fps на изображениях формата 640x480. В работе будут изложены принципы построения алгоритмов анализа видео с помощью указанных методов и приведены примеры обработки видео для сцен типичных для навигации автономных роботов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 10-07-00612а).

Литература

Mittal A., Monnet A., Paragios N. (2009) Scene modeling and change detection in dynamic scenes: A subspace approach // Computer Vision and Image Understanding 113. 2009. P. 63–79.

Визильтер Ю.В, Желтов С.Ю, Бондаренко А.В. и др. (2010) Обработка и анализ изображений в системах машинного зрения // М.: Физматкнига, 2010. 671 с.

Kiy K.I. (2010) A new real-time method for description and generalized segmentation of color images // Pattern Recognition and Image Analysis. 2010. N. 2. P. 169-178.

Кий К.И. (2010) Метод геометризованных гистограмм, дуальное описание сцен и его применение // Доклады 15-ой всероссийской конференции "Математические методы распознавания образов-2011", МАКС ПРЕСС, Москва, 2011, стр. 451-454.

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ДЕТЕКТОРОВ ПСЕВДОДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА

Б.В. Вишняков, Ю.В. Визильтер, А.И. Егоров

ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», Москва

В работе рассматривается статистический подход к определению псевдодвижущихся объектов в системах видеонаблюдения с использованием различных по природе систем гипотез и комплексирование результатов на основе байесовского подхода.

Задачи автоматического выделения и сопровождения движущихся объектов по изображениям, получаемым от различных видео датчиков (видеокамеры, инфракрасные камеры, тепловизоры и пр.), часто возникают в системах видеонаблюдения и машинного зрения. Под объектами будем понимать движущиеся от кадра к кадру связные области. Существует целый ряд публикаций, посвященных алгоритмам распознавания движения и потраекторного прослеживания всех движущихся объектов на сцене с уникальным номером при регулярном поступлении новых измерений их координат и размеров.

Однако на многих сценах наряду с истинными объектами часто возникают и ложные объекты, например, раскачивающиеся ветки деревьев, шевеление листвы, блики на воде или просто яркостной шум, возникающий из-за неверных настроек или технических возможностей видео датчика. Поэтому особенно актуальной в задачах анализа движения является проблема отсеечения псевдодвижущихся объектов от «истинных» объектов или, хотя бы, их маркировка соответствующим признаком для увеличения информативности данных, предоставляемых оператору системы машинного зрения.

В работе для определения псевдодвижущихся объектов из числа всех объектов, полученных от алгоритма распознавания движения, предлагается использовать статистические признаки ложных объектов, такие как:

- отсутствие тренда в траектории движения, то есть в модели движения присутствует только свободный член, периодическая и шумовая составляющие;
- частые пропадания новых измерений объекта, то есть присутствует отличная от нуля вероятность пропажи измерений;
- значительное количество поворотов траектории, то есть присутствует отличная от нуля вероятность поворота траектории.

Для всех вышеперечисленных признаков строятся системы гипотез, в каждой из которых основной гипотезой выступает предположение, что объект является шумом, а альтернативной – что объект является истинным движущимся объектом. Во всех системах гипотез определяется статистический критерий и строится его эмпирическое распределение. После проверки гипотезы о псевдодвижении объекта в каждой системе окончательный вывод о типе объекта делается по теореме Байеса (James O. Berger), где апостериорные вероятности всех гипотез берутся из статистических экспериментов на изначально размеченной базе видеороликов. Строится кривая зависимости ошибок первого рода от ошибок второго рода как для каждого критерия в отдельности, так и для комплексированного критерия.

Тестирование разработанного на основе полученных в работе аналитических результатов алгоритма на большом объеме реальных видео данных из общедоступных баз (PETS и ETISEO) показало очень высокую эффективность использования рассмотренного статистического подхода с последующим комплексированием результатов.

Предложенная методика определения псевдодвижущихся объектов на видеопоследовательностях, получаемых от различных двумерных сенсоров, может быть использована во многих системах ситуационного анализа изображе-

ний динамически меняющихся сцен, таких, как системы оценки транспортных потоков, охранные системы, системы обнаружения препятствий для мобильных технических средств и другие технические системы аналогичного назначения.

Литература

Berger, James O (1985) Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis. Springer Series in Statistics (Second ed.), Springer-Verlag. ISBN 0-387-96098-8.
ETISEO video database, URL: <http://www-sop.inria.fr/orion/ETISEO/>.
PETS video database, URL: <http://www.cvg.rdg.ac.uk/slides/pets.html>.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К СЛЕЖЕНИЮ ЗА ОБЪЕКТОМ, РАЗМЕРЫ КОТОРОГО ЗНАЧИТЕЛЬНО ИЗМЕНЯЮТСЯ СО ВРЕМЕНЕМ

С.Е. Корепанов, В.В. Стротов

Рязанский государственный радиотехнический университет

Слежение за выбранным объектом является одной из наиболее важных в комплексе задач, решаемых в бортовых системах обнаружения и сопровождения объектов. В данной работе под слежением понимается оценивание координат и размеров объекта в последовательности изображений.

В процессе слежения нередко ситуации, когда наблюдаемый объект и наблюдающий его видеодатчик приближаются друг к другу или удаляются друг от друга. При этом на ограниченном временном интервале изображение объекта может быть точечным (размером 1x1 элемент разложения), малоразмерным (занимать менее 0,1% площади изображения), иметь средние размеры (занимать менее 15% от площади изображения) и быть протяженным, т.е. занимающим значительную часть изображения и даже выходящим за его пределы. Требуется на основе наблюдаемых изображений получить оценки координат объекта, определяемые положением его центра, и оценки размеров объекта, определяемые размером описанного вокруг него прямоугольника, на каждом кадре в процессе слежения.

Известно большое количество методов оценки параметров объектов (Алпатов и др., 2008), однако все они накладывают ограничения на размер исследуемого объекта. Так, например, методы статистической сегментации и методы пространственно-временной фильтрации не применяются в случае протяжённых объектов, а структурные – для определения параметров малоразмерных объектов. В связи с этим предлагается использовать комплексный подход к решению задачи, заключающийся в использовании наиболее эффективных алгоритмов слежения за объектами, переключение между которыми будет происходить в зависимости от размера объекта.

Для обнаружения и слежения за объектом малых и средних размеров удобно использовать методы пространственно-временной фильтрации. В этом случае требуется минимальное количество априорной информации о видеосце-

не и появляется возможность решить задачу в реальном масштабе времени в сложных условиях наблюдения, характеризующихся наличием неоднородного фона и ракурсных изменений объекта, а также при малых отношениях сигнал/шум. Особенностью данного класса методов является невозможность решения задачи без информации о геометрических искажениях наблюдаемой последовательности изображений. Для получения данной информации предлагается использовать наиболее подходящий для данного видеосюжета алгоритм оценивания параметров преобразований изображений видеосцены (Alpatov B., Babayan P. 2010).

Для слежения за протяжёнными объектами предлагается использовать многоэталонный подход к оценке параметров изображений, сочетающий в себе черты корреляционного и структурного методов (Стротов В.В., 2009). При его использовании необходимо учитывать ограничения на скорость изменения параметров объекта.

Переключение между алгоритмами происходит в случае, когда оценки размеров объекта в течение трёх кадров выходят за порог, определённый для данного алгоритма. При этом от одного алгоритма другому передаются не только оценки параметров объекта, но и дополнительная информация, например, бинарная маска объекта.

Для оценки результатов работы разработанного комплексного алгоритма были проведены эксперименты, как на искусственных, так и на натуральных сюжетах. Проведённые исследования показывают, что, несмотря на небольшие погрешности измерения параметров объекта, комплексный подход работоспособен.

Исследования проводились при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (госконтракт №16.740.11.0223).

Литература

Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Балашов О.Е., Степашкин А.И. (2008) Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. – М.: Радиотехника, 2008. – 176 с.

Alpatov, B., Babayan, P., (2010) Extraction of the objects observed on a non-uniform background during sensor motion // Electro-Optical Remote Sensing, Photonic Technologies and Applications IV, proc. of SPIE, vol. 7835 (SPIE, Bellingham, WA 2010) 78350N.

Стротов В.В. (2009) Выбор опорных участков в многоэталонном алгоритме определения параметров геометрических преобразований изображений // Вестник РГРТУ. – Рязань, 2009. – №2(28). – С.93–96.

СИСТЕМА БЕСКОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Р.Ш. Зейналов, А.С. Конушин

Московский государственный университет

На практике часто встречается задача бесконтактных измерений, когда требуется отследить движущийся объект и измерить характеристики его движения. В таких случаях используются системы технического зрения, состоящие из камер, в области видимости которых движется наблюдаемый объект. Можно выделить три принципиально разных подхода. Первый основан на использовании заранее известной трёхмерной модели объекта и сопоставлении этой модели с изображением (M. Weber, H. B. Amor, T. Alexander, 2008; Y. Zhao, J. Westhues, P. Dietz и др., 2007). Во втором подходе используются методы выделения и отслеживания ключевых точек объекта на его изображении, например, с помощью оптического потока или сопоставления дескрипторов особых точек SIFT или SURF (H. Bay, T. Tuytelaars, L. V. Gool, 2008). Ситуация осложняется, когда объект может быть однородным по цвету, – такие методы перестают работать стабильно. Кроме того, при достаточно быстром движении сложные текстуры могут смазываться, что затруднит отслеживание и ухудшит результаты. Третий подход заключается в использовании контрастных маркеров, поиск которых на изображении, как правило, тривиален. В предлагаемом методе используются инфракрасные маркеры в совокупности с двумя высокоскоростными камерами, которые снимают в инфракрасном диапазоне. Инфракрасные маркеры видны на изображениях камер как яркие белые пятна на чёрном фоне, что значительно облегчает их распознавание.

Описанная выше система нуждается в калибровке. Для калибровки используется специальный неплоский калибровочный шаблон и алгоритм распознавания этого шаблона, который может распознать шаблон даже в случаях, когда не весь шаблон помещается в кадре.

При использовании несамоидентифицирующихся точечных маркеров возникает задача получения межвидовых соответствий маркеров. В данной работе предлагается решение этой задачи, основанное на использовании последовательности кадров с известными межкадровыми соответствиями маркеров (они вычисляются тривиальным алгоритмом) и эпиполярных ограничений (R. Hartley, A. Zisserman, 2000). Для повышения надёжности алгоритма используется схема голосования.

Для вычисления угловых скоростей и ускорений требуется знание относительного расположения маркеров, которые могут пропадать из вида одной или обеих камер и снова появляться. Для вычисления этого взаимного расположения маркеров и отождествления пропавших/исчезнувших маркеров предлагается алгоритм, основанный на вычислении взаимного расположения маркеров в системе координат других маркеров и вычислении взаимного расположения таких систем координат.

Характеристики движения объекта вычисляются как характеристики перемещения и вращения системы координат, связанной с объектом, относительно мировой системы координат. При этом начало системы координат объекта вычисляется как точка, минимизирующая моменты его вращения. Полученные зависимости значений характеристик от времени обрабатываются фильтром Калмана.

Тестирование системы проводилось на статических (вычисление линейных размеров) и динамических тестах (вычисление ускорения свободного падения). Эксперименты показали точность измерения линейных размеров порядка 0.45 %, точность измерения ускорения свободного падения в пределах от 2 до 7 %.

Литература

R. Hartley, A. Zisserman. (2000) Multiple view geometry in computer vision. Cambridge, UK. // Cambridge University Press, 2000

H. Bay, T. Tuytelaars, L. V. Gool (2008) SURF: Speeded Up Robust Features // CVIU'08, Vol. 110, No. 3, pp. 346-359

M. Weber, H. B. Amor, T. Alexander. (2008) Identifying Motion Capture Tracking Markers with Self-Organizing Maps // Virtual Reality Conference, VR'08. IEEE, pp. 297-298

Y. Zhao, J. Westhues, P. Dietz, J. Barnwell, S. Nayar, M. Inami, M. Nol, V. Branzoi, E. Bruns. (2007) Lighting Aware Motion Capture using Photosensing Markers and Multiplexed Illuminators // ACM TOG, Vol. 26, Issue 3, Article 36

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯХ

С.А. Кузьмин

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Автоматическое выделение объектов в видеопоследовательностях требуется во многих практических приложениях. Рассмотрим систему видеонаблюдения, работающую в следующих условиях: неподвижная камера, движущиеся объекты, яркость объектов априорно неизвестна, фон квазистатический. Общей статистической моделью яркостей пикселей для данных условий является смесь классов «светлый фон + светлые объекты + темный фон + темные объекты + тени + шум». Под светлым фоном может подразумеваться песок, небо, окрашенные области (знаки дорожной разметки, заборы, стены и т.п.), в то время как темный фон соответствует асфальту, воде, земле, траве и т.п. Требуется отнести каждый пиксель к одному из классов. Границы классов зачастую перекрываются, что после применения классификатора (операции бинаризации) приводит к потере участков искомых объектов и наличию ложно выделенных

участков фона. Таким образом, в условиях априорной неопределенности относительно яркости искомым объектам нельзя по одному кадру выделить все объекты при приемлемом уровне ошибок классификации, т.к. области одинаковой семантики находятся в разных яркостных диапазонах (Кузьмин, 2009).

Отделить движущиеся объекты от фона возможно, если известны модели объектов или модель фона, но в рассматриваемом случае априорной неопределенности относительно яркости искомым объектам нельзя задать их яркостные эталонные описания, в то время как фоновая составляющая сцены может быть оценена. Таким образом, на основании кадров видеосъемки наблюдаемого участка сцены строится попиксельная модель фона. В качестве алгоритма оценки яркостей пикселей фона применяется фильтр Калмана в направлении оси времени.

На основании сравнения кадра с моделью фона возможно выделение движущихся объектов и теней. При применении метода вычитания оценки фона из кадра возникает проблема раздробленности частей объектов. Для решения этой проблемы предлагается дополнять выделенные области информацией об их внутренних связях (переходах от одних частей объекта к другим) и границах (внешних контурах). Бинарные препараты «движущихся областей» и «движущихся контуров» объединяются с помощью операции «ИЛИ». В качестве алгоритма бинаризации используется собственный алгоритм (Кузьмин, 2009), принцип работы которого похож на критерий каменистой осыпи из факторного анализа.

После объединения препаратов следует этап постобработки, на котором повышается связность частей объектов и понижается уровень шума с помощью каскадов фильтров на основе порядковой статистики (Кузьмин, 2010).

Тени также могут быть обнаружены по уменьшению яркости участков текущего кадра относительно яркости оценки фона. Обнаруженные участки теней могут быть использованы для коррекции границ выделенных областей с объектами на изображении динамической составляющей (Кузьмин, 2007). Коррекция границ объектов приводит к более точному определению классов объектов (например, транспортных средств) и сглаживанию траекторий, что снижает также вероятность срывов сопровождения.

Таким образом, повышение точности выделения объекта достигается за счет:

а) объединения информации о «движущихся контурах» и «движущихся областях»; б) адаптивного алгоритма выбора порога бинаризации; в) каскадов фильтров на основе порядковой статистики; г) коррекции границ стробов с объектами.

Литература

Кузьмин С.А. (2009) Алгоритм выбора порога бинаризации для изображения межкадровой разницы// Научная сессия ГУАП: Сб. докл.: В 4 ч. Ч.II. Технические науки /СПбГУАП. СПб., 2009. С.54-56.

Кузьмин С.А. (2010) Повышение вероятности правильного обнаружения объектов в видеопоследовательности с помощью ранговых операторов // Науч-

ная сессия ГУАП: Сб. докл.: В 3 ч. Ч. II. Технические науки /СПбГУАП. СПб., 2010. С. 41-44.

Кузьмин С.А. (2007) Обнаружение теней и подавление импульсных помех в видеопоследовательностях// Материалы Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и инновации в технических университетах". СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. С.65.

УЛУЧШЕНИЕ ПАНОРАМНЫХ СНИМКОВ НА ОСНОВЕ СТАБИЛИЗАЦИИ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

М.Н. Фаворская, А.Г.Зотин, В.В. Буряченко

Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М.Ф. Решетнева

При проведении аэрофотосъемки, как правило, используются две стерео видеокамеры, которые осуществляют одновременную съемку местности. При этом требуется сформировать качественный панорамный снимок. Аналогичная задача возникает при съемке видеоматериалов с мобильных платформ, которые в общем случае могут быть оснащены несколькими (до 8) видеокамерами. Одной из проблем получения качественных панорамных снимков являются механические вибрации, возникающие во время движения мобильных систем. Основная цель стабилизации видео заключается в компенсации нежелательной вибрации вследствие механического дрожания и синтезе панорамных снимков, получаемых из нескольких видеопоследовательностей с учетом стабилизации траектории движения видеокамер. На основе стабилизированных панорамных снимков можно построить одну видеопоследовательность, пригодную для решения последующих задач видеообработки. Таким образом, задача разделяется на следующие подзадачи: стабилизация каждого видеопотока; построение панорамных изображений и улучшение качества панорамных изображений.

Задача стабилизации видеопотока решается на основе метода соответствия блоков (Block Matching). Получение вектора движения основано на сравнении блока предыдущего кадра с блоками текущего кадра, смещенными на несколько пикселей. Находится блок с минимальной разницей и величина смещения от центрального пикселя записывается в массив локальных векторов движения. Нахождение минимальной разницы между блоками осуществляется по формуле:

$$MD = \min(D(x, y)), \forall x, y \in 0 \dots N, \quad (1)$$

где MD - минимальная разница значений интенсивности; D – текущая разница значения интенсивности; x,y – строка и столбец массива; N – размерность массива.

При съемке видеопоследовательности с нескольких видеокамер для синхронизации, как правило, используются методы стереовидения, например линейной реконструкции изображения. Рассмотрим реализацию этой задачи при

помощи аппарата особых точек, где на каждом изображении $I_{(k)}$ выбираются особые точки $P_{(j,k)}$ и ищутся соответствующие им на изображениях $I_{(k)}$, $I_{(k+1)}$. Модель движения, использующего особые точки приведена в работе (Cai, J. Walker, R., 2009):

$$I(x, y, t + t) = I(x - x(x, y, t, t), y - h(x, y, t, t)) \quad (2)$$

где $d = (x, h)$ - вектор смещения; $I_{(x,y,t)}$ – изображение с координатами x, y .

Несмотря на то, что использование аппарата особых точек требует значительных временных затрат, преимуществом метода является высокая надежность определения смещений. Наиболее значимым отличием многопоточной съемки является больший обзор снимка местности, что дает возможность выбрать стабильную центральную часть изображения для любого кадра видеопоследовательности. На рисунке представлена схема построения результирующего изображения на основе двух исходных кадров.



Построение результирующего изображения на основе двух исходных кадров, полученных с разных видеокамер

Преимуществом данного подхода является большая зона охвата по сравнению со съемкой одной камерой, что позволяет избежать уменьшения разрешения при формировании видеопоследовательности во время стабилизации видео. Также данный метод позволяет использовать информацию из предыдущих кадров при аэрофотосъемке. Отличием данного метода от применяемых подходов к стабилизации видеопоследовательностей является низкая зависимость от методов определения движения, а также высокая устойчивость к наличию движущихся объектов в кадре.

Литература

Cai, J., Walker, R. (2009) Robust video stabilization algorithm using feature point selection and delta optical flow // IET Computer Vision, Vol.3, No.4, P.176-188.

АЛГОРИТМ МНОГОКАНАЛЬНОГО АВТОСОПРОВОЖДЕНИЯ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ГИСТОГРАММ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ЯРКОСТИ

Г.Г. Себряков, В.Н. Сошников, И.С. Кикин, А.А. Иштуин

ФГУП "Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем", Москва

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №10-08-01195-а).

В докладе рассматривается задача повышения показателей качества автосопровождения многоспектральных изображений наземных объектов в бортовой оптико-электронной визирной системе летательных аппаратов путём совершенствования адаптивного алгоритма многоканального дискриминатора сдвига, представленного авторами в работах [1] – [3]. Для вычисления сдвига изображения объекта алгоритм использует ядровую оценку плотности вероятности распределения яркостей точек изображения объекта, формируемую на основе гистограммы распределения яркостей. В качестве показателей качества автосопровождения в этих статьях и докладе используются точность и время бесрывного автосопровождения заданного числа объектов.

Гистограммная информационная модель не использует информацию о пространственном распределении координат совокупностей точек изображения, яркость которых находится в каждой из градаций яркости рассматриваемых гистограмм. Это позволяет обеспечить широкую область допустимых параметров обобщенного сдвига изображений объекта на смежных видеокадрах, и — устойчивость автосопровождения при изменении размеров, формы и ориентации сопровождаемого объекта. Поэтому гистограммная модель находит широкое применение при построении алгоритмов автосопровождения [4 – 5]. Основным недостатком таких алгоритмов является ухудшение показателей качества автосопровождения при близости гистограмм яркости точек изображений фона и сопровождаемого объекта.

Шаблонная информационная модель содержит информацию как о пространственном распределении точек изображений сопровождаемого объекта, так и о их яркости. Обычно применяемым на практике шаблоном является сами изображения объекта. На характер межкадровой трансформации изображения объекта накладываются жесткие ограничения. Эта информационная модель обеспечивает устойчивое автосопровождение малоконтрастных изображений при жестких ограничениях на точность прогноза межкадровой эволюции изображений сопровождаемых объектов.

Для формирования робастных алгоритмов автосопровождения перспективным представляется применение информационных моделей, объединяющих в себе указанные выше положительные свойства обоих описанных типов. К числу таких решений принадлежит пространственная гистограмма, предложенная в работах [6] – [7]. Пространственная гистограмма, в отличие от обычной,

содержит в себе информацию о координатах точек изображения, яркость которых находится в заданной градации яркостей (столбце обычной гистограммы). В качестве метода автосопровождения выбран метод сдвига среднего, который обеспечивает определение координат центра минимального описывающего прямоугольника (МОП) изображения объекта с использованием вероятностной весовой функции. При использовании обычных гистограмм эта функция придает большие веса координатам точек изображения, значения яркости которых ближе к значениям яркости преобладающего числа точек в эталонном изображении. При использовании пространственных гистограмм вероятностная весовая функция учитывает также вероятностные характеристики координат точек изображения, яркость которых находится в заданной градации яркостей.

В докладе приводятся описание предлагаемого алгоритма и результаты сравнения показателей качества автосопровождения при использовании в алгоритмах автосопровождения обычной и пространственной гистограмм. Показано, что модифицированный алгоритм обеспечивает (по сравнению с алгоритмом-прототипом) для рассмотренных экспериментальных последовательностей увеличение относительного времени беспрерывного сопровождения 4-х объектов на тестовых последовательностях в пределах 24 – 35 % и уменьшение среднего значения ошибки локализации сопровождаемого объекта на тестовых последовательностях в пределах 7 – 12 %.

Литература

1. Себряков Г.Г., Сошников В.Н., Кикин И.С., Ишутин А.А. Адаптивный алгоритм многоканального дискриминатора сдвига для автоматического сопровождения целей, «Вестник компьютерных и информационных технологий», №6 2011 г.
2. Себряков Г.Г., Сошников В.Н., Кикин И.С., Ишутин А.А. Адаптивный алгоритм комплексирования информации для многоканального автоматического сопровождения многоспектральных оптико-электронных изображений наземных объектов, доклад на XVII международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь» (RNLC-2011) 12-14 апреля 2011 г., г. Воронеж.
3. Себряков Г.Г., Сошников В.Н., Кикин И.С., Ишутин А.А. Многоканальный автомат сопровождения многоспектральных оптико-электронных изображений наземных объектов, доклад на юбилейной научно-технической конференции ГосНИИАС «Моделирование авиационных систем» 12-14 апреля 2011 г., г. Москва
4. D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer. Kernel-based object tracking. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 25(5): 564–577, May 2003.
5. R. T. Collins. Mean-shift blob tracking through scale space. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2003.

6. C. O. Connaire, N. O'Connor, and A. F. Smeaton., "An improved spatiogram similarity measure for robust object localisation," in ICASSP 2007 - IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2007.

7. S.T. Birchfield, and S. Rangarajan, Spatial Histograms for Region-Based Tracking, ETRI Journal, vol.29, no.5, Oct. 2007, pp.697-699.

КАСКАДНЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА В ВИДЕОПОТОКЕ

Е.В. Шальнов, В.А. Кононов, В.С. Конушин, А.С. Конушин

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Лаборатория Компьютерной Графики и Мультимедиа, Москва

Во многих системах видеонаблюдения требуется отслеживать лицо в видеопотоке в реальном времени. Вычислительная сложность алгоритма отслеживания лиц в таких системах имеет критическое значение. Лишь небольшая часть вычислительных ресурсов может быть потрачена на отслеживание, остальные же необходимы для решения других задач, например, как распознавание человека по лицу. Но в то же время алгоритм должен позволять устойчиво отслеживать лицо человека на как можно более длинных промежутках времени, что позволит, например, уменьшить количество обращений к функциям распознавания. Таким образом, необходимо иметь возможность объединить вычислительную эффективность алгоритма отслеживания с низкой вероятностью потери объекта слежения.

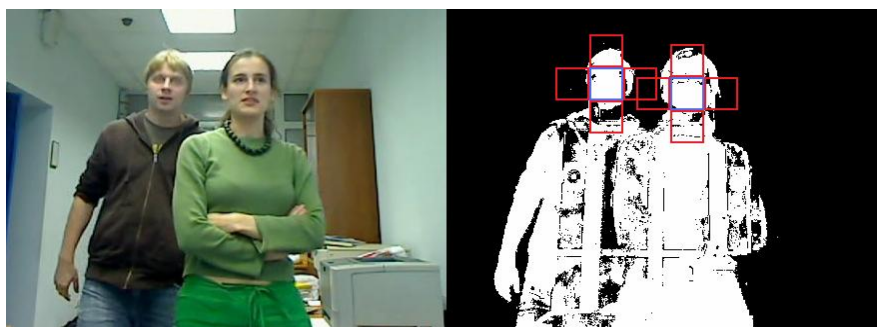
Большинство из существующих вычислительно эффективных алгоритмов отслеживания объектов, таких как сопоставление шаблонов через кросс-корреляцию или метод на основе сдвига среднего, надежно работают только при соблюдении определенных условий, при нарушении которых отслеживаемый объект теряется. Поскольку оптимальные условия работы для каждого алгоритма отличаются, то объединив несколько алгоритмов в каскад, можно получить более надежный, но столь же вычислительно эффективный алгоритм.

В работе (B. Stenger, T. Woodley, R. Cipolla. 2009) был предложен метод объединения алгоритмов слежения в каскад на основе обучения оценки надежности слежения. Поскольку в разных алгоритмах слежения используется разные метрики оценки качества своей работы, то на этапе обучения на эталонной выборке вычисляется зависимость между метрикой качества работы каждого метода и надежностью слежения. Слежение переключается на другой алгоритм в каскаде, когда оценка надежности слежения предыдущего алгоритма опускается ниже порога.

В нашей работе предлагается каскадный алгоритм для отслеживания лица человека в видеопотоке, основанный на методе (B. Stenger, T. Woodley, R. Cipolla. 2009). В качестве базовых алгоритмов отслеживания лица мы использу-

ем кросс-корреляцию шаблонов и алгоритм на основе сопоставления областей по цвету с использованием фильтра частиц.

Также мы предлагаем дополнить каскад новым алгоритмом для отслеживания лица, использующим маску переднего плана. Маска фигуры человека имеет характерную форму в том случае, когда область головы человека не перекрыта посторонними объектами или другим человеком. В этом случае можно оценить количество пикселей переднего плана, которые находятся в области лица человека и в его окрестности. На основе этой информации можно быстро и качественно отслеживать голову человека, когда фоновое изображение меняется незначительно (см.рисунок).



Исходный кадр видеопоследовательности и маска переднего плана

Предложенный алгоритм позволяет отслеживать голову человека в ситуациях, когда другие алгоритмы теряют лицо. Такое происходит, например, в случае, когда человек отворачивается. За счет использования интегральных изображений можно добиться скорости отслеживания достаточной для систем видеонаблюдения реального времени.

Каскадный алгоритм отслеживания лица в видеопотоке с использованием на одном из этапов маски переднего плана позволяет решать задачу с одной стороны вычислительно эффективно, а с другой стороны уменьшает вероятность потерять отслеживаемые лица.

Работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ №11-01-00957-а.

Литература

B. Stenger, T. Woodley, R. Cipolla. (2009) Learning to Track with Multiple Observers// CVPR, 2009

O. Barnich, M. Van Droogenbroeck. (2009) ViBe: A powerful random technique to estimate the background in video sequence// ICASSP, 2009

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ПОИСКА ЛИЦ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

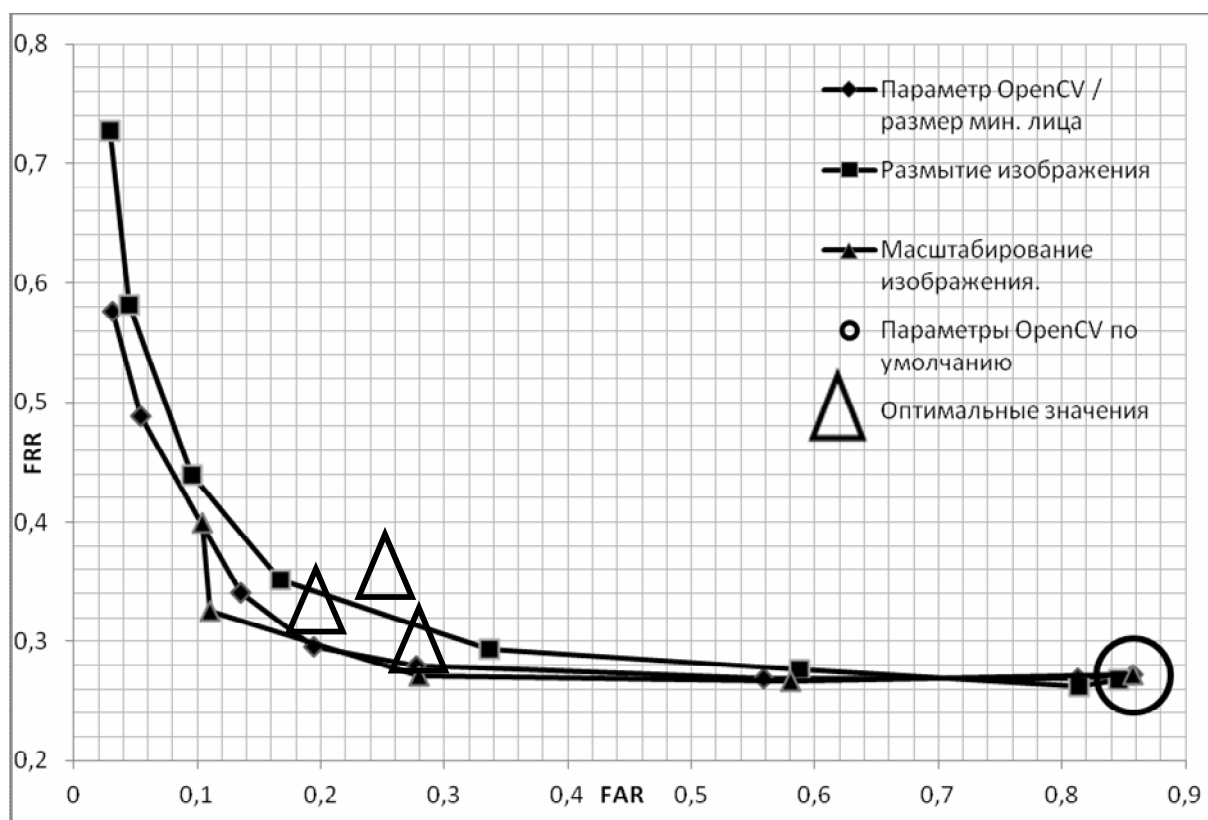
Н.А. Дегтярёв, О.А. Кушнир, О.С. Середин

Тульский государственный университет

В последнее время качество цифровых фотографий повышается за счёт увеличения их разрешения. С точки зрения обычного человека, увеличение количества точек на фотографии приводит к их визуальному улучшению, т.е. увеличению количества деталей, улучшению глубины изображения и т.д. В то же время, алгоритмы поиска объектов (в частности лиц) на изображениях, нашедшие широкое применение в социальных сетях, в кодировании и сжатии видео, системах автоматического наблюдения, работают существенно дольше на изображениях высокого разрешения. Это обусловлено увеличением числа областей подлежащих анализу, числа особых точек и т.п. Так же, в рамках сравнительного тестирования алгоритмов поиска лиц на изображениях (Degtyarev), проведённого авторами, было установлено, что с увеличением разрешений изображений в тестовой базе ухудшаются показатели качества детектирования и локализации лиц на изображениях, как содержащих, так и не содержащих лица.

Для объяснения этого факта мы выдвинули две гипотезы: первая - увеличение числа деталей на изображениях высокого разрешения приводит к увеличению числа ложных срабатываний детекторов; вторая - наличие «шумовых лиц» на изображениях, например, отражений лица фотографа в зрачках фотографируемого человека, на запонках и т.п. значительно влияет на показатели качества детектирования.

Экспериментальная проверка этих гипотез заключается в рутинном поиске лиц на существенной базе изображений алгоритмом, предложенным П. Виолой и М. Джонсом (Viola) и реализованном в OpenCV 2.1. Этот алгоритм был выбран, потому что он имеет наилучшие показатели качества детектирования лиц на изображениях из некоммерческих/широкодоступных алгоритмов (Zhang; Degtyarev). Для проверки первой гипотезы производилось предварительное сглаживание (т.е. находилась свёртка изображений с функцией Гаусса с различными σ). Для проверки второй гипотезы изменялся параметр настройки алгоритма, ответственный за предполагаемый размер искомого лица. Для проверки влияния размера изображений на качество и скорость поиска лиц, исходные изображения масштабировались в сторону уменьшения в кратное число раз. Графическое представление результатов тестирования, в виде зависимостей ошибки первого рода (FRR) от ошибки второго рода (FAR), приводится на рисунке.



Зависимость FRR от FAR при различных условиях поиска;
оптимальные параметры выделены треугольниками

В рамках данной работы было установлено, что главными помехами в поиске объектов на изображениях высокого разрешения является переизбыток деталей и наличие «шумовых» лиц на них. Наилучшим способом для устранения этих помех является масштабирование изображений примерно до 320x240-640x480 пикселей. При таком разрешении удаётся заметно увеличить скорость поиска объектов на изображениях, снизить ошибки первого и второго рода, уменьшить объём памяти, занимаемой базой изображений.

Литература

Degtyarev, N., Seredin, O.: Comparative Testing of Face Detection Algorithms. In: Elmoataz, A., Lezoray, O., Nouboud, F., Mammazz, D., Meunier, J. (eds.) ICISP 2010. LNCS, vol. 6134, pp. 200 209, Springer, Heidelberg (2010).

Viola, P., Jones, M.J.: Robust Real-Time Face Detection. International Journal of Computer Vision 57, pp. 137 154 (2004).

Zhang, C., Zhang, Z.: A Survey of Recent Advances in Face Detection , Microsoft Research Technical Report #MSR-TR-2010-66, pp.17, (2010).

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ВИОЛЫ-ДЖОНСА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ДОРОЖНОЙ СЕТИ НА КОСМОСНИМКАХ

К.В. Костоусов, Д.С. Перевалов

Институт Математики и Механики УрО РАН, Екатеринбург

В настоящее время геоинформационные системы (ГИС) и результаты их работы используются во многих сферах человеческой деятельности. Одним из основных источников входных данных ГИС являются цифровые космические снимки земной поверхности высокого разрешения. В то же время, многие задачи анализа таких снимков являются весьма трудоёмкими и решаются сейчас в ручном или полуавтоматическом режиме человеком-оператором. В связи с этим одна из актуальных задач – автоматическое выделение дорожной сети (Mena J.B., 2003).

Во всех методах выделения дорожной сети как правило так или иначе используется локальная модель дороги. Алгоритм бустинга, возможно, является одним из перспективных способов ее построения. Например, в работе (Y. Wang, Y. Tian, X. Tai, and L. Shu, 2006) алгоритм бустинга был успешно применен для поиска фрагментов дорог; при этом использовались специальные признаки, такие как локальный бинарный паттерн (LBP), доля покрытия светлыми линиями, согласованность направлений.

В работе исследуется применимость алгоритма бустинга с Хааровскими признаками, известного как алгоритм Виолы-Джонса (Viola P., Jones M., 2002), к выделению локальных участков дорог. Хотя этот алгоритм был изначально разработан для распознавания лиц, имеется опыт его успешного применения и для поиска других, невыпуклых объектов. (Корнилов Ф.А., Костоусов К.В., Перевалов Д.С., 2010).

Алгоритм Виолы-Джонса не инвариантен к повороту объектов. Поэтому фрагменты дорожной сети, используемые для обучения, мы поворачиваем так, чтобы дорога шла горизонтально. Соответственно, при нахождении фрагментов дорог, перебираются всевозможные углы поворота, см. рисунок.

В докладе излагаются результаты исследования качества работы алгоритма при различных значениях параметров: величины перекрытий эталонных фрагментов, размера и формы сканирующего окна и симметризации. Приводятся результаты сравнения качества с другими алгоритмами.



Пример нахождения фрагментов дороги при помощи алгоритма Виолы-Джонса. Слева: фрагменты дороги, использовавшиеся для обучения; справа: обнаруженные фрагменты дороги

Литература

Mena J.,B. (2003) State of the art on automatic road extraction for GIS update: a novel classification// Pattern Recognition Letters. 2003, Vol.24, pp. 3037--3058.

Y. Wang, Y. Tian, X. Tai, and L. Shu (2006) Extraction of main urban roads from high resolution satellite images by machine learning// Lecture Notes in Computer Science, vol. 3851, pp. 236-245, 2006.

Viola P., Jones M. (2002) Robust Real-time Object Detection. Int. J. of Computer Vision, N.2, Vol. 57, 2002, pp. 137-154.

Корнилов Ф.А., Костоусов К.В., Перевалов Д.С. (2010) Поиск изображений антропогенных объектов в траве методом Виолы-Джонса // Экстремальная робототехника. Труды международной конференции, Санкт-Петербург, 2010, С. 314-318.

РАЗЛИЧЕНИЕ 3D ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ПО ИХ ПЛОСКИМ ПРОЕКЦИЯМ НА ПОДСТИЛАЮЩУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Я.А. Фурман, Р.В. Ерусланов, И.Л. Егошина

Марийский государственный технический университет

В докладе рассмотрены теоретические подходы к различению и оценке параметров трехмерных объектов многогранной формы, расположенных на трехмерной подстилающей поверхности, по их проекциям на данную поверхность.

Предполагается, что 3D объект W расположен на плоской подстилающей поверхности P , освещаемой источником света, расположенным в полюсе S_1 .

Он удален от объекта W настолько, что падающие на объект лучи можно считать параллельными. За объектом на поверхности P образуется его проекция в виде изображения тени W_1 с постоянной яркостью. Аналогично, когда источник оказывается в полюсе S_2 , на поверхности P формируется изображение тени W_2 этого же объекта и т.д. Угловые положения полюсов S_n заданы направляющими векторами d_n линии визирования (проецирования) объекта W , $n=1,2,\dots$. Задача заключается в получении координат точек на поверхности объекта W , причем заданными считаются серии теней $\{W_n\}$ и направляющих векторов $\{d_n\}$ линий визирования $n=1,2,\dots$. Ключевой проблемой при решении подобных задач является проблема обнаружения на проекциях W_1 и W_2 сопряженных точек (СТ) $w_1(n)$ и $w_2(n)$, являющихся идентичными точкой $w(n) \in W$.

Показано, что существуют прямые линии, названные экстремальными, пересекающие изображения проекций $w_1(n)$ и $w_2(n)$, на которых расположены пары СТ. На основании того, что проецировании точек объекта W прямая линия на его поверхности отображается прямолинейным участком контура изображения, разработан метод обнаружения СТ на фрагментах контуров уголкового формы. Остальные СТ находятся путем интерполирования ранее обнаруженных сопряженных точек (Фурман и др.1, 2011, Фурман и др.2, 2011).

После построения многогранного изображения объекта W решается задача построения его математической модели. Она представляет пространственный полигональный контур (проволочная модель), единственным образом проходящий через все вершины изображения объекта (Фурман, 2008). Элементарные векторы проволочной модели кодируются векторными кватернионами.

Следующей задачей является различение объекта W . Предполагается, что на подстилающей поверхности могут находиться объекты из некоторого алфавита $A = \{A_n\}_{n=0}^{M-1}$, одним из которых является объект $W^{(1)}$. Он отличается от восстановленного объекта W параметрами угловой ориентации и отсутствием искажающих его форму шумов. Все объекты алфавита $A = \{A_n\}_{n=0}^{M-1}$ заданы своими проволочными моделями $\{Z_n\}_{n=0}^{M-1}$. Необходимо принять обоснованное решение о классе объекта W по его восстановленному изображению. Задача различения объекта W является двухэтапной процедурой. На первом этапе выполняется угловое согласование проволочной модели Z с моделями Z_n , $n=0,1,\dots,M-1$ (Фурман и др.4, 2011). На втором этапе вычисляется значение меры схожести в виде нормированного скалярного произведения (Z, Z_n) , $n=0,1,\dots,M-1$, по величине которого и принимается решение о классе восстановленного изображения W (Фурман и др. 2003).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07-01-00058а).

Литература

Фурман Я.А., Ерусланов Р.В. (2011) Контурный анализ задачи восстановления координат точек 3D объекта по серии изображений его теней // М.: Нелинейный мир, 2011. Т8. С. 482-486.

Фурман Я.А., Ерусланов Р.В., Егошина И.Л.(2011) Восстановление координат точек на поверхности объекта по серии изображений его теней // Журнал «Автометрия», 2011. №6 Т.47. С. 16-27.

Фурман Я.А. Рябинин К.Б., Красильников М.И. (2008) Проволочная модель пространственного группового точечного объекта // Автометрия. №3. 2008. С. 3–16.

Фурман Я.А. (2011) Согласование кватернионных сигналов по угловым параметрам //Проектирование и технология электронных средств. 2011. №1. С.12-15.

Фурман Я.А. и др. (2003) Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов // 2-е изд., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 592с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ БЫСТРОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ДЫМА В ВИДЕОПОТОКЕ

А.А.Маленичев, О.В.Красоткина

Тульский государственный университет

Основным требованием при детектировании дыма на газоперекачивающих станциях является необходимость раннего обнаружения аварийной ситуации. Большинство современных химических детекторов дыма для обеспечения быстрого выявления задымленности должны находиться от источника дыма достаточно близко, что трудно обеспечить в таких больших помещениях, как подангарное пространство. Хорошей альтернативой традиционным химическим сенсорам в данном случае является организация системы видеоконтроля задымленности помещения. Система видеоконтроля задымленности в отличие от точечного датчика дыма является объемным сенсором и позволяет кроме факта возникновения дыма в помещении, определить степень задымленности, число областей задымления, контуры и размеры областей задымления.

Первым этапом при обработке видеопотока является балансировка цветовой схемы изображений, составляющих видео поток. Для этого вычисляется среднее значение каждой R,G,B цветовой компоненты изображения с целью получения реального уровня серого цвета изображения.

Следующим этапом обработки видеопотока является выделение на кадрах областей дыма. Эта процедура осуществляется в несколько шагов. Во-первых, для определения дыма используются цветовые характеристики областей задымления. Известно, что дым имеет цвет от светло- до темно-серого. Это свойство используется для выделения на изображениях потенциальных областей дыма, в которых интенсивности цветовых компонент находятся в соотно-

шении $\begin{cases} R - G < T \\ G - B < T \\ R - B < T \end{cases}$, где T - порог, настраиваемый по обучающему набору видео-
файлов.

Естественно, использование цветовой характеристики для локализации областей задымления недостаточно. Другой характерной чертой дыма является то, что области задымления не находятся в неподвижном состоянии, а постоянно перемещаются и меняют свои очертания. Поэтому следующим этапом обнаружения областей задымления является обнаружение на кадрах видеопотока движущихся объектов.

Процедура обнаружения движущихся областей осуществляется с помощью процедуры рекуррентного пересчета фонового изображения в последовательности видеок кадров. Движущиеся объекты на изображении затем определяются с помощью вычитания каждой цветовой компоненты кадра изображения из фонового и отсечения по порогу. Величина порога подбирается по обучающей последовательности видеороликов.

Области дыма затем оцениваются на основании совмещения движущихся областей изображения и областей изображения, цветовые компоненты которых соответствуют серому цвету.

Характерной чертой дыма является сглаживание граней объектов, находящихся за областью задымления. Данное явление сильно влияет на изменение энергии спектра кадра, по сравнению с фоном.

Применяя разложение в спектр Фурье к фильтрованному сигналу можно определить его энергию, которая равна сумме коэффициентов при разных частотах гармоник спектра. Взяв отношение энергий текущего кадра и фона, получим коэффициент отличия энергий спектров. В случае если на сцене имеется область дыма, то грани объектов сглаживаются не сильно и данный коэффициент принимает не слишком большие значения. В противном случае, если на сцене присутствует непрозрачный движущийся объект, то грани объектов за ним вовсе перекрываются и коэффициент отличия энергий принимает большие значения. Диапазон допустимых значений подбирается по обучающей последовательности видеороликов.

Другой характерной чертой областей задымления является то, что он распространяется в основном вверх со вполне определенной скоростью. Кроме того, особенностью областей дыма является наличие завихрений, мгновенной мерой оценки которых является функция турбулентности

$$\Omega(t) = \frac{P(t)}{2\sqrt{p \cdot A(t)}}, \quad (1)$$

где $P(t)$ - периметр области дыма, а $A(t)$ - ее площадь.

Для определения периметра области задымления на каждом кадре видеопотока производится оценивание контуров областей задымления с помощью процедуры медианной фильтрации изображений, составляющих видеопоток после локализации на них областей дыма.

Для видеосистем детектирования дыма основным требованием является как можно более раннее обнаружение появления дыма, Для этого определяется производная функции турбулентности

$$\frac{d\Omega(t)}{dt} = \frac{2P'(t)A(t) - P(t)A'(t)}{4\sqrt{p} \cdot A(t)^{3/2}}, \quad (2)$$

характеризующая степень изменения турбулентности. Достаточно большие значения производной данной функции будут соответствовать моменту возникновения и началу распространения дымовой завесы. Момент возникновения дыма определяется как превышение некоторого порога кумулятивной суммой значений функции. Порог настраивается по обучающей последовательности видеофайлов.

Литература

1. Collins R. T., Lipton A. J., Kanade T. “A System for Video Surveillance and Monitoring” / Proc. of American Nuclear Society 8th Int. Topical Meeting on Robotics and Remote Systems. – Pittsburgh: PA, Apr. 25-29, 1999.

РАСПОЗНАВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЯ СОПРЯЖЁННОСТИ

Р.К. Захаров, В. А. Фурсов

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Предполагается, что имеется M изображений каждого из K объектов. Каждое изображение представляется вектором $x = [x_1, x_2, \dots, x_N]^T$ размерности N , где x_1, x_2, \dots, x_N — признаки. Векторы, соответствующие изображениям одного объекта, составляют класс. Совокупность векторов признаков всех классов образует обучающую выборку. Решение задачи распознавания состоит в конструировании решающей функции $f: R^N \rightarrow \{0, 1, \dots, K\}$, которая каждому вектору x ставит в соответствие некоторый класс. Для уменьшения числа неправильных классификаций вводится также класс с номером 0, соответствующий отказу в распознавании.

Качество распознавания, зависит от выбора системы признаков. Наряду с выбором системы признаков большую роль играют также используемая при распознавании мера близости и построенное на ее основе решающее правило. Известны и широко используются следующие меры близости для анализа изображений: евклидово расстояние, расстояние по Чебышеву, манхэттенская метрика, расстояние Махаланобиса, расстояние по Камберру, расстояние Хаусдорфа. В работе [3] предложен классификатор, основанный на использовании в качестве меры близости так называемого показателя сопряженности. Сравнительные исследования этого классификатора с другими, построенными на других

мерах близости, показали его эффективность в задаче распознавания лиц [3].

В работе проводится эксперимент по распознаванию дорожных знаков различными метриками, рассматриваются семь различных метрик, которые сравниваются по числу ложных срабатываний на тестовом наборе данных, алгоритмы полностью протестированы на базе данных дорожных знаков German Traffic Sign Recognition Benchmark (GTSRB).

Ниже описание используемых метрик:

Мера Евклида $d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}$, x и y – это вектора размерности N

Мера Манхэттена $d(x, y) = \sum_{i=1}^N |x_i - y_i|$, x и y – это вектора размерности N

Расстояние Махаланобиса $d(x, y) = (x_m - x)((X_K - x_m)(X_K - x_m)^T)^{-1}(x_m - x)$, X_K – это k -ый класс, x_m – средний вектор k -го класса, x – тестовое изображение

Расстояние Чебышева $d(x, y) = \max_i |x_i - y_i|$, x и y – это вектора размерности N

Расстояние Камберра $d(x, y) = \sum_{i=1}^N \frac{|x_i - y_i|}{|x_i + y_i|}$, x и y – это вектора размерности N

Показатель сопряжённости $R(X_k, x) = \frac{x^T X_k [X_k^T X_k]^{-1} X_k^T x}{x^T x}$, X_K – это k -ый класс, x – это тестовое изображение.

Расстояние Хаусдорффа $H(X, Y) = \max\{\sup_{x \in X} \inf_{y \in Y} \|XY\|, \sup_{y \in Y} \inf_{x \in X} \|XY\|\}$, где $\|XY\|$ это расстояние между векторами, к примеру, Евклидово расстояние, а X и Y это два множества или изображений.

Метрики тестировались на трех тестовых наборах данных из 1000 изображений 2000 изображений и 4000 изображений. Для обучения были взяты следующие обучающие выборки из 5-ти 10, 15, 20, 25 и 30 тестовых векторов. Все метрики сравниваются между собой и сравниваются с реализацией распознавания на машине опорных векторов.

Литература

Козин, Н.Е. Поэтапное обучение радиальных нейронных сетей [Текст] / Н.Е. Козин, В.А. Фурсов // Компьютерная оптика. 2004. № 26. С. 136-139.

Козин, Н.Е. Построение классификаторов для распознавания лиц на основе показателей сопряженности [Текст] / Н.Е. Козин, В.А. Фурсов // Компьютерная оптика. 2006. № 28. С. 160-163.

Козин, Н.Е. Распознавание лиц по показателям сопряженности в пространстве суммирующих инвариантов [Текст] / Н.Е. Козин, В.А. Фурсов // Компьютерная оптика. 2008. Том 4, № 32.

РАСПОЗНАВАНИЕ ЗНАКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ОБУЧЕНИЕМ НА СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

А.А. Чигорин, А.А. Конев, Г.Р. Кривовязь, А.Б. Велижев, А.С. Конушин

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Лаборатория Компьютерной Графики и Мультимедиа, Москва

Автоматическое распознавание дорожных знаков может быть использовано при производстве навигационных карт, в системах помощи водителю или в управлении дорожной инфраструктурой. В первом случае знание положения знаков дорожного движения, их ориентации и класса позволит автоматизировать построение дорожного графа, во втором позволит информировать водителя о текущей ситуации на дороге, в третьем – поддерживать придорожную инфраструктуру в работоспособном состоянии.

В лучших на сегодняшний день методах используются алгоритмы машинного обучения, которым требуется обучающая выборка большого размера. Чтобы собрать такую выборку нужно просмотреть изображения или видео десятков километров дорог. Поэтому в данной работе мы исследовали возможность обучения алгоритма распознавания дорожных знаков на синтетических данных и предложили алгоритм для генерации синтетических изображений знаков. На вход алгоритму подаются фронтальные пиктограммы знаков. Данные пиктограммы подвергаются набору трансформаций, который может быть описан с помощью двенадцати параметров – яркость, насыщенность, повороты вокруг трех осей, уровень размытия, отступы от четырёх сторон изображения, размер, уровень шума.

Большинство существующих методов распознавания дорожных знаков можно вписать в следующую трёхэтапную схему: обнаружение знака на изображении, уточнение положения знака и сегментация фона, распознавание класса знака. Уточнение положения может быть полезно, если обрабатываются результаты детектора, который зачастую выдаёт несколько детекций вокруг объекта интереса. Удаление фона может существенно повысить точность распознавания класса знака.

В данной работе мы предлагаем алгоритмы для осуществления всех вышеописанных этапов. Для обнаружения знаков мы придерживаемся общей схемы построения детектора Виолы-Джонса (Viola, Jones, 2004) на основе каскада классификаторов, обучаемых с помощью бустинга. Но, в отличие от Виолы-Джонса, мы обучаем детектор на синтетических данных и используем признаки, описывающие разные свойства изображений – цвет, форму и текстуру. Это позволяет построить более эффективный классификатор (как по времени, так и по точности работы). Метод был протестирован на общедоступной базе бельгийских знаков, состоящей более чем из 4000 изображений. Для запрещающих и предписывающих знаков точность составила 96.5% и 95.5% соответственно, при 10^{-9} ложных срабатываний на окно детектора.

Для распознавания класса знака нами предложен двухэтапный алгоритм

на основе поиска ближайшего соседа среди синтетических изображений, описанных с помощью HOG-дескриптора (Dalal, Triggs, 2005). На первом этапе происходит поиск примерного набора трансформаций знака, а также маски, отделяющей его от фона. Далее знак вырезается по маске, что позволяет удалить фон и отступы по краям изображения. Это позволяет произвести более плотное сэмплирование синтетических изображений в окрестности трансформаций обрабатываемого знака. Класс знака определяется как класс его ближайшего соседа в пространстве HOG-дескриптора по Евклидовой мере расстояния. Мы протестировали предложенный нами метод на трёх общедоступных базах, содержащих немецкие, бельгийские и шведские знаки. Полученные результаты представлены в таблице.

Результаты распознавания знаков

Страна	Количество изображений в базе	Количество классов знаков	Точность распознавания
Германия	12000	43	95.49%
Бельгия	2534	62	97.04%
Швеция	2796	18	98.17%

Литература

Viola P., Jones M.J. (2004) Robust Real-Time Face Detection // International journal of computer vision, 2004, P.137-154.

Dalal N., Triggs B. (2005) Histograms of oriented gradients for human detection // Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition'2005, San Diego, 2005, USA, P.886-893.

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОБНАРУЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕСОПРОВОЖДЕНИЯ

В.С. Муравьев, С.И Муравьев

Рязанский государственный радиотехнический университет

В последние десятилетия комплексы обработки изображений реального времени активно применяются в составе систем автоматического сопровождения воздушных объектов, наблюдаемых на фоне ясного или облачного неба, с целью решения задач их обнаружения и оценки параметров. В качестве объектов интереса могут выступать самолеты, вертолеты, беспилотные летательные аппараты, ракеты.

Необходимо отметить, что ранее для этих целей использовались преимущественно радиолокационные станции (РЛС). Однако им свойственны существенные недостатки, что требует поиска и внедрения новых подходов. Преодолеть многие проблемы возможно путем использования современных телевизи-

онных и тепловизионных датчиков для получения изображения объекта с последующей компьютерной обработкой и анализом видеоинформации.

В [Shah M. and others (2003)] рассматриваются алгоритмы, позволяющие обнаруживать малоразмерные воздушные объекты, однако они преимущественно ориентированы на обработку изображений, получаемых с тепловизионных датчиков, и часто не способны эффективно обнаруживать протяженные объекты. Разработанные в [Алпатов Б.А. и др., 2008] алгоритмы обнаружения ориентируются на использование предварительной процедуры компенсации геометрических искажений изображений, вызванных смещением поля зрения видеодатчика. Однако при наблюдении объектов на относительно однородном фоне возникает проблема оценивания параметров геометрических преобразований с требуемой точностью, что в итоге приводит к ухудшению качества решения рассматриваемой задачи. Таким образом, разработка эффективных алгоритмов выделения, обнаружения и оценки параметров воздушных объектов до настоящего времени остается весьма актуальной задачей.

В ситуациях, характеризующихся априорной неопределенностью и пространственной изменчивостью наблюдаемых изображений, целесообразно использовать адаптивные методы обработки информации, в которых осуществляется автоматическая оптимизация параметров и структуры алгоритма относительно текущих характеристик фона (Муравьев В.С., Муравьев С.И., 2011). При наблюдении воздушных объектов в качестве фоновой составляющей может рассматриваться облачное небо с перепадами яркости. Для описания подобного фона предлагается использовать авторегрессионную модель. Компенсировав фоновую составляющую, становится возможным отделить объект от остаточного шума.

В работе представлен алгоритм выделения и обнаружения воздушных объектов, основанный на оценивании параметров введенной авторегрессионной модели фона с помощью процедуры адаптивной пространственной фильтрации. На основе данного подхода разрабатывается модифицированный вариант алгоритма, пригодный для оценивания параметров авторегрессионной модели фона со скользящим средним. С целью выявления преимуществ и недостатков разработанного подхода проводились его сравнительные экспериментальные исследования. Проверка осуществлялась с использованием естественных видеопоследовательностей продолжительностью до нескольких тысяч кадров, снятых в ТВ и ИК спектральных диапазонах. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о возможности использования предложенного алгоритма для обработки видеопоследовательностей, содержащих облачный фон, в системах видеосопровождения объектов реального времени.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (госконтракт № 16.740.11.0519).

Литература

1. Shah M. and others. (2003) Target tracking in airborne forward looking infrared imagery // Image and Vision Computing, №21, 2003. pp. 623-635.

2. Алпатов Б.А. и др. (2008) Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление /М.,2008.176 с.

3. Муравьев В.С., Муравьев С.И. (2011) Адаптивный алгоритм выделения и обнаружения воздушных объектов на изображениях // Информационно-управляющие системы, №5, 2011. С. 8-14.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ В ЗАДАЧАХ НАЗЕМНОЙ ЛЕСНОЙ ТАКСАЦИИ

Ю.А. Ипатов

ФГБОУ ВПО «Марийский государственный технический университет»

На сегодняшний день методы и подходы технического зрения способны частично или полностью заменить человека при решении таких задач как обнаружение, распознавание и измерение параметров объектов на сложном статистически неоднородном фоне. Так в области лесной таксации можно выделить два научно-технических направления: первое использует крупномасштабные (данные ДДЗ, аэрофотосъемка) и второе мелкомасштабные (снимки наземной лесной таксации) изображения.

Для первого направления созданы и широко применяются на практике автоматизированные решения: аппаратно-программные средства, реализующие методы цифровой обработки изображений и распознавания образов [1]. Для второго направления в лесном комплексе страны для определения таксационных параметров: относительная полнота древостоя, процент проективного покрытия растений и освещенность верхнего яруса леса удалось разработать адекватные математические модели цифровых изображений и синтезировать оптимальные алгоритмы обнаружения заданных визуальных параметров [2,3].



Маршрут наземной таксации для измерений в заданном выделе

В работах по лесной таксации, исследуемую территорию принято разбивать на лесные кварталы и составные части – выделы. Для быстрого и эффективного осуществления работ необходимо, определить маршрут наземной лесной таксации и точно знать параметры выдела, такие как ширина и длина выдела, шаг измерений. На рисунке представлена схематическая карта выдела с основными параметрами, которые необходимо знать для проведения таксационных работ. В каждой точке маршрута осуществляется фотосъемка определен-

ных сцен [2] и измерение точных координатно-временных данных[4].

Для решения задачи автоматизированного расчета маршрутов наземной таксации, рассчитывается: длина и ширина лесного выдела (в метрах), шаг (в метрах), начальную точку измерений (географические координаты по GPS/ГЛОНАСС) и направление маршрута (географические направления, например северо-восток).

Созданный подход обеспечивает статистическую достоверность результатов измерений на заданных выделах и пробных площадях, по входным параметрам. Использование данного метода упрощает, и ускоряет работы таксаторам, а также обеспечивает хорошую систематизацию получающихся данных. Для цифровых изображений, полученных в точках замера по маршруту (см.рисунок) предусмотрена интеграция данных полученных со спутниковых радионавигационных систем по протоколу EXIF. Такую возможность обеспечивают современные цифровые аппараты со встроенными и внешними GPS/ГЛОНАСС приемниками или же КПК с соответствующим модулем. Существует разный тип радионавигационного оборудования, обеспечивающих получение координатно-временных данных. Однако для разрабатываемого программного комплекса, существуют функциональные и технические требования, которые будут влиять на конечную производительность системы.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-2636.2011.9.

Литература

1. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений // М. Техносфера, 2010. 582 с.
2. Ипатов Ю.А. Автоматизированная классификация сцен наземной лесной таксации с использованием статистического анализа текстур//Сб. докладов 15-й Всероссийской конференции «Математические методы распознавания образов» г. Петрозаводск. – М.: МАКС Пресс, 2011. – С.575-577.
3. Кревецкий А.В., Ипатов Ю.А. Комплексированное оптико-локационное обнаружение и оценка параметров объектов наземной лесной таксации// Успехи современной радиоэлектроники. Радиотехника. – 2011. №5. – С. 56-60.
4. Использование GPS в лесной сертификации// ЛесПромИнформ, 2007, №1(41).

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ, РАСПОЗНАВАНИЕ И СОПРОВОЖДЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ФОРМЫ СИЛУЭТА

К.Б. Саниев

Московский научно-исследовательский телевизионный институт

Под обнаружением, распознаванием – идентификацией и сопровождением - отслеживанием объектов здесь будем понимать одну и ту же функцию обработки и анализа сигнала, состоящую в выделении на всём изображении – рас-

тре (видеокадре) фрагмента, соответствующего конкретному объекту (классу объектов). Будем называть эту функцию «различением» объектов.

Наиболее информативным признаком для различения объектов на изображениях представляется форма их силуэта. Под силуэтом понимается подмножество отсчётов сигнала – пикселей, составляющих изображение данного объекта. Показателями формы являются некоторые числовые параметры, вычисляемые на бинарном изображении силуэта.

Проблема автоматического различения объектов по форме состоит в отыскании набора параметров, достаточных для различения структурно сложных силуэтов, как, например, цифры и буквы различных алфавитов. Ключевыми в этом плане представляются описания внутренних областей («окна-1») силуэта и его периферийных «выступов» («окна-2»). Для описания внутренних областей силуэта достаточными оказываются данные об общем количестве «окон-1»; количестве «окон-1», ранжированных по размеру на «большие», «средние» и «малые», и данные о расположении всех типов «окон-1» в виде координат центров тяжести «окон», приведённых к сетке 3×3 габаритного прямоугольника.

Формализованное описание «выступов» предлагается строить так же на основе перечисления фрагментов силуэта в краевой и срединной зонах габаритного прямоугольника (рис. 1).

Предлагаемый подход к различению объектов по форме был реализован в комплексе видеонаблюдения с распознаванием лиц и автономеров (рис. 2); макете OCR-классификатора символов арабских цифр, кириллицы и латиницы (рис. 3) и предварительном эксперименте по обнаружению и сопровождению на траектории объектов класса «промышленные сооружения» (рис. 4).

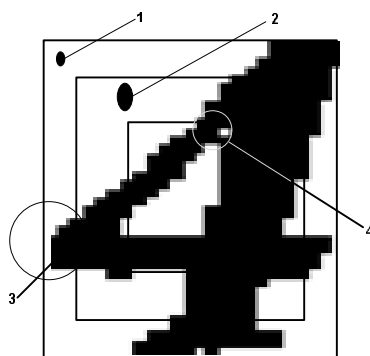


Рис.1. Пример анализа формы силуэта

1 – краевая зона габаритного прямоугольника; 2 – срединная зона габаритного прямоугольника;

3 – фрагмент силуэта в краевой зоне («окно-1»); 4 – внутренняя область («окно-0»)

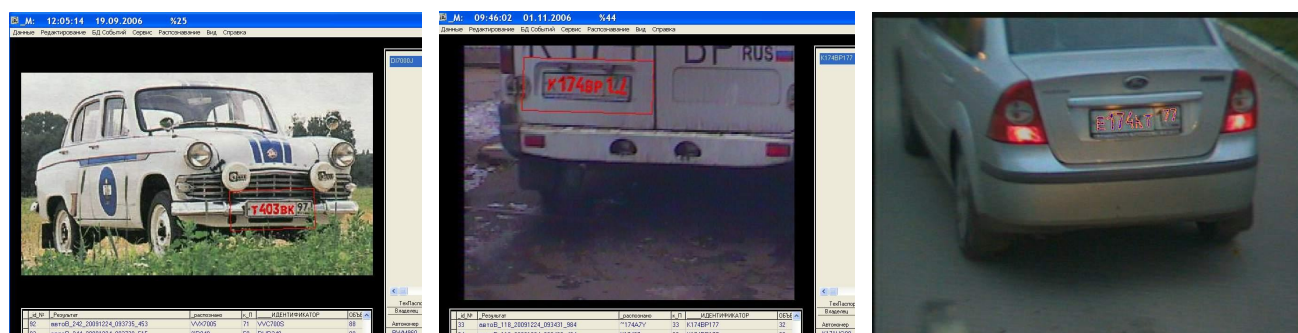


Рис. 2. Примеры обнаружения автономеров



Рис.3. Пример обнаружения и сопровождения на траектории

Литература

Саниев К.Б.(2011) Некоторые аспекты построения интеллектуальных комплексов видеонаблюдения. Научно-технический журнал «Цифровая Обработка Сигналов», №2, 2011 г., с. 27-31.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА СТЕРЕОСИСТЕМОЙ С МАЛОЙ БАЗОЙ

В.А. Карташев¹, С.С. Ефимов²

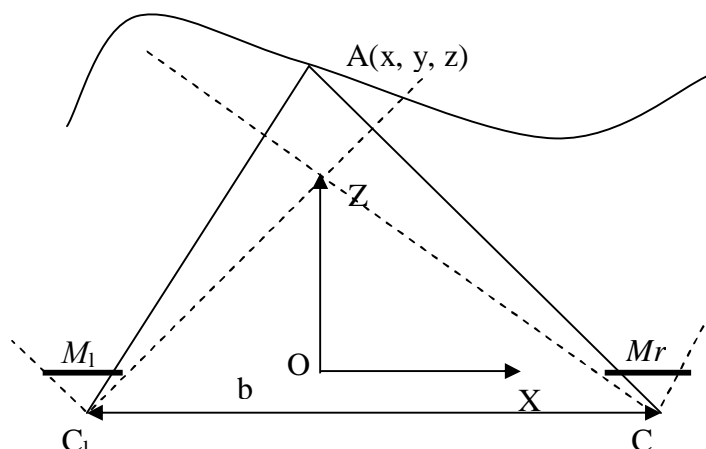
¹ Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН

² Институт информационных наук и технологий безопасности РГГУ

В работе исследуются погрешности определения местоположения, формы и размеров подвижного объекта при измерениях, проводимых с помощью видеостереосистемы с малой стереобазой. Малость стереобазы позволяет создать компактное измерительное устройство, которое позволяет упростить его использование в перемещающихся автономно роботизированных устройствах.

Рассматриваемая стереосистема состоит из двух одинаковых видеокамер, оптические оси которых параллельны и расположены в горизонтальной плоскости на расстоянии b (стереобаза). Стереобаза находится в интервале от 10 до 20 см. Стереосистема обеспечивает обработку измерений 30 кадров в секунду при разрешении 640x480 точек. Видеокамеры не синхронизованы. Тем самым моменты времени начала съемки сцены камерами отличаются на некоторую величину.

На рисунке представлена схема стереосистемы. C_l и C_r – оптические центры видеокамер, M_l и M_r – видеоматрицы. f – расстояние между оптическим центром и плоскостью матрицы.



Во введенных обозначениях расстояние до точки (x, y, z) получается из координат ее изображения на видеоматрицах в виде зависимости

$$z = b \frac{320}{x_l - x_r} \quad [1, 2], \text{ т.е. } z \text{ обратно пропорционально расстоянию между со-}$$

ответствующими точками изображения.

При угле зрения 90° ширина видимой зоны в два раза больше расстояния до стереосистемы. Например, на расстоянии 2 м ширина видимой зоны равна 4 м, при 10 м она равна 20 м.

При малой величине базы точность измерения формы и размеров объектов линейно зависит от дискретности видеоматрицы и расстояния до объекта. При разрешении 640 точек и расстоянии до объекта 10 м погрешность определения размеров составит 3 см, при расстоянии 1 м – 3 мм, при расстоянии 20 см – 0,6 мм.

Погрешность измерения расстояния зависит от второй степени его величины, так как $dz = -b \frac{320}{d(x_l - x_r)^2}$. Расчеты показывают, что для расстояния 10 м погрешность будет находиться в интервале 1,5 м, для 1 м – 1,5 см, для 20 см – 0,6 мм. Если принять, что граница различимости объекта определяется расстоянием, на котором погрешность измерения соизмерима с измеряемой величиной, то для разрешения 640 точек она составит порядка 30 м.

В работе сравниваются полученные оценки погрешностей измерений с требованиями, которые предъявляются к точности определения окружающей обстановки при решении задач навигации роботизированных транспортных средств и управления манипуляционными системами. Результаты сравнения показывают, что точность определения расстояния до объекта рассматриваемой видеостереоскопической системы достаточна для использования ее в большинстве исследуемых в настоящее время задач применения роботов.

Литература

1. Хорн Б. К. П.(1989). Зрение роботов // М.: Мир, 1989. 486 с.
2. Форсайт П. (2004). Компьютерное зрение. Современный подход // М.: Изд. дом Вильямс, 2004. 465 с.

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СОПОСТАВЛЕНИЙ НА СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЯХ

М.Н. Фаворская, И.В. Тупицын

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск

Поиск соответствующих точек на стереоизображениях является фундаментальной задачей при построении корреляционно-экстремальных систем навигации и наведения по изображениям целей; обработке космических и аэрофотоснимков (фотограмметрия, картография, экологический мониторинг земной поверхности); создании систем технического зрения, выполняющих задачи трехмерной реконструкции. В докладе рассматривается новый иерархический метод поиска соответствующих точек на стереоизображениях для задач трехмерной реконструкции. На первом этапе происходит извлечение и сопоставление точечных особенностей, второй этап предназначен для повышения устойчивости выявленных сопоставлений.

Извлечение и сопоставление точечных особенностей. Алгоритм SURF (Speed Up Robust Features), впервые предложенный Г. Бэем и др., 2008, основан на использовании интегральных изображений и вычислении взвешенного определителя матрицы Гессе. Основным преимуществом алгоритма SURF является быстрота работы в сочетании с инвариантностью к масштабу и вращению изображения, а также небольшим изменениям освещения. Поскольку изображения, полученные неоткалиброванными камерами, имеют проективные искажения, для сопоставления точечных особенностей требуются методы, устойчивые к ним. В докладе предлагается алгоритм сопоставления точечных особенностей, использующий устойчивый к проективным искажениям дескриптор, описывающий точечные особенности.

Для достижения устойчивости вычислим направление и длину вектора градиента (G_x , G_y) в окрестности Ω особой точки размером $(2k + 1) \times (2k + 1)$ пиксел, применяя оператор Собела к изображению, обработанному гауссианом. Далее найдем направление и длину обобщенного вектора по всей окрестности точечной особенности как отношение суммы направлений и длин векторов градиентов во всех точках окрестности к количеству точек, а также дополнительные направления относительно осей OX и OY , требующихся для достижения устойчивости к проективным преобразованиям. Следующий этап вычисления дескриптора – это приведение четырехугольной области, вершинами которой являются начала и концы дополнительных векторов, к прямоугольному виду и за-

данному размеру. Таким образом, получаем два выровненных сегмента изображения на левом и правом изображениях. Сравнение полученных областей производится с помощью функции нормализованной кросс-корреляции.

Повышение устойчивости сопоставлений. После сопоставления особых точек требуется определить модель, с помощью которой вычисляются остальные соответствия на изображениях. В качестве модели используется аффинная модель и свойство аффинного преобразования, заключающееся в постоянном коэффициенте соотношения областей интереса. Разделим изображения стереопары на регионы с помощью сетки заданного размера, например 25% от ширины и высоты изображения. Таким образом, изображение делится на 16 областей F , в каждой из которых случайным образом выбирается 4 соответствующие точки. Выбранные четыре соответствия используются для построения четырех треугольных областей. Обозначим область на левом изображении как A_i , а область на правом изображении – как A_{\square_i} . Для каждой пары из полученных треугольников вычислим соотношение $ratio_i$:

$$ratio_i = A_i / A'_{\square_i}, \quad i = 1, \dots, 4. \quad (1)$$

Нормализация соотношений вида (1) производится путем их деления на максимальное значение из четырех для каждой из 16 областей:

$$\overline{ratio_i} = \frac{ratio_i}{\max(RATIO)}, \quad RATIO = \{ratio_1, ratio_2, ratio_3, ratio_4\}, \quad (2)$$

в результате чего итоговая величина соотношения $ratio_F$ по области F определится как

$$ratio_F = \max(\overline{RATIO}) - \min(\overline{RATIO}), \quad \overline{RATIO} = \{\overline{ratio_1}, \overline{ratio_2}, \overline{ratio_3}, \overline{ratio_4}\}. \quad (3)$$

Если значение $ratio_F$ меньше заданного значения ε , тогда все точки выбранного региона помечаются как достоверные особенности; в противном случае точечные особенности считаются недостоверными особенностями. Таким образом, наиболее достоверная модель определяется по наибольшему количеству достоверных точек.

Литература

Bay H., Ess A., Tuytelaars T., Van Gool L. (2008) Speeded-up robust features (surf) / Computer Vision and Image Understanding, Vol.110, 2008. P. 346–359.

РЕКОНСТРУКЦИЯ И ФИЛЬТРАЦИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ФОРМЫ МИКРООБЪЕКТА ПО СТЕРЕОПАРЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПРОЕКЦИЕЙ

Д.А.Золотухин ¹, И.В.Сафонов ², К.А.Крыжановский ³

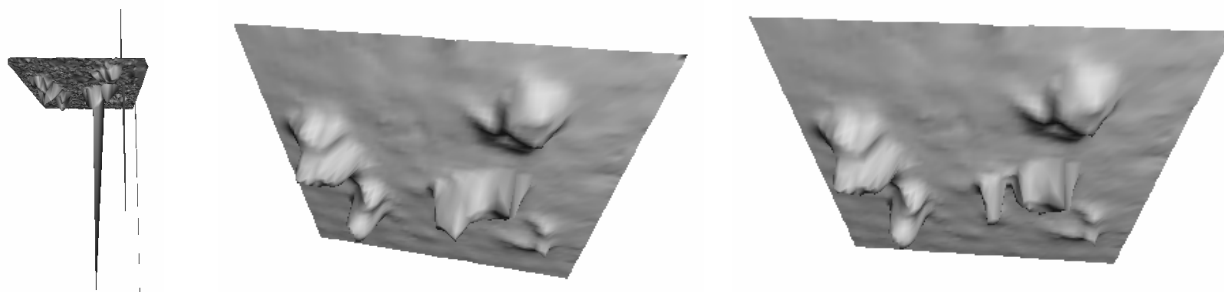
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Растровый электронный микроскоп (РЭМ) позволяет получать изображения поверхности микрообъекта с высоким разрешением. Изображения, полу-

ченные с помощью РЭМ, обладают свойством параллакса, что позволяет использовать их для измерения глубины отдельных точек изображения и построения трехмерной формы объекта. На кафедре «Информатика и процессы управления» Национального исследовательского ядерного университета «МИ-ФИ» разработан программный комплекс, позволяющий по паре изображений микрообъекта, полученных РЭМ с разным углом наклона предметного столика, получить его трехмерную форму. Полученную трехмерную модель объекта можно сохранять в различных форматах, а также анализировать встроенными в программу инструментами.

Описанный в работе (Zolotukhin, Safonov, Kryzhanovsky, 2011) алгоритм использует подход, основанный на перспективной проекции. Последующие исследования модели формирования изображения в РЭМ привели к выводу, что для точной реконструкции необходимо использовать параллельную проекцию. Программа была переработана с использованием метода триангуляции (Tomasi, Kanade, 1992). Однако главным недостатком параллельной проекции является то, что она содержит меньше исходных данных, по которым можно проводить трехмерную реконструкцию: линейные размеры фрагментов объекта не меняются при изменении расстояния до оптического центра, а данные о форме объекта дает только его наклон. Необходимо использование либо трех и более исходных изображений с разным углом наклона предметного столика, либо введение дополнительных условий (уравнений) и использование двух исходных изображений. Был создан алгоритм, позволяющий использовать разницу в угле наклона предметного столика в стереопаре для реконструкции по двум изображениям.

После получения набора точек в пространстве, необходимо построить по ним поверхность. Главной сложностью построения поверхности является неравномерность расположения точек в пространстве, что не позволяет использовать распространенные алгоритмы интерполяции, рассчитанные на использование декартовой сетки координат. Вместо используемого ранее алгоритма интерполяции точек треугольниками разработан алгоритм, проводящий рекурсивное разбиение точек на прямоугольную сетку и интерполяцию методом (Arrowsmith, 2006). Помимо интерполяции также производится фильтрация «пиков», вызванных неправильным сопоставлением повторяющихся участков изображения. Степень фильтрации пиков настраивается параметром t_p .



Примеры реконструкции. Слева – без фильтра пиков и с интерполяцией треугольниками, в центре – с фильтром пиков, $t_p=1.2$, справа – с фильтром пиков, $t_p=2.0$

Данный алгоритм интерполяции может работать как в областях с высокой плотностью точек, усредняя их, так и с низкой или даже полным отсутствием данных, восстанавливая поверхность плоскими участками по соседним точкам.

Литература

Zolotukhin D.A., Safonov I.V., Kryzhanovsky K.A. Three-Dimensional Reconstruction for Scanning Electron Microscope // Pattern Recognition and Image Analysis, 2011, М.: МАИК “Наука/Интерпериодика”

Carlo Tomasi, Takeo Kanade Shape and motion from image streams under orthography: a factorization method // International Journal of Computer Vision, 1992, 9 (2): 137–154

J Ram'on Arrowsmith Notes on Lidar interpolation, // Arizona State University, May 24, 2006

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СТЕРЕО-ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ, ПОВЫШАЮЩЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАУЧНО-КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Н.Н. Корнева¹, А.В. Говоров^{1, 2}, В.Н. Назаров¹

¹ Учреждение Российской академии наук Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН)

² Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГА-иК)

В настоящее время принцип определения положения трехмерных объектов в координатах рабочего пространства с помощью стереоскопических систем широко применяется в космических исследованиях. При этом хорошо известен тот факт, что, несмотря на многочисленные попытки создания универсальных методов поиска соответствующих точек на стереопаре, необходимых для вычисления этих координат, эта задача до сих пор до конца не решена ввиду ее сложности, а также соответствующей сложности общей задачи понимания изображений (Визильтер, Желтов, Бондаренко, Ососков, Моржин, 2010). В связи с этим на практике часто применяют комбинированный подход, заключающийся в использовании ручных стерео измерений для уточнения координат соответствующих точек, полученных аналитическим способом.

Существующие в настоящее время подобные программные решения с целью повышения точности измерений, а также снижения утомляемости оператора выдвигают ряд специализированных требований к аппаратному обеспечению. Так необходимым условием является наличие у пользователя видеокарты профессионального сегмента с поддержкой механизма четверной буферизации (QuadBuffer) API OpenGL или же специализированных контроллеров (racurs.ru, 2012; stereo-pixel.ru, 2009). Подобные требования существенно сужают сферу

применимости существующих программных решений в учебных и исследовательских целях, прежде всего в силу их дороговизны.

В докладе рассматривается возможность, а также приводятся практические результаты по созданию авторами автоматизированной системы поиска соответствующих точек (с субпиксельной точностью) пары снимков на основе одного из самых распространенных на сегодня в индустрии развлечений решений для стерео визуализации комплекта 3D Vision Kit компании NVIDIA для видеокарт пользовательского сегмента (графический процессор Geforce). Разработанное программное обеспечение позволяет оператору совместить мнимую марку с любой точкой видимой модели посредством перемещения действительных марок в плоскости фотоснимков или же параллельного переноса самих снимков (с шагом меньшим размера пикселя), в результате подобного перемещения действительные марки будут находиться в соответственных точках стереопары. Для повышения точности стереоскопического измерения (в случае перемещения измерительных марок) в системе предусмотрена возможность увеличения ракурсов стереопары.

В статье рассматриваются особенности и практические результаты использования аппаратного обеспечения пользовательского сегмента для решения задачи поиска соответствующих точек пары снимков.

Литература

Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Бондаренко А.В., Ососков М.В., Моржин А.В. (2010) Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: Курс лекций и практических занятий // М.: Физматкнига, 2010. 672 с.

racurs.ru (2012): Ракурс. Программные решения в области геоинформатики, цифровой фотограмметрии и дистанционного зондирования [Электронный ресурс]. М., 2012. Режим доступа: URL: <http://www.racurs.ru/?page=531>.

stereo-pixel.ru (2009): StereoPixel [Электронный ресурс]. М., 2009. Режим доступа: URL: http://www.stereo-pixel.ru/docs/ksk/manual_ksk.htm.

С Е К Ц И Я 4

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ

БИЦИКЛИЧЕСКИЕ КАРКАСЫ ДВУМЕРНЫХ ФИГУР

Ю.В. Визильтер¹, С.В. Сидякин²

¹ ФГУП “Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем”, Москва

² Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва

Данная работа посвящена математической формализации понятия каркаса двумерных и трехмерных фигур.

Существует проблема однозначного определения «проволочного скелета» трехмерной фигуры, так как трехмерный проволочный скелет не может быть прямым обобщением плоского скелета. Задача корректного определения трехмерной проволочной модели («каркаса») трехмерной фигуры остается пока открытой.

Тем не менее, фигуры, составленные из т.н. «обобщенных цилиндров» или «жирных кривых» могут быть описаны проволочными каркасами. Если же фигура состоит из «существенно объемных» и «цилиндрических» частей, то каркас нужно строить для цилиндрических частей, а объемы описывать другими средствами. Подобная мысль справедлива и для плоских фигур.

Идея построения бициклического каркаса плоской фигуры заключается в том, что нужно опираться на круги, и в то же время фигура должна быть вытянутой: иметь ориентацию, удлинение (чтобы отличать «жирные линии» от «массивных фигур»), а желательно еще и «заострение» как у овалов Кассини (чтобы указывать в сторону сужения «жирной линии»). Отсюда следует, что элементарная фигура должна быть не простая, а составная. В данной работе выбрана простейшая составная фигура из двух кругов – «сцепленная пара кругов» или «велосипед» (bicycle, бицикл). При этом степень вытянутости бицикла показывает нам, насколько в данном месте близка исследуемая фигура к «жирной линии», а насколько – к «массивной фигуре».

Бициклический каркас плоской фигуры может быть определен как множество всех точек касания всех касающихся пустых кругов этой фигуры.

В работе описан алгоритм построения бициклического каркаса многоугольной фигуры на основе непрерывной скелетной морфологии, предложенной в работе (Местецкий, 2009).

Показано, что получаемый бициклический каркас плоской фигуры представляет собой планарный граф, непрерывный (связный) в том же смысле, что и скелет – от каждой точки каркаса до любой другой его точки существует непрерывный путь по точкам (сегментам и дугам) каркаса. Отмечен эффект слия-

ния «тел каркаса», соответствующих близко расположенным узлам скелета, вокруг которых образуется единое «массивное тело» каркаса.

Предложено также обобщение бицикла для трехмерного случая – это бисфера: пара касающихся шаров. Аналогичным образом бисферический каркас многогранной трехмерной фигуры можно определить как множество точек касания (максимальных) «пустых шаров» данной фигуры.

Получены первые экспериментальные результаты, которые показали, что в целом бициклический каркас действительно позволяет судить о «протяженных» и «массивных» частях исследуемой фигуры. Проведенные эксперименты выявили сильную чувствительность каркасов к малым искажениям формы скелета, в связи с чем обязательным предварительным этапом, предшествующим построению каркаса, должна являться регуляризация скелета. Для решения этой проблемы предложено следующее правило бициклической регуляризации (стрижки) скелета: удалить все ветви скелета, для которых максимальное отношение радиусов вписанных бициклов с центрами на этой ветви меньше некоторого заданного значения. При этом нет необходимости проверять все бициклы для каждой ветви скелета, достаточно проверить один бицикл, в который входит пустой круг с максимальным радиусом. Он всегда связан с узлом скелета, от которого отходит данная ветвь.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты №11-08-01114-а, №11-08-01039-а.

Литература

Местецкий Л.М. Непрерывная морфология бинарных изображений. Фигуры. Скелеты. Циркуляры // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ФОРМ ДВУМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ю.В. Визильтер¹, О.В. Выголов¹, А.Ю. Рубис²

¹ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем»

²Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Задача сравнения или сопоставления (matching) изображений является базовой операцией при решении таких задач технического зрения как обнаружение объектов на основе эталонов, трехмерная стерео реконструкция и анализ движения. Для численной оценки сходства изображений используются различные коэффициенты корреляции. При этом методы сравнения изображений, используемые в системах технического зрения, должны обеспечивать максимально возможную устойчивость (инвариантность) по отношению к условиям на-

блюдения и регистрации.

В рамках морфологии Пытьева (Пытьев, 1983; Пытьев, Чуличков, 2010) изображения рассматриваются как кусочно-постоянные функции вида

$$f(x,y) = \sum_{i=1,...,n} f_i \chi_{F_i}(x,y),$$

где n – число областей разбиения F кадра Ω на связные непересекающиеся области постоянной яркости, $F=\{F_1,...,F_n\}$; $f=(f_1,...,f_n)$ – вектор действительных значений яркости, соответствующих каждой области разбиения; $\chi_{F_i}(x,y) \in \{0,1\}$ – характеристическая функция i -й области яркости: $\chi_{F_i}(x,y) = \{1, \text{ если } (x,y) \in F_i; 0 - \text{ в противном случае}\}$.

Множество изображений одной формы разбиения кадра F в таком случае образует выпуклое и замкнутое подпространство $F \subseteq L^2(\Omega)$: $F = \{ f(x,y) = \sum_{i=1,...,n} f_i \chi_{F_i}(x,y), f \in \mathbb{R}^n \}$. Для любого изображения $g(x,y) \in L^2(\Omega)$ может быть определена проекция на форму F : $g_F(x,y) = P_F g(x,y) = \sum_{i=1,...,n} g_{F_i} \chi_{F_i}(x,y)$, $g_{F_i} = (\chi_{F_i}, g) / \|\chi_{F_i}\|^2, i=1,...,n$.

Здесь P_F – оператор проекции или проектор на F .

Морфологическое сравнение изображений $f(x,y)$ и $g(x,y)$ осуществляется при помощи нормированных морфологических коэффициентов корреляции Пытьева:

$$K_M(g,F) = \|P_F g\| / \|g\|, K_M(f,G) = \|P_G f\| / \|f\|.$$

В данной работе, в отличие от Пытьевского подхода, рассматривается задача геометрического сравнения форм-разбиений и предлагаются уже не яркостно-геометрические, а чисто геометрические коэффициенты корреляции. Введем дополнительно следующие обозначения: S – площадь кадра Ω ; $S_i = \|\chi_{F_i}(x,y)\|^2$ – площадь области разбиения F_i ; $S_j = \|\chi_{G_j}(x,y)\|^2$ – площадь области разбиения G_j ; $S_{ij} = (\chi_{F_i}(x,y), \chi_{G_j}(x,y))$ – площадь пересечения $F_i \cap G_j$.

С учетом этих обозначений могут быть записаны следующие нормированные коэффициенты геометрической корреляции форм F и G .

Среднеквадратичный эффективный коэффициент морфологической корреляции (СКМК):

$$K_M^2(F,G) = \sum_{j=1,...,m} \sum_{i=1,...,n} S_{ij}^2 / (S S_j) = \sum_{j=1,...,m} \sum_{i=1,...,n} (S_{ij} / S) (S_{ij} / S_j) = \\ = \sum_{j=1,...,m} \sum_{i=1,...,n} K_\Omega(F_i, G_j) K_M^2(G_j, F_i),$$

$$\text{где } K_\Omega(F_i, G_j) = S_{ij} / S; K_M^2(G_j, F_i) = S_{ij} / S_j.$$

Среднеквадратичный эффективный коэффициент морфологической корреляции с центрированием (СКМКЦ):

$$K_{MC}^2(F,G) = \frac{\sum_{j=1,...,m} S_j \sum_{i=1,...,n} (S_{ij}/S_j - S_i/S)^2}{[(S - (2/S) \sum_{i=1,...,n} S_i^2 + (1/S^2) \sum_{i=1,...,n} \sum_{k=1,...,n} S_i S_k^2)]}.$$

Симметричный коэффициент геометрической корреляции (СКГК):

$$K_{MS}(F,G) = \sum_{j=1,...,m} \sum_{i=1,...,n} K_\Omega(F_i, G_j) K_{MS}(G_j, F_i) = \\ = (1/S) \sum_{j=1,...,m} \sum_{i=1,...,n} S_{ij}^2 / (S_i + S_j - S_{ij}),$$

$$\text{где } K_{MS}(G_j, F_i) = \|G_j \cap F_i\|^2 / \|G_j \cup F_i\|^2 = S_{ij} / (S_i + S_j - S_{ij}).$$

Симметричный коэффициент линейной корреляции (СКЛК):

$$K_N(F,G) = \sum_{j=1,...,m} \sum_{i=1,...,n} K_\Omega(F_i, G_j) K_N(G_j, F_i) = (1/S) \sum_{j=1,...,m} \sum_{i=1,...,n} S_{ij}^2 / \sqrt{(S_i S_j)},$$

где $K_N(F_i, G_j) = (\chi_{F_i}, \chi_{G_j}) / (\|\chi_{F_i}\| \|\chi_{G_j}\|) = S_{ij} / \sqrt{(S_i S_j)}$.

Проведенное экспериментальное исследование предложенных коэффициентов геометрической корреляции на модельных и реальных изображениях показало их устойчивость к искажениям и инвариантность к преобразованиям яркости.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №11-08-01114-а, №11-08-01039-а).

Литература

Пытьев Ю.П. Морфологический анализ изображений // Доклады АН СССР, 1983, т.269. № 5, с. 1061-1064.

Пытьев Ю.П., Чуличков А.И. Методы морфологического анализа изображений // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 336 с.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ И СПОСОБЫ ИХ ПОСТРОЕНИЯ

Ю.В. Визильтер¹, С.В. Сидякин²

¹ ФГУП “Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем”, Москва

² Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва

В работе (Maragos, 1989) по аналогии со спектрами Фурье был предложен способ описания плоских фигур и изображений при помощи форморазмерных спектров, вычисляемых средствами математической морфологии Серра (Serra, 1982). Известно, что морфологические спектры являются полезным и устойчивым дескриптором формы изображений. В докладе представлены две новые схемы построения морфологических спектров.

Первый из рассматриваемых подходов к вычислению морфологических спектров с дисковыми структурирующими элементами основан на использовании непрерывных скелетных представлений плоских фигур (Местецкий, 2009). Этот подход позволяет формировать дискретно-непрерывные морфологические спектры плоских фигур в реальном времени, что делает их пригодными для использования в прикладных задачах машинного зрения. Обобщение данного подхода на случай полутоновых изображений опирается на уровневое разложение полутоновых морфологических операций и оптимальный выбор информативных уровней бинаризации в соответствии с существенными модами гистограммы при помощи процедуры динамического программирования.

Второй подход реализует обобщение идеи морфологических спектров, предложенных Марагосом в рамках морфологии Серра, на случай любых проективных морфологических систем и может быть использована для вычисления дискретных и непрерывных критериальных морфологических спектров по параметру морфологической сложности (Визильтер и др., 2010).

Простейшая схема построения дискретных морфологических спектров является двухэтапной и состоит в первоначальном построении распределения значений морфологического критерия по базовому переменному параметру (например, масштабу структурирующего элемента, числу мод гистограммы и т.п.) с последующим пересчетом этого распределения к соответствующим значениям параметра морфологической сложности.

Основная идея построения непрерывных критериальных морфологических спектров заключается в построении непрерывной зависимости критерия морфологического риска от параметра морфологической сложности α . При этом используются алгоритмы параметрической оптимизации, аналогичные описанным в (Kolmogorov, 2007; Dinkelbach, 1967). Полученный результат позволяет вычислять не приближенные, а точные значения морфологических спектров, что повышает их информативность и надежность сравнения таких спектров между собой.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты №11-08-01114-а, №11-08-01039-а.

Литература

Maragos P. Pattern Spectrum, Multiscale Shape Representation// IEEE Trans.on pattern analysis, machine intelligence, Vol, II, No 7, July 1989.

Serra J. Image Analysis and Mathematical Morphology // Academic Press. London – 1982.

Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Бондаренко А.В., Ососков М.В., Моржин А.В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: Курс лекций и практических занятий // М.: Физматкнига, 2010. 672 с.

Местецкий Л. М. Непрерывная морфология бинарных изображений. Фигуры. Скелеты. Циркуляры // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.

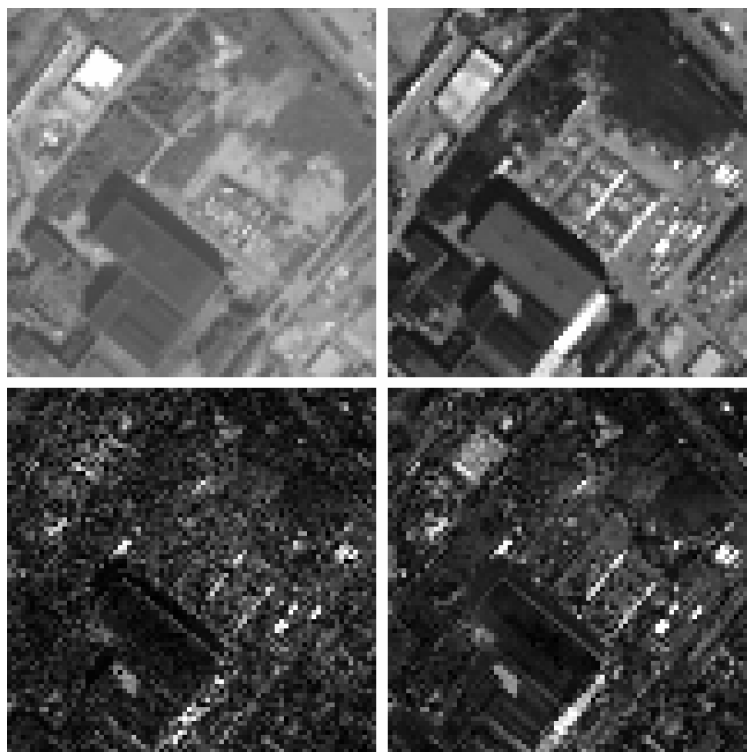
Kolmogorov V., Boykov Y., Rother C. Applications of parametric maxflow in computer vision // IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), October 2007.

Dinkelbach W. On nonlinear fractional programming // Manage. Sci., 13:492–498, 1967.

О ПРИМЕНЕНИИ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТОРА В ЗАДАЧЕ ПОИСКА СТРУКТУРНЫХ РАЗЛИЧИЙ

Ф.А. Корнилов, Д.С. Перевалов

Институт Математики и Механики УрО РАН, Екатеринбург



Пример решения задачи поиска структурных различий: в верхнем ряду – пара исходных изображений, в нижнем ряду – найденные на этих снимках структурные различия с помощью морфологического проектора (слева) и с помощью регуляризованного морфологического проектора (справа)

Анализ цифровых космических снимков земной поверхности является актуальной на сегодняшний день проблемой, включающей в себя множество различных задач. Важное место среди них занимает задача поиска структурных различий на разновременных снимках одного и того участка земной поверхности. Под структурными различиями здесь понимаются существенные изменения сцены типа появления, исчезновения или изменения формы объектов. Сложность решения данной задачи связана с тем, что из-за различных условий освещенности объекты сцены могут существенно отличаться по яркости соответствующих им пикселей.

В работе (Корнилов, Перевалов, 2011) предложены и исследованы алгоритмы, решающие данную задачу. Среди них одним из базовых является алгоритм, основанный на методе построения оптимальной морфологической проекции, описанном в книге (Пытьев, Чуличков, 2010). Данный метод очень чувствителен к зашумленности входных изображений, что негативно сказывается на

результате работы алгоритма, а потому рекомендуется привлекать методы регуляризации (Пытьев, 1983).

В данной работе предлагается способ регуляризации морфологического проектора, позволяющий получить более точный и гладкий результат в задаче поиска структурных различий. В основе этого метода лежит использование модели аддитивного гауссового шума на яркостях пикселей. На рисунке представлены результаты поиска структурных различий. Можно видеть, что регуляризованный вариант по сравнению с классическим дает более гладкие области, причем без размытия их границ. Для сравнения точности работы алгоритмов использовался анализ ROC-кривых, данные которого представлены в таблице.

Сравнение алгоритмов на основе анализа ROC-кривых

Метод поиска структурных различий	Площадь под ROC-кривой
Морфологический проектор	0,8262
Регуляризованный морфологический проектор	0,8382

В докладе подробно описывается алгоритм регуляризации и поиска структурных различий, а также приводятся результаты исследования качества его работы при изменении различных параметров. Кроме того, приводятся результаты численного сравнения качества работы с другими алгоритмами из статьи (Корнилов, Перевалов, 2011).

Литература

Пытьев Ю.П. (1983) Морфологический анализ изображений // ДАН СССР. Т.269, №5. 1983. С. 1061-1064.

Пытьев Ю.П., Чуличков А.И. (2010) Методы морфологического анализа изображений // Москва: ФизМатЛит, 2010. 336 с.

Корнилов Ф.А., Перевалов Д.С. (2011) Задача обнаружения структурных различий изображений // Алгоритмы и программные средства параллельных вычислений. Сб. науч. трудов. Екатеринбург: УрО РАН 2011 Вып. 11. С. 37-56.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ С МНОГОУРОВНЕВЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ КООРДИНАТНОЙ ПРИВЯЗКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

М.М. Ланге¹, Н.А. Новиков²

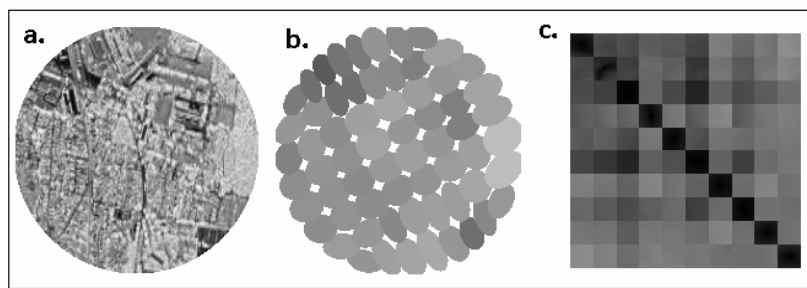
¹ Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН

² Московский институт радиоэлектроники и автоматики

Исследуется задача координатной привязки изображений, т.е. поиска на исходном изображении фрагмента, наиболее похожего на тестовый фрагмент, полученный в ходе съемки при различных уровнях зашумленности [1]. В ка-

честве исходного изображения взят снимок земной поверхности размером 1000x1000 пикселей, полученный программой Google Earth [2]. В качестве тестовых фрагментов использовались фрагменты исходного изображения в виде кругов радиуса d с наложенным гауссовым шумом. Исходное изображение разбивалось на множество перекрывающихся эталонных фрагментов, совпадающих по форме с тестовыми.

Для ускорения процедуры сравнения фрагментов предложен метод представления фрагментов наборами эллиптических примитивов, структурированными в виде бинарных деревьев [3]. Примеры фрагмента и его представления на 6-м уровне бинарного дерева приведены на рисунке (a,b). На парах представлений задается мера различия q , которая обладает свойством компактности, т.е. различие между фрагментами по мере q растет с увеличением координатного расстояния. Матрица различий (в яркостях) на рисунке (c) иллюстрирует компактность меры q при $d=200$: квадраты на главной диагонали соответствуют парам близких фрагментов, квадраты вне диагонали – парам далеких фрагментов.



Пример эталонного фрагмента (a) и его представления (b); иллюстрация компактности меры (c)

В целях сокращения перебора эталонных фрагментов предлагается двух-этапная процедура поиска. На первом этапе используется множество эталонных фрагментов, центры которых расположены в узлах прямоугольной сетки с крупным шагом s , и среди них производится поиск фрагмента, наиболее близкого по мере q к предъявляемому тестовому фрагменту. Установлено, что при $d=200$, $s=16$, глубине дерева $L=3$ и дисперсии шума $N=60$ для 90% тестовых фрагментов ближайшим по мере q оказывается эталонный фрагмент, центр которого совпадает с одним из четырех узлов сетки, ограничивающих ячейку, в которой лежит центр тестового фрагмента. Поэтому на втором этапе достаточно ограничить зону поиска набором эталонных фрагментов, центры которых берутся с шагом в один пиксель и лежат вблизи узла, найденного на первом этапе. При $s=16$ - это область размера 32x32 пикселя, заданная четырьмя ячейками крупной сетки с общим узлом, найденным на первом этапе.

Для оценки точности привязки в области поиска размером 32x32 пикселя случайным образом отбирались 200 точек, которые служили центрами тестовых фрагментов. На каждый тестовый фрагмент накладывался гауссов шум. Для каждого фрагмента находился наиболее близкий по мере q эталонный фрагмент с центром внутри области поиска. Вычисления проводились при различной глубине деревьев L и различной дисперсии шума N . Эксперимент вы-

полнен для 10-ти областей поиска с усреднением результатов. Средние значения расстояний и среднеквадратические отклонения приведены в таблице.

Зависимость ошибки привязки (в пикселях) от глубины деревьев и дисперсии шума

L\N	20	40	60	80
3	0.77 ± 0.79	1.57 ± 1.34	2.89 ± 2.22	5.45 ± 4.05
5	0.45 ± 0.66	1.06 ± 0.99	1.91 ± 1.47	3.23 ± 2.43
7	0.32 ± 0.61	0.72 ± 0.87	1.28 ± 1.17	1.97 ± 1.56

Из данных таблицы следует, что увеличение глубины представляющих деревьев приводит к улучшению качества привязки в условиях шума. При использовании деревьев большой глубины поиск решающего эталона может быть выполнен с помощью алгоритма направленного поиска в иерархически структурированной базе эталонных фрагментов [3]. Алгоритм направленного (иерархического) поиска использует фактор многоуровневого разрешения древовидных представлений фрагментов, что позволяет сужать зону поиска на последовательных уровнях $l=0, \dots, L-1$ базы эталонов. По предварительным оценкам, для базы эталонов размера s , вычислительная сложность алгоритма иерархического поиска, измеряемая числом обрабатываемых пар примитивов в представляющих деревьях, не превосходит величины sL . Для сравнения, вычислительная сложность полного перебора эталонных фрагментов, представленных деревьями глубины L , составляет величину $s2^L$.

В перспективе планируется реализовать алгоритм иерархического поиска решающих эталонных фрагментов, исследовать различные стратегии поиска и расширить состав источников изображений для проведения экспериментов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 12-07-90009-Бел_а.

Литература

1. Е.П. Козлов, "Алгоритмы и технология высокоточной координатной привязки снимков от геостационарных космических систем по электронным картам". Диссертация, г. Рязань, 2009, №372394. Доступ: www.dissercat.com/.../algoritmy-i-tehnologiya-vysokotochnoi-koor
2. Google Earth information program: Доступ: <http://www.google.com/intl/ru/earth/index.html>
3. S.N. Ganebnykh, M.M. Lange, "Classification of 2D Grayscale Objects in a Space of Multiresolution Representations," Pattern Recognition and Image Analysis 19 (4), 591-602 (2009).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ЦВЕТОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРИ АНАЛИЗЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.О. Ларин, О.С. Середин, М.А. Ерохин, А.В. Копылов

Тульский государственный университет

В системах технического зрения, при решении задач сегментации и детектирования объектов, одним из этапов работы алгоритмов является описание набора точек, представляющих объекты интереса на изображении, в параметрической форме. Так, например, при цветовом анализе изображений любой пиксель можно представить в виде трехмерного вектора, каждая координата которого совпадает со значением соответствующей компоненты RGB этого пикселя. Задачей параметризации или Color data modeling (Rother, Kolmogorov, Blake, 2004) принято называть построение на основании выделенного экспертом набора точек в цветовом пространстве такого математического правила (модели), которое позволяет с заданной точностью параметрически описывать области интереса в пространстве признаков. Примером подобной задачи является параметризация пикселей огня, необходимая для выделения областей изображения, потенциально содержащих пламя.

Широко используемым подходом к решению задачи параметризации является метод аппроксимации исходных данных смесью нормальных распределений (Ruzon, Tomasi, 2000), модификация которого, например, может применяться для решения упомянутой задачи поиска пламени на изображениях (Töreyin, 2009).

Альтернативой ему является использование методов одноклассовой классификации. Один из таких методов, Support Vector Data Description (метод описания данных опорными векторами), был предложен Д. Тэксом (Tax, 2001). Модель описания данных в такой постановке – гиперсфера с минимальным радиусом, представляющая ближайшую внешнюю оболочку вокруг данных. Особенность метода заключается в том, что для описания данных более «гибкой формой», чем сфера, можно использовать идею перехода в пространство признаков большей размерности. Экспериментальное исследование показало эффективность использования для этого радиальной базисной функции Гаусса (Ларин, Середин, 2011).

Авторами был также разработан алгоритм, основанный на аппроксимации обучающей совокупности в пространстве цветовых компонент набором эллипсов. При помощи метода главных компонент (англ. Principal component analysis, PCA) цветовое пространство обучающей выборки преобразуется с целью уменьшения корреляции цветовых компонент (Tsaig, 2002; Abdel-Mottaleb, Jain, 2002). Основываясь на том, что цвет при компьютерной обработке обычно представлен конечным множеством значений, становится возможным разделить пространство на двумерные слои, ортогональные направлению главной компоненты. В каждом таком слое строится эллипс рассеяния на основе PCA.

Таким образом, упорядоченная вдоль главной компоненты совокупность таких эллипсов, описывает обучающую выборку.

Для проведения экспериментальных исследований была использована генеральная совокупность объектов, сформированная точками, располагающимися внутри сфер, радиусы которых меняются по синусоидальному закону, а центры расположены вдоль спиральной кривой в трехмерном пространстве (рис. 1 а). Полученное «облако» точек не описывает какую-то область реального изображения, однако похожую конфигурацию образует множество точек, принадлежащих пламени. При этом часть генеральной совокупности, выбранная случайным образом, выступала в наших экспериментах в качестве обучающего множества (рис.1 б), а оставшаяся часть – как объекты контроля качества распознавания.



Рис. 1. Визуализация совокупности точек, сформированной для проведения экспериментов, в пространстве RGB: а) генеральная совокупность, б) набор точек, взятых в качестве обучающей выборки

В докладе приводятся численные оценки скорости работы алгоритмов, представленные в виде графиков, которые показывают зависимость времени выполнения соответствующей операции от размера обучающей совокупности. Оценки качества работы алгоритмов при различных параметрах представлены в виде эмпирических ROC-кривых (Fawcett, 2005).

Литература

Rother C., Kolmogorov V., Blake A. (2004) GrabCut – Interactive foreground extraction using iterated graph cuts // ACM Transactions on Graphics (TOG). ACM, 2004. Vol. 23, No. 3. P. 309-314.

Tőreyin B. (2009) Fire detection algorithms using multimodal signal and image analysis // Ph.D thesis. 2009. 138 p.

Ruzon M., Tomasi C. (2000) Alpha estimation in natural images // Proceedings IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2000 (Cat. No.PR00662). IEEE Comput. Soc, 2000. Vol. 1, No. June. P. 18-25.

Tax D. (2001) One-class classification; Concept-learning in the absence of counterexamples / Ph.D thesis. Delft University of Technology, ASCI Dissertation Series. 2001. 146 p.

Ларин А., Середин О. (2011) Параметризации цветового представления изображения пламени с использованием одноклассового классификатора // Математические методы распознавания образов ММРО-15.М.,2011.362-366с.

Tsaig Y. (2002) Automatic Segmentation of Moving Objects in Video Sequences // IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology. Tel-Aviv University, Tel-Aviv 69978, Israel. 2002. Vol.12, P. 597-612.

Abdel-Mottaleb M., Jain A. (2002) Face detection in color images // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2002. Vol.24, No. 5. P. 696-706.

Fawcett T. (2005) ROC Graphs: Notes and Practical Considerations for Researchers // In Proc. of the 19th international joint conference on Artificial intelligence. 2005. P. 702-707.

АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Ю.А.Иванов

Московский государственный авиационный институт

На железных дорогах России для передачи сигнальных показаний светофора используется автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС). Назначение которой, состоит в том, чтобы проводить анализ информации от наземного устройства типа светофор путём фильтрации кодированного электрического сигнала, который передаётся по рельсовой цепи. Система АЛС с каналом передачи информации по рельсовым цепям не может исключить влияние намагниченных рельсов, наводок от внешних источников, частых отказов передающей и приёмной аппаратуры, а также рельсовой линии [1]. Современные тенденции развития транспорта на железных дорогах требуют развития новых технологий для модернизации систем безопасности движения подвижных составов. Использование технологий компьютерного зрения для детекции и идентификации световой сигнализации (ДИСС) позволит существенно повысить эффективность работы автоматической локомотивной сигнализации и соответственно увеличить безопасность передвижения локомотива. Сложность разработки алгоритмов ДИСС заключается в том, что их использование в условиях присутствия множества световых огней от рядом стоящей инфраструктуры, смена времени суток, влияние неблагоприятных погодных явлений и пр. повышает вероятность появления ошибок типа ложное срабатывание, пропуск детектируемого светофора и срыв слежения. В данных условиях многие информативные признаки, как, например, яркость и насыщенность цвета детектируемого сигнала светофора, становятся неустойчивыми. Недостаточно точные значения координат детектируемых светофоров на изображении приводят к ошибочной работе всего алгоритма ДИСС.

Задача, связанная с обнаружением и идентификацией световой сигнализации на пути следования локомотива эффективно решается с помощью совместного использования технологий компьютерного зрения и технологий геоинформационного обеспечения объектов. Возможность комплексирования ин-

формации от датчиков с разным физическим принципом работы позволяет увеличить коэффициент уверенности при автоматическом распознавании объекта. Комплексирование информации может проводиться с помощью логического или вероятностного объединения решений от каждого датчика в отдельности. Результатом комплексирования данных может представляться пространство детектируемых объектов в виде векторов вероятностного или нечёткого описания принадлежности объекта некоторому классу или типу объектов. Для коррекции решающих правил, позволяющих идентифицировать детектированный объект, предлагается использовать алгоритм ранжирования подобных векторов (АРПВ).

Представляемый АРПВ не требует обучения и удовлетворяет условиям его использования в комбинированных моделях классификации для подтверждения результатов. Использование АРПВ даёт возможность проводить автоматическое обучение методов классификации имеющих лучшие робастные характеристики, например SVM (Support Vector Machine), но на начальном этапе работы, не позволяющие их использование из-за необходимости обучения.

Литература

1. С.Власенко, А.Лабренц, С.Протцнер. Системы АЛС для высокоскоростного сообщения // Автоматика связь информатика, №3,2011. – С.39.

ОЦЕНКА СПЕКТРАЛЬНОГО РАЗРЕШЕНИЯ АППАРАТУРЫ ГИПЕР-СПЕКТРАЛЬНОЙ СЪЕМКИ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ФРАУНГЕФЕРОВЫХ ЛИНИЙ

В.Н. Остриков¹, О.В. Плахотников¹, А.В. Кикоть²

¹Санкт-Петербургский филиал ОАО «КБ «Луч», 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д.14а, тел./факс: (812) 438-76-51

²Санкт-Петербургский филиал ОАО «Концерн «Вега», 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д.14а, тел./факс: (812) 438-76-54

В настоящее время гиперспектральная съемка (ГСС) занимает значимое место среди используемых средств технического зрения. При этом основной особенностью реализующей съемку аппаратуры, от которой главным образом зависит качество получаемой информации, является спектральное разрешение (СР) видеоспектрометров. Эта характеристика СР, в общем случае, зависит не только от конструктивного исполнения приборов, но и от условий их эксплуатации, включая условия наблюдения. В некоторых случаях встречается и не полное соответствие заявленных паспортных характеристик конкретному прибору. Отсюда на практике возникает необходимость проведения их текущей поверки в условиях реального применения (без наличия специализированной аппаратуры).

Спектральное разрешение прибора обычно определяется спектральным интервалом, на котором уверенно различаются две рядом расположенные регистрируемые спектральные линии. Более часто применяют упрощенный, но близкий по смыслу подход, состоящий в регистрации распределения по длинам волн, на формирующей матрице, образа точечного источника света, спектральная ширина которого существенно (желательно, в разы) меньше априорно измеряемого разрешения. Конечная величина оценивается по ширине (в пересчете на единицы длин волн) снимка размытого образа на половинном уровне интенсивности. Однако в реальных условиях эксплуатации лабораторная аппаратура перестраиваемого монохроматического освещения принципиально отсутствует, что требует использования специального подхода к решению задачи.

Для оценки СР прибора в условиях естественного освещения проводится ГСС безоблачного участка небосвода. По небольшой (десяток отсчетов) усредненной выборке формируется спектральная кривая в диапазоне чувствительности аппаратуры. Эта кривая используется для сопоставления ее формы с модельно рассчитанной совокупности кривых на отдельных частях исследуемого спектра. Модельная совокупность рассчитывается на программном коде модели атмосферы MODTRAN 5.2 для аналогичных условий наблюдения. Варианты спектрального разрешения моделей строятся для ряда в 1, 2, 4, 8 и 16 нанометров. Предварительный выбор сравниваемой модельной кривой на разных участках спектра тестируемой аппаратуры задается в соответствии с априорными данными.

В ходе непосредственной оценки конкретного значения разрешения, на том или ином участке, проводится взаимное приведение измеренной и выбранной сравниваемой модельной кривой вычитанием их скользящего математического ожидания. В результате выделяются высокочастотные тренды двух огибающих, пересекающих ось абсцисс по центру выбросов фраунгоферовых линий поглощения. Для получения конечных оценок анализируются линейные пропорции соответствия отсекаемых по оси абсцисс отрезков сравниваемых кривых в наиболее подходящих областях - 502, 665, 820 и 855 нанометров, характерных для приборов, функционирующих в диапазоне чувствительности 0.4 – 0.9 мкм.

В результате было получено, что ошибки оценок спектрального разрешения разработанным методом примерно соответствуют измерительной точности, достигаемой в ходе контроля тестируемого видеоспектрометра ЗАО «НТЦ «Реагент» в лабораторных условиях, что подтверждает работоспособность предложенного подхода.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИИ РАССЕЯНИЯ ТОЧКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕСТОВОЙ СЪЕМКИ

В.Н. Остриков¹, О.В. Плахотников¹, А.В. Кикоть²

¹Санкт-Петербургский филиал ОАО «КБ «Луч», 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д.14а, тел./факс: (812) 438-76-51

²Санкт-Петербургский филиал ОАО «Концерн «Вега», 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д.14а, тел./факс: (812) 438-76-54

Текущая оценка качества оптико-электронных приборов (ОЭП) дистанционного наблюдения, используемых в системах технического зрения, является постоянной заботой специалистов, эксплуатирующих такие системы в естественных условиях. Особую важность эта задача приобрела в последнее время в связи с тенденцией достижения максимальной информативности систем при минимальных весовых и габаритных показателях. При этом требование к высокой точности оценки функции рассеяния точки (ФРТ) ОЭП связано как с необходимостью привнесения дополнительных подстроек (юстировок) в процессе настройки прибора, так и для повышения информативности получаемых видовых данных (например, для восстановления изображений).

Традиционно оценку качества ОЭП строят на основе получения частотно-контрастной характеристики (ЧКХ), лишь в среднем характеризующей свойства ФРТ прибора (или ее определенное сечение). Для получения полновесного пространственного распределения ФРТ с высокой для практических целей точности требуется проведение тестовой съемки по специальным мишеням в реальных условиях. При этом использование других подходов, например, «слепого восстановления» по реальным снимкам или тестовым мишеням, либо не обеспечивает необходимой точности, либо невозможно в силу теоретической некорректности поставленной задачи. Отсюда возникает задача построения параметризованной оценки ФРТ по результатам тестовой съемки.

В качестве тестовой мишени выбирается априорно простой контрастный однородный объект, также на однородном фоне, обеспечивающий достаточно простой метод формирования эталона (истинного прототипа объекта) по результатам съемки. Например, для этого используется яркий квадрат на темном фоне, позволяющий получать эталон простой сегментацией тестового снимка с заполнением отсчетами яркости, соответствующим средним значениям в центре и на периферии. Поэтому размеры мишени выбираются таким образом, чтобы на тестовом снимке обеспечивалось наличие центральной и окаймляющей областей, не возмущенных размытием скачков яркости на периферии яркого квадрата.

Поиск параметров модели, соответствующей набору значений фазовых возмущений оптической передаточной функции, размывающей рассчитанный эталон до его совпадения с результатом тестовой съемки, с точностью до уровня случайных ошибок, обусловленных шумом, строится путем решения прямой задачи размытия тестового фрагмента. При этом учитывается, что модельное

разложение членов фазовых возмущений в ряд Цернике, ортогональный на круге, позволяет осуществлять поиск оценки ФРТ независимо по каждому типу возмущений.

В докладе приводится пример полученной таким образом ФРТ и ее сравнение (по меридиональному и сагиттальному сечениям) с расчетной оценкой этих сечений по функции рассеяния края. Оценивается точность предложенного метода в зависимости от заданного числа членов разложения фазовых возмущений используемой модели.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХРАЗРЕШЕНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

С.В. Блажевич, Е.С. Селютина

НИУ «Белгородский государственный университет, Белгород

Разрешение цифрового изображения, получаемого при непосредственным использованием матриц детекторов, определяется качеством оптической системы, формирующей изображение на матрице, и размерами элементов матрицы. Однако существует возможность получения цифрового изображения с более высоким увеличением разрешением путем его синтеза из серии изображений объекта, снятых на той же матрице при соблюдении специальных условий съемки. Методы, позволяющие реализовать такую возможность, называемые методами получения сверхразрешения, активно разрабатываются в мире уже на протяжении нескольких десятков лет (R. Y. Tsai and T. S. Huang (1984); S. C. Park, M. K. Park, and M. G. Kang (2003); P. Vandewalle, S. Süsstrunk, and M. Vetterli (2006); Блажевич С.В., Винтаев В.Н., Ушакова Н.Н. (2010)).

В данной работе рассматриваются варианты получения сверхразрешения, а именно, синтез изображения из серии цифровых изображений, полученных: а) при субпиксельном сканировании оптического изображения матрицей детекторов; б) с использованием экранирующей маски с диафрагмами, установленной перед матрицей детекторов, и расфокусировки оптического изображения на матрице детекторов; в) при различных значениях степени расфокусировки оптического изображения без использования экранирующей маски.

Обсуждается процесс подготовки серии снимков для синтеза изображения высокого разрешения и, в частности, широко обсуждаемый в последние годы метод оптической съемки с использованием решетки микролинз, устанавливаемой перед детектирующей световое поле матрицей детекторов. Анализируются возможности использования сверхразрешения в системах технического зрения.

Литература

Иванов И.П., Петров М.А., Сидоров А.В. и др. (2003) Дистанционные исследования почв в прибрежной тундре // М.: Наука, 2003.143 с.

Alpers W., Brummer B. (1993) Imaging of atmospheric boundary layer rolls by the synthetic aperture radar aboard the European ERS-1 satellite // Proceedings of IGARSS'93. Tokyo. 1993. P.540-542.

R. Y. Tsai and T. S. Huang (1984) Multiframe image restoration and registration // Advances in Computer Vision and Image Processing, JAI Press, 1984, vol. 1, pp. 317–339.

S. C. Park, M. K. Park, and M. G. Kang (2003) Super-resolution image reconstruction: a technical overview // IEEE Signal Processing Magazine, vol. 20, no. 3, pp. 21–36, May 2003.

P. Vandewalle, S. Süsstrunk, and M. Vetterli (2006) A Frequency Domain Approach to Registration of Aliased Images with Application to Super-Resolution // EURASIP Journal on Applied Signal Processing (special issue on Super-resolution), vol.2006.

Блажевич С.В., Винтаев В.Н., Ушакова Н.Н. (2010) Синтез космического изображения с улучшенной разрешающей способностью на основе субпиксельного сканирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т.7. № 2. С. 9-13.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОССТАНОВЛЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ СЖАТИИ МЕТОДОМ ВТС В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

И.М. Книжный

Учреждение Российской академии наук Институт космических исследований РАН

В системах технического зрения, оперирующих большими объёмами видеоданных, актуальной является задача компрессии изображений.

Метод усеченного блочного кодирования (часто используется аббревиатура ВТС – block truncation coding), первоначально разработанный для кодирования черно-белых изображений с небольшим числом (4-64) градаций яркости (*Delp, Mitchell, 1979*), в настоящее время применяется для сжатия фотореалистических полутоновых изображений (как чёрно-белых, так и многокомпонентных цветных), в том числе – в системах технического зрения (*NASA JPL, 1999*), чему способствует ряд особенностей ВТС, отсутствующих у более современных и эффективных методов сжатия изображений (JPEG, JPEG2000).

К существенным достоинствам метода относятся низкая вычислительная сложность (число операций на пиксел изображения как при сжатии, так и при восстановлении, оказывается в несколько раз меньшим, чем при кодировании JPEG, выходная последовательность формируется за один проход по массиву входных данных), постоянство коэффициента сжатия как для полного изображения, так и для каждого его фрагмента, гарантированное время обработки каждого сэмпла данных, что существенно при использовании метода в системах

реального времени, высокая устойчивость кодированных данных к искажениям при передаче и хранении сжатых изображений, отсутствие треков ошибок при декомпрессии повреждённых данных, возможность произвольного доступа к нужному фрагменту без декомпрессии всего изображения. Серьёзным препятствием на пути более широкого использования метода в системах передачи и хранения изображений является больший, чем при использовании JPEG уровень искажений, что делает актуальной задачу повышения качества изображений при их сжатии методом ВТС.

Традиционные подходы, позволяющие уменьшить уровень искажений при сжатии методом ВТС, связаны с использованием более сложных схем квантования, увеличением числа уровней квантования, оптимизацией выбора пороговых уровней, а также с использованием предсказателей и статистического кодирования (*Kumar, Singh, 2011*), что приводит к снижению устойчивости кодированных данных к возможным искажениям при передаче.

Для повышения качества изображений при сжатии методом ВТС был разработан представленный в докладе подход, использующий процедуры предобработки сжимаемых изображений и постобработки после их декодирования на основе согласованных фильтров, обеспечивающих при их совместном применении минимизацию уровня искажений. Разработанный подход не ориентирован на какую-то конкретную реализацию ВТС и может быть использован с большинством модификаций метода, обеспечивая выигрыш по *PSNR* в среднем на серии тестовых изображений на 2-4 *dB* (в зависимости от заданного размера кодируемого блока и числа уровней квантования). Использование предлагаемого подхода позволяет сохранить постоянным коэффициент сжатия и практически не сказывается на устойчивости кодированных данных к возможным искажениям при передаче.

Литература

Delp E.J., Mitchell O.R.(1979) Image compression using block truncation coding //IEEE Trans.Commun.,1979.,vol.COM-27.–pp.1335-1342.

NASA JPL (1999) [Электронный ресурс]. Rover Camera Instrument Description.

Режим доступа : URL:

http://pdsimg.jpl.nasa.gov/data/mpfr-m-rvrcam-2-edr-v1.0/mprv_0001/document/rcinst.htm

Kumar A., Singh P. (2011) Image Compression by Moment Preserving Algorithms: A Scrutinization //Int. J. Comp. Tech. Appl., 2011., vol 2 (4), 1099-1117.

КОРРЕКЦИЯ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ШУМА ЛИНЕЕК ФОТОДАТЧИКОВ НА ВИДЕОСИГНАЛ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ СКАНИРУЮЩЕГО ТИПА

В.П.Андреев

Международная лаборатория «Сенсорика»

Системы технического зрения, предназначенные для работы в ИК-диапазоне, обычно используют в качестве датчика видеосигнала линейку фотодатчиков, которая устанавливается в систему оптико-механического сканирования. В таких системах видеосигнал формируется путём последовательной коммутации фотодатчиков, которые, как единое целое, перемещаются в направлении, перпендикулярном расположению фотодатчиков на линейке. В процессе сканирования каждый из фотодатчиков линейки формирует электрический сигнал, пропорциональный потоку излучения, попадающему на фотодатчик через объектив (линейная модель фотодатчика). В результате каждый фотодатчик формирует одну строку изображения.

Несоответствие видеосигнала изображению возникает вследствие разброса параметров фотодатчиков линейки. Данное явление принято называть геометрическим шумом многоэлементного фотоприёмного устройства (ФПУ). Особенно сильным геометрическим шумом отличаются ФПУ ИК-диапазона.

В процессе эксплуатации под воздействием целого ряда факторов происходит изменение параметров фотодатчиков. Время, в течение которого чувствительность фотодатчика изменится на величину, соизмеримую с его пороговой чувствительностью, много раз больше времени сканирования одного кадра изображения. Поэтому *процесс коррекции разделяется естественным образом на две части: одна – это собственно компенсация неравномерности видеосигнала, которую следует выполнять с частотой опроса фотодатчиков линейки, и другая – это вычисление корректирующих коэффициентов, которое может выполняться с более медленной скоростью.*

Недостатком известных способов эталонной коррекции геометрического шума является большая сложность организации равномерной засветки (особенно в ИК-диапазоне) и низкая точность компенсации вследствие влияния флуктуационных шумов датчиков и эталонных источников излучения. Известен безэталонный способ, основанный на предположении, что изображение есть случайная функция яркости, обладающая свойством эргодичности. Однако использовать свойство эргодичности можно лишь в случае, когда имеется совокупность нескольких тысяч кадров.

Предлагается метод, использующий модель изображения, основанную на сильных корреляционных связях смежных строк изображения. Это позволяет повысить точность вычисления корректирующих коэффициентов при малой длине реализаций. Изображение рассматривается как N реализаций (строк) конечной длины ($X = L$) случайной функции яркости $E_i(x)$, где i – номер строки, которые обладают следующими свойствами (Andreev, 2010):

1. Вероятность того, что в пределах одного кадра дисперсии функции яркости $D_i(E)$ и $D_{i+1}(E)$ смежных строк одинаковы (событие $A_{i,i+1}$), много больше вероятности того, что они различны (событие $B_{i,i+1}$): $P(A_{i,i+1}) \gg P(B_{i,i+1})$.

2. Вероятность того, что в пределах одного кадра средние значения функции яркости \bar{E}_i и \bar{E}_{i+1} смежных строк одинаковы (событие $F_{i,i+1}$), много больше вероятности того, что они различны (событие $H_{i,i+1}$): $P(F_{i,i+1}) \gg P(H_{i,i+1})$.

3. События $A_{i,i+1}$ и $B_{i,i+1}$, а также $F_{i,i+1}$ и $H_{i,i+1}$ образуют соответственно полную группу событий: $P(A_{i,i+1}) + P(B_{i,i+1}) = 1$ и $P(F_{i,i+1}) + P(H_{i,i+1}) = 1$.

4. События $A_{i,i+1}$ и $B_{i,i+1}$, а также $F_{i,i+1}$ и $H_{i,i+1}$ для любой из $N-1$ пар смежных строк в разных (m и n) кадрах независимы:

$$P(A_{i,i+1}^n, B_{i,i+1}^m) = P(A_{i,i+1}^n) \cdot P(B_{i,i+1}^m) \text{ и } P(F_{i,i+1}^n, H_{i,i+1}^m) = P(F_{i,i+1}^n) \cdot P(H_{i,i+1}^m).$$

На основе данных свойств изображения, можно вычислить относительные значения параметров фотодатчиков линейки и выполнить эффективную коррекцию видео-сигнала без использования эталонных источников излучения за малое число кадров.

В работе рассматриваются различные модификации метода вычисления корректирующих геометрический шум коэффициентов, основанного на данной статистической модели изображения, предлагается критерий оценки эффективности коррекции, и приводятся функциональные схемы соответствующих спецпроцессоров. Работа частично поддержана грантом РФФИ 10-07-00612а.

Литература

Andreev V. (2010) Video Signal Correction for Scanning Photocell Array in the IR-Computer Vision Systems // Annals of DAAAM for 2010&Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation" 20-23rd October 2010 Zadar, Croatia. ISSN 1726-9679.2010.P.17– 18.

МЕТОД ВЫБОРА УПОРЯДОЧЕННОГО НАБОРА ФИЛЬТРОВ ПРЕДОБРАБОТКИ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Н.И. Дмитриев, А.А. Хрусталеv, А.И. Ляпин, Е.Ю. Суворов

ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седатова», г. Нижний Новгород

Изображения, получаемые и обрабатываемые в современных системах обработки цифровых изображений и распознавания объектов, могут быть зашумленными и слабоконтрастными. Поэтому в данных системах используются подсистемы предобработки изображений. Предобработка изображений осуществляется упорядоченным набором фильтров. Выбор конкретного содержания данного набора является сложной инженерной задачей и зависит от условий визуирования сцены и вида анализируемой сцены с объектом поиска. При этом для

систем реального времени в ходе решения данной задачи необходимо руководствоваться поддержанием баланса между общим временем предобработки и качеством отфильтрованных изображений.

Одной из проблем решения данной задачи является трудность оценки качества отфильтрованных изображений. Чаще всего данная оценка производится методом экспертных оценок, т.е. является субъективной величиной. Авторы предлагают использовать следующий объективный параметр оценки качества предобработки изображений и метод автоматизированного выбора упорядоченного набора фильтров предобработки.

Для выделения на изображении объектов из фона необходимо, чтобы в среднем значение контраста объект-фон превышало значение контраста объект-объект, т.е. выполнялось следующее условие (1):

$$\Delta K = K_{оф} - K_{оо} > 0, \quad (1)$$

где

$$K_{оф} = \frac{1}{N_{оф}^2} \sum_{i,j \in S} \sum_{l,m \in e} (I_o(i,j) - I_\phi(l,m))^2, \quad (2)$$

$$K_{оо} = \frac{1}{N_{оо}^2} \sum_{i,j \in S} \sum_{l,m \in e} (I_o(i,j) - I_o(l,m))^2. \quad (3)$$

Здесь ΔK – абсолютная разница оценок локальных контрастов объект-фон и объект-объект; $K_{оф}$ – оценка локального контраста объект-фон; $K_{оо}$ – оценка однородности объекта (локальный контраст объект-объект); $I_o(i, j)$ – яркость точки объекта с координатами (i, j) ; $I_\phi(l, m)$ – яркость точки фона с координатами (l, m) ; $N_{оф}$ – совокупное число разностей объект-фон; $N_{оо}$ – совокупное число разностей объект-объект; S – совокупность всех точек объекта; e – локальная окрестность вокруг точки объекта с координатами (i, j) .

Применение фильтров подавления шумов приводит к сглаживанию локальных контрастов объект-объект и росту его однородности. Поэтому будем исходить из требования, что при предобработке изображения должны расти и контраст объект-фон, и однородность объектов. Тогда для оценки качества предобработки, можно использовать следующий коэффициент $\delta_{ко}$:

$$d_{ко} = \frac{\Delta K' - \Delta K}{|\Delta K|} - \frac{K'_{оо} - K_{оо}}{|K_{оо}|}. \quad (4)$$

Метод выбора упорядоченного набора фильтров предобработки для конкретного объекта поиска при заданных условиях применения сводится к выполнению следующих этапов.

1) Формируется каталог с репрезентативной выборкой изображений анализируемой сцены, содержащих объект поиска при всех заданных условиях применения.

2) Формируется список возможных вариантов упорядоченных наборов фильтров предобработки.

3) Вычисляется значение параметра $\delta_{ко}$ для каждого варианта, путем расчетов для каждого изображения каталога и последующего усреднения на число изображений в каталоге.

4) Выбирается оптимальный вариант упорядоченного набора фильтров предобработки с максимальным значением $\delta_{\text{КО}}$ при условии, что время предобработки не превышает предельное значение.

Главным достоинством коэффициента оценки качества предобработки изображений $\delta_{\text{КО}}$ является простота его вычисления. Основанный на этой оценке метод выбора упорядоченного набора фильтров предобработки является удобным и простым инструментом для объективного выбора набора фильтров предобработки, позволяющего подавить шумы на изображении и повысить контраст объект-фон.

МЕТОД ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ БЫСТРЫХ ДВУМЕРНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ НА ЭТАЛОННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

А.Ю. Дорогов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

Традиционно для обработки изображений используются ортогональные преобразования, обладающие быстрыми алгоритмами выполнения. Цель обработки обычно заключается в фильтрации или сжатии изображения. В обоих случаях необходимы некоторые априорные знания, которые касаются либо спектра помехи, либо класса изображения. В зависимости от этой информации выбирается тип используемого преобразования. Для сжатия обычно применяются ортогональные косинусные и вейвлет преобразования, базисные функции которых, близки к собственным векторам ковариационных матриц класса изображений. Сами собственные вектора, упорядоченные в матрицу, образуют ортогональное преобразование Карунена-Лоэва. К сожалению, это преобразование не имеет быстрого алгоритма, и поэтому не используется при больших размерностях данных. Однако его важной отличительной особенностью является возможность настройки преобразования по статистически накопленным данным.

Подобное качество можно распространить и на быстрые преобразования, поставив перед собой цель, настроить значения коэффициентов базовых операций таким образом, чтобы учесть априорную информацию и сохранить при этом условие ортогональности. Быстрые преобразования имеют меньшее число степеней свободы, чем преобразование Карунена-Лоэва, поэтому возможности обучения будут ограничены. Тем не менее, их достаточно, для того чтобы настроиться, по крайней мере, на одну главную компоненту преобразования Карунена-Лоэва, и уже это позволяет решать целый класс задач, связанных с эффективным сжатием, адаптивной фильтрацией и распознаванием образов.

Рассматриваемый метод настройки быстрых двумерных преобразований основан на идеях фрактальной фильтрации, которые были первоначально развиты для одномерных сигналов. Для двумерного случая фрактальная фильтра-

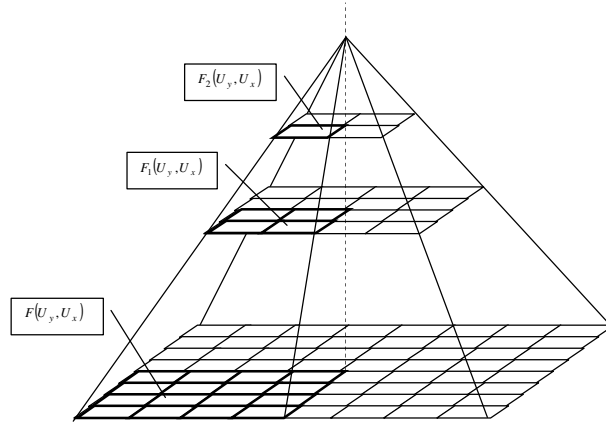


Схема фрактальной фильтрации изображения представляет собойратно-масштабную обработку изображений, последовательно сжимающую его размеры вплоть до единственной точки.

Схему фрактальной фильтрации можно представить в виде пирамиды показанной на рисунке. Основанием пирамиды является исходное изображение, $F(U_y, U_x)$. Под фрактальным фильтром понимается произвольный функционал Φ , заданный на кратной выборке изображения. Формально фрактальный фильтр можно представить выражение $F_1(\langle u_{n-1}^y u_{n-2}^y \mathbf{L} u_1^y \rangle, \langle u_{n-1}^x u_{n-2}^x \mathbf{L} u_1^x \rangle) = \Phi_{(u_0^y, u_0^x)} \left[F(\langle u_{n-1}^y u_{n-2}^y \mathbf{L} u_1^y u_0^y \rangle, \langle u_{n-1}^x u_{n-2}^x \mathbf{L} u_1^x u_0^x \rangle) \right]$.

Где переменные u_0^y и u_0^x в совокупности определяют координаты точек изображения в позиционной системе счисления. Очевидно, что изображение F_1 будет кратно уменьшенным по размерам по отношению к исходному изображению. Функционалом, например, может быть правило вычисления среднего значения или медианы двумерной выборки.

При последовательном сжатии изображения на каждом шаге выделяется информация необходимая для настройки ортогональных ядер быстрого преобразования. Настройка выполняется за конечное число шагов, которое определяется числом множителей в мультипликативном разложении размерностей преобразования.

Построенные ортогональные преобразования в качестве одной из базисных функций содержат эталонное изображение. Остальные базисные функции позволяют выявить отличия от эталона. Ранжируя спектральные коэффициенты по энергии, и отбрасывая малозначимые, можно достаточно легко обеспечить эффективное сжатие для класса изображений близких к эталону без существенной потери качества при восстановлении изображений. Наличие быстрого алгоритма обеспечивает высокую скорость обработки данных.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.П.Богданов, Ю.Н.Романов

ОАО «Государственный Рязанский приборный завод», г.Рязань

Создание аппаратных средств цифровой обработки изображений (ЦОИ), особенно в обзорных и обзорно-прицельных оптико-электронных системах (ОЭС), требует проведения этапа полунатурного моделирования по сравнительной оценке эффективности разрабатываемого алгоритмического обеспечения. Вопрос об эффективности разрабатываемых средств ЦОИ решается субъективной оценкой качества выполнения ОЭС своих функций (дальность обнаружения, распознавания, автоматического захвата, время и вероятность обнаружения/сопровождения, количество обнаруженных целей и т.д.). При этом охватывается весь тракт получения и представления видеоданных датчик-монитор общепринятыми методами испытаний телевизионной техники. Эти методы, в основе своей, направлены на верификацию алгоритмов и аппаратуры сжатия и передачи данных при воспроизведении изображений, полученных в нормированных студийных условиях, и ориентированы на обработку аналогового сигнала [1,2]. Однако на практике часто не представляется возможным воссоздать полностью весь канал визуализации до завершения испытания всего комплекса. В связи с этим возникает необходимость в проведении оперативной сравнительной оценки качества цифровых изображений практически после каждого функционального оператора ЦОИ. Кроме этого, методики и испытательные изображения для оценки параметров аналоговых сигналов являются малопригодными для функционально-ориентированных систем ЦОИ, решающих задачи улучшения видения для визуального обнаружения и распознавания целей, автоматического обнаружения и автоматического сопровождения обнаруженных целей.

В докладе сделана попытка нахождения соответствия между субъективными критериями качества оптических изображений с объективными численными характеристиками цифровых изображений. Количественные параметры изображений позволяют анализировать частотно-контрастные и шумовые характеристики изображений, определяющие качество цифровых изображений. Численные меры оценки качества изображения делятся на два класса: одномерные и двумерные.

К одномерным численным метрикам можно отнести основные энергетические характеристики изображений: диапазон воспринимаемых яркостей (контраст и количество информационных уровней), среднюю яркость, среднеквадратическое отклонение и энтропию. Объединение перечисленных показателей дает возможность получить интегральный критерий оценки качества контрастной составляющей цифровых изображений. Определение уровня шумов на изображении производится на основе представления изображения двухкомпонентной моделью, состоящей из полезной информации (фон изображения и объекты на нем) и шумовой составляющей [3]. Однозначная интерпретация

численных характеристик в субъективные параметры качества визуальных изображений невозможна, поскольку численные характеристики не учитывают семантику изображений. Этого можно избежать, используя двумерные характеристики изображения: гистограмму распределения уровней яркости и матрицу совместной встречаемости уровней серого. Важными характеристиками, с точки зрения выполнения системой ЦОИ основной функции - обнаружения и автоматического сопровождения, являются локальное значение контраста и локальное отношение сигнал/шум, вычисленные по объекту и окружающему фону анализируемого или обработанного изображения.

В докладе приводятся результаты работы программного пакета оценки качества цифровых изображений, использующегося для отработки, проведения испытаний и оценки эффективности работы функциональных операторов ЦОИ, реализованных в семействе многофункциональных систем цифровой обработки видеоизображений «Охотник» [4]. Оценка эффективности выполняется на видеоизображениях, полученных в условиях реальной фоноцелевой обстановки.

Литература

1. Кривошеев М., Федунин В. Международные стандарты по цифровому телевизионному вещанию/ Связь и телекоммуникации. №7, 2007г.
2. Кривошеев М. Основы телевизионных измерений. М.: Радио и связь. 1989.
3. Чочиа П.А. Двухмасштабная модель изображения. // Кодирование и обработка изображений. М.: Наука, 1988.
4. Алпатов Б.А., Блохин А.Н., Костяшкин Л.Н., Романов Ю.Н., Шапка С.В. Семейство многофункциональных систем обработки видеоизображений "Охотник" // Цифровая обработка сигналов. 2010. №4. С.44-51.

ФОРМИРОВАНИЕ И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДВУМЕРНОЙ ГИСТОГРАММЫ

К.В. Козлов^{1,2}, С.М. Соколов³, В.Н. Соляков^{1,2}, Д.Ю. Тренин^{1,2}

¹ ФГУП «НПО «Орион», Москва

² МФТИ(ГУ), г. Долгопрудный

³ ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва

Системы технического зрения видимого диапазона давно и активно развиваются и предоставляют много необходимой информации для различных систем управления, но не могут в силу объективных причин обеспечить стабильное изображение сцен во всех возможных условиях наблюдения. Вместе с тем, развитие современных технических средств делает возможным получение изображения сцен в различных диапазонах лучистой энергии с высоким разрешением. Перед техническими системами встают две актуальных задачи инфор-

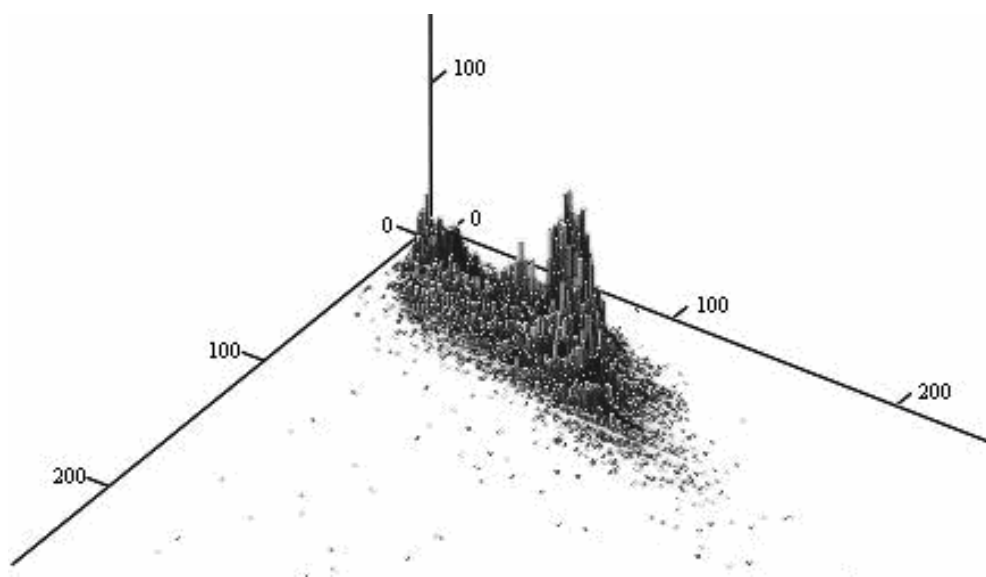
мационного обеспечения управленческих задач. Первая: объединение изображений различных диапазонов для предоставления наиболее полного образа наблюдаемых сцен человеку. Вторая: объединение изображений различных диапазонов для автоматического распознавания, манипулирования/воздействия или целенаправленных перемещений.

В докладе рассматривается один из способов синтеза двухдиапазонных инфракрасных изображений, полученных с помощью матричных фотоприёмных устройств (МФПУ) (Горелик Л.И., и др. 2011), чувствительных в среднем (3...5 мкм) и дальнем (8...12 мкм) диапазонах спектра для предоставления оператору.

Предложенный метод синтеза основывается на построении двумерной палитры, учитывающей неравномерность гистограммы изображений (см.рисунок). Метод схож с методом эквализации гистограмм обычных (однодиапазонных) изображений (Гонсалес Р., Вудс Р. 2005) , однако учитывает коррелированность инфракрасных изображений (Oliver Schreer, Monica Lopez Saenz and other 2007) .

На примере обработки изображений реальных сцен показаны недостатки алгоритма независимой эквализации гистограмм составляющих изображений применительно к проблеме формирования синтетического изображения хорошего качества. Демонстрируются преимущества алгоритма эквализации двумерной гистограммы путем разбиения ее на прямоугольные области. Полученные изображения лучше воспринимаются оператором и содержат данные об объектах из изображений обоих диапазонов.

В дальнейшем развитии предложенного подхода предполагается определение оптимальной мелкости разбиения гистограммы, использование для формирования синтетического изображения цветных палитр и автоматизация выбора параметров алгоритма.



Пример двумерной гистограммы

Литература

Гонсалес Р., Вудс Р. (2005) Цифровая обработка изображений М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

Oliver Schreer, Monica Lopez Saenz, Christian Peppermuller, Uwe Schmidt (2007) «Dual-band camera system with advanced image processing capability» // Proc. of SPIE Vol. 6542, 65421C, 2007.

Горелик Л.И., Дрогайцева Е.В., Полесский А.В., Сидорин А.В., Соляков В.Н., Тренин Д.Ю. (2011) «Двухдиапазонная тепловизионная система для спектральных диапазонов 3-5 и 8-12 мкм» // Прикладная физика № 2 -2011. С. 92-96.