

Учреждение Российской академии наук Институт кос-
мических исследований РАН

ФГУП "Государственный научно-исследовательский
институт авиационных систем"

Учреждение Российской академии наук Институт при-
кладной математики им. М.В.Келдыша РАН

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ- 2011

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

РОССИЯ
МОСКВА
15-17 МАРТА
2011

С 15 по 17 марта 2011 г. в Москве, в Учреждении Российской академии наук Институте космических исследований РАН состоится научно-техническая конференция “Техническое зрение в системах управления - 2011”. Предыдущая 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”.

Планируя проведение конференции 2011 года, организаторы ставили целью 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:

по программе: Гришин В.А. (495) 333-11-88

по оргвопросам: Антоненко Е.А. (495) 333-42-45

Е-mail: tvcs2011@technicalvision.ru

Сайт: <http://tvcs2011.technicalvision.ru>

Секция № 1

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

ПОДСЕКЦИЯ: ДАТЧИКИ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Ведущий – С.М. Соколов

ГИПЕРСПЕКТРОМЕТР КАК ЭЛЕМЕНТ ЦВЕТНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

В.В.Егоров¹, А.П.Калинин², И.Д.Родионов³

¹ Учреждение российской академии наук Институт космических исследований РАН

² Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

³ Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН

Цель технического цветного (или просто цветового) зрения - воспринимать испускаемое или отраженное световое излучение и дифференцировать это световое излучение по длине волны. В настоящее время только гиперспектральный сенсор является именно тем прибором технического цветного зрения, который в полной мере соответствует этому определению. Гиперспектрометр во многом превосходит глаз по возможностям цветного зрения (по спектральному и пространственному разрешению, возможности регистрации интенсивности, чувствительностью к ультрафиолетовой и инфракрасной части излучения и к поляризации). В совокупности с экспертной системой (базой знаний) гиперспектрометр можно считать прибором, обладающим свойствами интеллектуального зрения. По сравнению с глазом гиперспектрометр дает такое изображение, в котором в каждом его пикселе существует спектр, который к тому же может быть представлен в цифровом виде. Поэтому к гиперспектрометру с полным основанием подходит определение химического зрения, так как его спектральные данные позволяют определять химический состав исследуемого объекта. В настоящее время гиперспектральные исследования все больше используются в науке, технике, сельском хозяйстве и т.п. Основным понятием гиперспектральной съемки является «гиперкуб». Так в мировой литературе называют множество данных, образованных значениями интенсивности восходящего от исследуемой двумерной поверхности объекта зондирования, разбитой условно на элементы изображения – пиксели. Кроме двух стандартных координат X и Y добавляется спектральная координата, что обеспечивает трехмерность пространства данных. Также может добавляться еще поляризационная координата. Таким образом, измеряемые гиперспектрометром данные представляют собой значения функции, заданной в многомерном пространстве.

Результаты гиперспектральных измерений особенно полезны для решения сложных задач обнаружения объектов, идентификации их состава, происходящих в них процессов, выделения отличий между очень близкими классами предметов, оценки биохимических и геофизических параметров и т.п. Только гиперспектральные измерения могут выявить малые спектральные различия между отдельными элементами объекта и служить их индикатором. Гиперспектральные исследования широко применяются для дистанционного зондирования Земли с авиационных и космических носителей.

В ЗАО НТЦ «Реагент» создана серия авиационных и лабораторных гиперспектрометров, которые использовались в лабораторных и натурных экспериментах по изучению кинетики процессов горения и взрыва, определению целевого типа растительности (например, наркосодержащих культур) на фоне других ценозов, исследованию биохимического состава растительности и т.п. Таким образом, было показано, что гиперспектрометр действительно является элементом цветного технического зрения.

ОЦЕНКА ФУНКЦИИ РАССЕЯНИЯ ТОЧКИ НА ПРОИЗВОЛЬНОМ СНИМКЕ МЕТОДОМ СЛЕПОГО ПОИСКА

В.Н. Остриков

Санкт-Петербургский филиал ОАО «КБ «Луч»

Оценка функции рассеяния точки (ФРТ) по результирующему снимку является одной из весьма актуальных задач в рамках проблемы апостериорной автоматической оценки качества видеоданных, получаемых аппаратурой технического зрения. Наиболее часто реализуемым в настоящее время подходом к решению этой задачи является получение ФРТ в ходе поиска и выделения отдельных элементов снимка, позволяющих рассчитывать локальную функцию рассеяния края. Однако, как это следует из применения такого рода методов, далеко не всегда и не на любом снимке удастся выделить, тем более без участия оператора, однородные скачки интенсивности или резкие края объектов.

Вместе с тем, Р.Сомп (1994г.) теоретически строго показал возможность решения задачи реализации восстановления видеоданных на основе «слепого» поиска аппаратной функции снимка посредством использования теории контрастных функций. На основе этого подхода Горячкин В.О. (2004г., г.Самара) обосновал возможность применения этого подхода к однопараметрическому восстановлению видеоданных, полученных на базе радиолокатора с синтезированной апертурой. При этом использовался критерий поисковой оптимизации по минимуму энтропии.

Теоретически предсказанная возможность реализации слепого поиска ФРТ применительно к видеоданным оптического диапазона реализуется пу-

тем построения абберационной модели размытия изображения трактом формирования на базе параметрического разложения фазового члена оптической передаточной функции (ОПФ) системы в ортогональный на круге ряд полиномов Цернике. Для этого выбранный произвольный фрагмент снимка, обычно не более 128×128 пикселей, последовательно подвергается процедуре восстановления по Тихонову, где параметр регуляризации задается по предварительной оценке уровня присутствующего на фрагменте шума, а коэффициенты полиномиальной аппроксимации задаются простым перебором с заданным шагом. В ходе поисковой процедуры по результату пробного, по заданным параметрам фазовых возмущений, восстановления фрагмента, рассчитывается энтропия. При достижении ее минимального значения текущие значения параметров фиксируются, определяя найденный вид ФРТ. В качестве первого приближения предполагается отсутствие аббераций, то есть принимается дифракционная оптическая передаточная функция. Несмотря на нелинейное преобразование, как это было экспериментально доказано в методах применения адаптивной оптики для разложения возмущений в ряд Цернике, коэффициенты отдельных полиномов можно подбирать независимо от остальных, последовательно проводя поиск по минимуму критерия для первого, второго и последующих коэффициентов фазовых возмущений. Такая возможность также экспериментально подтверждена в ходе моделирования. На моделях показано, что для видовых данных оптического диапазона рассмотренным методом возможно достаточно точное определение ФРТ, для верификации исходная модель размытия задается на основе традиционно используемого в теоретической оптике абберационного разложения по полиномам, описывающим различные типы аббераций, а поиск реализуется, как отмечено, их разложением в ряд Цернике.

Разработанный метод позволяет автоматически, без участия оператора, производить оценку ФРТ с учетом трех-пяти коэффициентов фазовых возмущений при аппаратном отношении сигнала к шуму не ниже 30-ти. Визуальный анализ рассчитанных в ходе поиска фрагментов позволяет констатировать повышение качества восстановленных по Тихонову образов на основе найденной ФРТ. Приводятся примеры восстановления с использованием предложенного метода полученных с авиационных и космических носителей панхроматических, цветных и гиперспектральных (на отдельных линиях) снимков. Рассматривается реализация модельной оценки оптического разрешения реального изображения по найденной ФРТ.

МОДЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ВИДЕО-СПЕКТРОМЕТРАМИ КОСМИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ ПО ДАННЫМ ВОЗДУШНОЙ И НАЗЕМНОЙ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ СЪЕМКИ

В.Н. Остриков, О.В. Плехотников, К.М. Шулика

Санкт-Петербургский филиал ОАО «КБ «Луч»

Видеоспектрометры космического базирования являются наиболее совершенной аппаратурой получения данных дистанционного зондирования поверхности Земли с точки зрения реализации автоматического распознавания объектов. Современная аппаратура гиперспектральной съемки (ГСС) обеспечивает, по результатам низкого пространственного разрешения, по сравнению с данными панхроматического канала, спектральную идентификацию элементов наблюдаемой поверхности Земли, реализуя возможность автономной обработки непосредственно на борту носителя. При этом существенно снижаются весовые, габаритные и стоимостные показатели аппаратуры, потенциально повышается скорость доведения полезной информации до потребителя.

Основной платой за преимущества использования средств ГСС является существенное усложнение обработки данных, включая предварительное получение, внутреннюю и внешнюю калибровку, формирование библиотек спектральных характеристик, разработку адекватных методов спектральной идентификации типов поверхностей, входящих в состав наблюдаемых сцен. Поэтому для ведущихся в настоящее время разработок отечественных образцов аппаратуры актуальной проблемой является предварительная, по результатам применения воздушной съемки, подготовка спектральных библиотек, отработка методов автоматической спектральной идентификации, оценка потенциальных возможностей применения космической аппаратуры для решения тематических задач народно-хозяйственного назначения, включая экологический мониторинг и мониторинг чрезвычайных ситуаций.

В настоящее время имеется достаточно большой объем накопленных данных по спектрометрическим характеристикам поверхностей, полученных в различных условиях наблюдения, аппаратурой авиационного и наземного типа. Для их приведения к условиям наблюдения из космоса построена специальная математическая имитационная модель, реализующая учет свойств и параметров видеоспектрометра, условий освещенности и трассы формирования сигнала, а также методов внешней калибровки и методов спектральной идентификации. Модель позволяет имитировать переход от высокого исходного спектрального и пространственного разрешения, к данным низкого разрешения, характерным для аппаратуры ГСС космического наблюдения. При этом оцениваются потенциальные возможности идентификации поверхностей применительно к различным входным сочетаниям спектральных пар, включая субпиксельный вариант формирования спектральной смеси объект-

фон в отдельных элементах пространственного разрешения. На вход модели подаются измеренные спектральные ходы коэффициентов яркости (КЯ) с учетом их спектральной вариабельности. На выходе пересчитанные в КЯ с учетом имитации калибровки спектральные характеристики идентифицируются и рассчитываются вероятности их автоматического распознавания.

В качестве исходных данных используются результаты летных экспериментов (аппаратура ГСС ЗАО «НТЦ «Реагент») и наземных измерений ручным полевым спектрометром с пространственным разрешением около 10 см со спектральным шагом 1 нм. Рассматривается разработанная математическая имитационная модель, приводятся результаты расчетов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛЕДЯЩЕГО ДАЛЬНОМЕРНОГО КАНАЛА ОДНОКАМЕРНОЙ СТЗ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Д.В. Васильев, А.В. Гапон, А.С. Коротеев, В.А. Никонов

НПК «Системы прецизионного приборостроения», Москва

Пассивные однокамерные системы «технического зрения» ТВ-типа помимо автономного углового ориентирования КА на нужный объект, могут следить за расстоянием до него, используя триангуляционный пересчет масштаба его изображения в дальность. Это нужно, например, при автоматическом сближении двух КА, начинающемся с большой дистанции до их механической стыковки. Минимизация относительной ошибки контроля за дистанцией даётся непрерывностью и субпиксельной точностью, достигаемой при беспoisковом ортокорреляционном слежении за масштабной компонентой проективного сдвига входного изображения в потоке ТВ-кадров.

Демонстрируется смоделированный парциальный контур, следящий за изменением масштабного сдвига во входном сигнале. Ключевым элементом контура служит ортокорреляционный дискриминатор масштабного сдвига (ОКДМС), сравнивающий текущий кадр и записанный в начале слежения эталонный кадр. Разомкнутая система позволяет получить дискриминационную характеристику по масштабному сдвигу (ДХм). При замкнутой системе это звено измеряет лишь межкадровую разномасштабность. Её оценка обеспечивает обратную связь, компенсирующую этот сдвиг за счёт управления кратностью оптического или цифрового «зума» для изображений во входном тракте СТЗ. Такой управляемый элемент (УЭ) в контуре регулирования после ОКДМС интегрирует межкадровые масштабные сдвиги. Накапливаемый в УЭ итог есть мера текущего масштабного сдвига относительно начального визирования, которая обратно пропорциональна дальности до наблюдаемого объекта. Пересчёт изменения масштаба в изменение дальности может быть сделан, например, через известное расстояние между характерными точками на наблюдаемом КА.

В составе модели СТЗ с дальнометрированием воспроизведены главные функции видеоприёмника, процессорный алгоритм ОКДМС, вариообъектив в роли УЭ, а также процедура запоминания эталонного видеокadra. В качестве источника входного сигнала генерируется полунатурный фильм с заданной временной зависимостью масштаба. Параметры модели (закон движения, размер поля зрения и пр.) устанавливает оператор, ход и итоги экспериментов визуализируются.

В соответствии с теорией измерения неаддитивных сдвигов (Васильев, 2010), в алгоритме ОКДМС для отслеживания неаддитивного сдвига кадровых изображений сигнал $\mathbf{x}(\mathbf{z})$ переводится из декартовых координат $\{\mathbf{z}=(z_1, z_2)\}$ в полярно-логарифмические координаты $\{\zeta=(\zeta_1, \zeta_2)\}$, где

$$\zeta_1 = \log_b |\mathbf{z}| = \log_b (z_1^2 + z_2^2), \quad \zeta_2 = \arctg (z_2 / z_1), \quad (1)$$

а изменение масштаба изображения преобразуется в двумерный аддитивный сдвиг. Его затем можно измерять, алгоритмом нестационарного корреляционного дискриминатора (НКД) как метода оптимальной оценки вектора параметров сдвига. Для уменьшения вычислительных затрат предложено вместо прямого преобразования дискретного двумерного сигнала производить обратное к (1) преобразование аналитических базисных функций (БФ) с применением взвешенной фильтрации по алгоритму НКД.

Результаты и выводы, представленные в докладе:

- Рассмотрение различных реализаций двумерных и одномерных БФ
- Математическое ожидание ДХм на массиве сюжетов
- Параметры ДХм – разброс апертуры и крутизны
- Влияние на работу контура других проективных сдвигов и шумов
- Графики динамических характеристик контура и ошибок слежения
- Работоспособность ОКДМС и контура на демонстрационном сюжете
- Метод использования КДм для оценки дальности и возможный диапазон

Литература

Васильев Д.В. (2010) Фрагменты прикладной теории СТЗ для БПЛА. // Конференция-семинар "Системы технического зрения для летательных аппаратов" ИКИ РАН РФ март 2010.

Васильев Д.В., Мишин В.В. (2007) Инвариантные дискриминаторы сдвига изображений // М.: Электромагнитные волны и электронные системы, т.12, №7, 2007, С.35-43.

Гапон А.В. (2009) Свойства ортокорреляционных дискриминаторов сдвига изображений. // М.: Радиотехника, Электромагнитные волны и электронные системы. 2009. №7. С. 23–29.

ФАСЕТОЧНЫЙ СОЛНЕЧНЫЙ ДАТЧИК, КАК СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ПРИ АВТОНОМНОМ УПРАВЛЕНИИ КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ

В.Д.Глазков, В.А Котцов

Учреждение Российской академии наук Институт космических исследований РАН

Солнечный датчик (СД) считается одним из основных функциональных элементов большинства систем ориентации и навигации космических аппаратов (КА). В настоящее время он представляет собой одну из разновидностей систем технического зрения (СТЗ) статического типа для определения направления на геометрический центр Солнца по двум угловым координатам.

Солнечные датчики, как бортовые СТЗ, бывают камерные и бескамерные, аналоговые и цифровые. Наибольшее распространение сейчас находят СД камерного типа, создаваемых, на базе одиночных пар солнечных элементов, линейных или матричных фотодиодных массивов. Однако для малых КА – микро и нано спутников РАН для фундаментальных и прикладных космических исследований – большое значение вновь приобретают фасеточные датчики - аналоговые СД бескамерного типа. Основными преимуществами этого СД являются то, что его масса и размеры, относительно СТЗ камерного типа, невелики, и высокая точность и большое поле зрения могут быть реализованы одновременно.

В докладе рассматриваются фасеточные солнечные датчики. В конструктивном плане они представляют собой моноблочный или распределённый варианты схем построения СТЗ. Основой моноблочного варианта схемы, при ортогональной системе координат, является усеченная правильная четырехгранная пирамида, на гранях которой расположены фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), как правило, солнечные элементы, а в её теле – элементы электроники. В принципе, для получения информации о направлении на Солнце, рассматриваемыми СТЗ, требуется минимальный набор собственных средств. Нет особой необходимости в электропитании и вычислительных средствах КА. Всё необходимое реализуется и решается самим СД бескамерного типа, с помощью его относительно простых функциональных элементов, что и позволяет практически строить быстродействующие высоконадежные бортовые СТЗ, имеющие ультра малые массу, объем и электропотребление. При этом важно, как отмечено выше, высокая точность и большое поле зрения СД могут быть реализованы одновременно.

Фактически фасеточный солнечный датчик при наличии малой солнечной батареи для электропитания электроники может представлять собой СТЗ в виде автономного наноспутника, размещенного на КА, с беспроводной связью с последним для передачи данных о направлении на геометрический центр Солнца по двум угловым координатам относительно посадочного места прибора. При этом ФЭП солнечного датчика и малой солнечной батареи целесообразно выполнять в виде каскадной монолитной конструкции. Такая

система в пакете будет минимальной и высокоэффективной, чтобы размещать её на наноспутниках РАН.

Рассматриваемые СД, имеющие ФЭП с апертурными характеристиками в виде косинуса, наделены интеллектуальными способностями в части контроля достоверности результатов измерения сигналов, определяющих направление на Солнце. Основой интеллекта является фотометрический баланс – равенство сумм сигналов нечетной и четной пар ФЭП, расположенных на противоположных гранях усеченной правильной четырехгранной пирамиды. Уход Солнца за поле зрения СД, несимметричное затенение или боковая подсветка ФЭП и различие в их деградации из-за воздействия окружающей среды – космоса, ведет к нарушению этого баланса. Отсутствие баланса является основанием для исключения недостоверных результатов измерений из выходного информационного потока СД в реальном масштабе времени. Кроме того, появляется возможность балансировки (подстройки) противоположных пар ФЭП по солнечному излучению в процессе полета, что существенно увеличивает надежность такой СТЗ и ресурс работы КА в космосе.

Все разновидности СД боятся сторонних засветок, например, от Земли. Однако если работать в теллурических полосах спектров планет, то от этого недостатка можно избавиться. Для рассматриваемых СД такой полосой является участок длин световых волн 0,23...0,29 мкм. Используя в СТЗ “солнечно-слепые” ФЭП, которые более устойчивы к условиям интенсивных внешних космических воздействий по сравнению с Si и GaAs фотоприемниками, а также отмеченный выше фотометрический баланс, эта проблема в них разрешается весьма успешно.

Фасеточные солнечные датчики, по отношению к приборам камерного типа, имеют преимущество при создании СТЗ с большим полем зрения, например, полусферическим. Конструктивно реализация полусферических СД осуществляется путем организации штабеля - вертикального объединения двух усеченных правильных пирамид, имеющих разные наклоны боковых граней, что кроме получения большого поля зрения прибора позволяет сохранить или увеличить линейность и точность таких СТЗ.

Использование штабеля из двух усеченных пирамид, изменение наклона их граней и введение в схемы построения СД бескамерного типа корректирующих ФЭП позволяет строить СТЗ с различными по размеру полями зрения и линейными в пределах поля угловыми характеристиками.

Итог – Фасеточные солнечные датчики в виде многогранной конструкции с минимальным набором ФЭП и электронных элементов, как СТЗ при автономном управлении КА, являются перспективным прибором для микро и нано спутников, которые будут использоваться РАН для фундаментальных и прикладных космических исследований.

Секция № 1

ПОДСЕКЦИЯ: ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА

Ведущий – А.Н. Кропотов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛИС ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА СТЕРЕОСОПОСТАВЛЕНИЯ С ГЛОБАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИЕЙ

М.В. Балахно

Научно-исследовательский институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова

Рассматривается задача создания реализации алгоритма стереосопоставления с глобальной оптимизацией, способной работать в режиме реального времени. В качестве базового алгоритма выбран алгоритм полуглобального сопоставления (*Hirschmuller H.* 2005). Указанный алгоритм является итеративным и характеризуется высокой вычислительной сложностью, что делает практически невозможным его реализацию в режиме реального времени на классической SISD-архитектуре (к которой относятся, в частности, DSP-процессоры и процессоры современных ПК).

Описывается архитектура проведения вычислений на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС), в том числе общий конвейер вычислений, механизм размещения данных во внешней памяти и способ доступа к ним. Рассматриваются блоки:

- захвата кадров с двух камер
- синхронизации кадров
- преобразования цветовых пространств
- расчета разностного пространства
- агрегации штрафов
- выборки конечного решения
- управления доступом к памяти

Использование описываемой архитектуры позволяет значительно и гибко распараллелить вычисления по данному алгоритму, что позволяет достичь режима работы реального времени. Приводятся численные оценки производительности системы в зависимости от разрешения исходных кадров, а также соображения по дальнейшему повышению производительности.

Литература

Балахно М.В. (2009) Оптимизация потоков данных в системе технического стереозрения реального времени на основе технологии программируемых ло-

гических интегральных схем. Ломоносовские чтения 2009, секция общей механики, 24 апреля 2009 г.,

Hirschmuller H. (2005) Accurate and Efficient Stereo Processing by Semi-Global Matching and Mutual Information. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), San Diego, CA, USA, June 20-26, 2005.

Scharstein D., Szeliski R. (2002) A taxonomy and evaluation of dense two-frame stereo correspondence algorithms. International Journal of Computer Vision, 47(1/2/3):7-42, April-June 2002.

Xilinx.com (2010). Xilinx UG331 Spartan-3 Generation FPGA User Guide, http://www.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug331.pdf

СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ РАБОТУ БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

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

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

Классически бортовая система технического зрения, входящая в состав мобильных объектов и предназначенная для автономного управления в сложной, неопределенной и быстроменяющейся обстановке, состоит из системы получения цифровых изображений наблюдаемых сцен в одном или нескольких диапазонах длин волн и системы обработки цифровых изображений и распознавания объектов на них. Одной из систем обработки цифровых изображений и распознавания объектов является представленная авторами система распознавания объектов (СРО), предназначенная для автоматического обнаружения, распознавания объектов и определения углового направления на объекты в реальном времени. Работа системы основана на разработанном авторами методе обработки видеоизображений и идентификации объектов.

Обобщенная функциональная организация данного метода представляет следующую последовательность этапов (*Прэтт У., 1982*):

- 1) сегментация изображения;
- 2) построение аналитического описания полученных образов объектов;
- 3) классификация образов.

На первом этапе производится сегментация изображения сцены алгоритмом выделения однородных областей, который состоит из двух частей: алгоритма формирования штрихов одной строки и алгоритма формирования штриховых образов объектов (*Ляпин А.И., Суворов Е.Ю., 2006*). Данный алгоритм является одним из алгоритмов сегментации с непосредственным поиском регионов и отличается значительным быстродействием. В ходе формирования штриховых объектов производится предварительная фильтрация

неинформативных объектов, что значительно уменьшает время выполнения последующих этапов работы алгоритма.

На этапе построения аналитического описания для каждого полученного на этапе сегментации образа рассчитывается набор признаков классификации (включая определение местоположения на цифровом изображении наблюдаемой сцены центра тяжести образа), основанных на группах минимальной вычислительной сложности и обеспечивающих устойчивость к яркостно-геометрической изменчивости наблюдаемых объектов и сцен.

На этапе классификации образов осуществляется принятие решения о принадлежности образа к классу цели. В СРО этап классификации реализуется при помощи двухуровневого метода, основанного на проведении основного этапа и подэтапа уточняющей классификации. На основном этапе используется нейросетевое обнаружение, где обеспечивается параллельная обработка данных. На подэтапе уточняющей классификации используется обнаружение на основе преобразования Уолша-Адамара, учитывающее структурированность и упорядоченность изображения. Вычислительная сложность преобразования Уолша-Адамара характеризуется выполнением только операций суммирования, что обеспечивает быстродействие выполнения данного подэтапа.

Результатом работы предложенного метода обработки видеоизображений и идентификации объектов будет определение углового направления на объект поиска.

На основе предложенного метода обработки видеоизображений и идентификации объектов разработан макет СРО, состоящий из устройства предварительной обработки (УПО), устройства принятия решения (УПР) и контроллера периферии (КП).

Проверка работоспособности макета СРО на каталоге тестовых изображений показала, что общее время работы макета СРО затрачиваемое на обработку одного цифрового изображения форматом 128×64, в среднем составляет ~0,3 сек, т.е. обеспечивается работа в реальном времени. При этом искомым объектом правильно определяется в ~95% случаев.

Литература

- Ляпин А.И., Суворов Е.Ю. (2006)* Алгоритм сегментации, инвариантный к условиям освещенности // Труды XII международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь» т.3. Воронеж: НПФ «Саквое», 2006, С.1995-1999.
- Прэтт У. (1982)* Цифровая обработка изображений. В 2-х кн. М.: Мир, 1982.

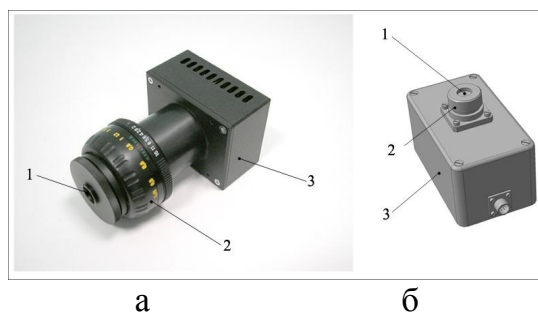
ЭЛЕКТРОННЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ СИСТЕМ ЗОНДИРОВАНИЯ С ПОДВИЖНЫХ НОСИТЕЛЕЙ

С.А. Гришин, А.Л. Петюк, С.С. Гришин

Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси, Беларусь, г. Минск

В докладе представлены результаты разработки следующих электронных устройств, предназначенных для установки на подвижные носители: оптико-электронного модуля регистрации излучения (ОЭМИ) в видимой и ультрафиолетовой областях спектра, оптико-электронного модуля определения углов ориентации (ОЭМО) подвижного носителя, модуля измерения магнитного поля (МИМП).

ОЭМИ модули реализованы на основе ПЗС-матриц (рис. 1, а) или на основе фотоприемников (рис. 1, б).



1 – светофильтр, 2 – объектив, 3 – электронный блок

Рис. 1. Оптико-электронные модули для измерения излучения в видимой и ультрафиолетовой областях спектра: на основе ПЗС-матрицы (а), на основе фотоприемника (б)

В состав ОЭМИ входят интерференционный фильтр для выделения излучения заданной длины волны; одно-, двух- или трехлинзовый объектив; фотоприемное устройство на основе ПЗС-матрицы или фотоприемника; электронный блок. Электронный блок состоит из модулей аналоговой и цифровой обработки сигналов. Цифровой модуль обработки сигналов выполняется на основе ПЛИС или DSP-процессоров (для варианта а (рис.1)) и микроконтроллеров (для варианта б (рис.1)).

Для связи ОЭМИ с компьютером используются каналы RS422, USB или Ethernet. ОЭМИ могут применяться для исследований флуоресценции, рассеяния света и определения малых газовых составляющих в атмосфере.

Оптико-электронный модуль определения углов ориентации (ОЭМО) выполнен на основе двух взаимно-перпендикулярно расположенных ПЗС-линеек (рис. 2, а). Каждая линейка закрыта светонепроницаемым экраном с прорезью. Сигналы с ПЗС-линеек обрабатываются микроконтроллером.

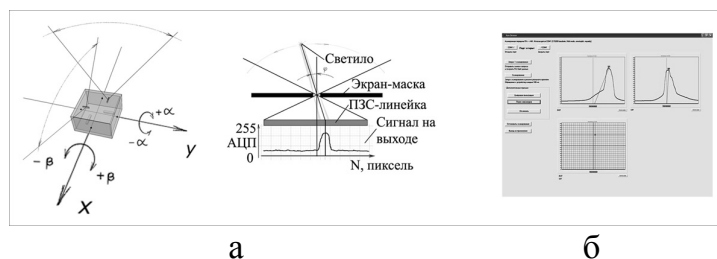


Рис. 2. Принцип работы оптикоэлектронного модуля ориентации (а), окно программы расчета углов ориентации (б)

На рисунке 2, б изображено окно программы для расчета углов ориентации. Программа позволяет наблюдать на экране компьютера распределение интенсивности засветки пикселей каждой ПЗС-линейки, осуществлять цифровое сглаживание получаемых данных, определять координаты максимумов освещенности и по полученным данным вычислять углы ориентации. ОЭМО подключается к персональному компьютеру по каналу RS422(RS232). Разработана методика проведения калибровки и исследования характеристик ОЭМО.

Модуль МИМП (рис. 3) предназначен для измерения трех компонент вектора магнитного поля Земли. Может применяться в системах управления подвижных объектов.



Рис. 3. Модуль измерения магнитного поля Земли

Разработанное программное обеспечение реализует прием, преобразование, накопление, предварительную обработку и передачу данных по каналу RS422 в бортовой комплекс.

Секция № 2

ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

ПОДСЕКЦИЯ: УЛУЧШЕННОЕ И СИНТЕЗИРОВАННОЕ ВИДЕНИЕ

Ведущий – Ю.В. Визильтер

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЛУЧШЕННОГО ВИДЕНИЯ

О.В. Выголов, Ю.В. Визильтер

ФГУП «ГосНИИ Авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС»), Москва

Авиационные системы «улучшенного видения» (СУВ) предназначены для повышения ситуационной информированности экипажа летательного аппарата (ЛА) в условиях ограниченной видимости при заходе на посадку, посадке и рулении по взлетно-посадочной полосе (ВПП). На основе обработки много-спектральных видеоданных телевизионного (ТВ) и инфракрасного (ИК) диапазонов СУВ должна формировать и выводить на пилотажный дисплей в реальном масштабе времени улучшенное изображение закабинного пространства, на котором визуальные ориентиры различимы раньше и/или четче, чем невооруженным глазом через остекление кабины. Разработка СУВ регламентируется стандартом (RTCA DO-315, 2008).

В настоящее время ФГУП «ГосНИИАС» в кооперации с рядом отечественных предприятий ведет работы по созданию прототипа отечественной СУВ, отличительными особенностями которой должны стать модульная архитектура и более высокая по сравнению с существующими зарубежными аналогами степень интеллектуализации.

В докладе описан ряд основных результатов, полученных в данном направлении.

Определен конструктивный облик и осуществлен выбор аппаратных решений для бортовой и наземной многоканальных регистрирующих систем получения экспериментальных видеоданных в ТВ и ИК диапазонах.

Создан наземный многоканальный стенд для тестирования функций видеообработки в составе быстродействующей унифицированной платформы интегрированной модульной авионики (БУП ИМА).

Выработаны рекомендации по размещению датчиков СУВ на борту ЛА и методике проведения летных экспериментов.

Разработан ряд методов и программных средств для оценки условий видимости ВПП на цифровых изображениях, полученных в ТВ и ИК диапазонах. Создана база данных экспериментальных видеорегистраций и реализованы необходимые программные средства для работы с ней. Разработаны про-

граммные средства для калибровки, взаимной привязки и автоматизированного анализа экспериментальных регистраций. Для анализа информативности цифровых изображений выбраны и реализованы следующие численные оценки: линейное разрешение, степень выраженности контуров, яркостная отделенность объекта от фона.

Реализованы прототипы следующих алгоритмических модулей обработки видеоинформации, обеспечивающих информационную поддержку СУВ:

- Улучшение ТВ изображений на основе модифицированного алгоритма типа «Retinex», реализующего модель зрения, основанную на упрощенной имитации биологической структуры зрительного тракта животных. Основным преимуществом этой модели является механизм динамической компрессии освещенности изображения, позволяющий регистрировать яркие и затемненные области изображения, теряющиеся при переходе от естественного динамического диапазона к фиксированному диапазону цифрового изображения.
- Комплексирование изображений, полученных в ТВ, ИК-3-5 мкм, ИК-8-14 мкм диапазонах на основе морфологического подхода Пытьева с использованием гистограммной сегментации на этапе получения предварительных данных.
- Повышение информативности изображений на основе метода «суперразрешения».
- Межкадровая стабилизация изображений на основе вычисления и сопоставления особых точек изображения.

Разработан алгоритм автоматического обнаружения ВПП, позволяющий решать данную задачу без опоры на текущую пилотажно-навигационную информацию и априорные картографические сведения об аэродроме и ВПП. Осуществлена программная реализация данного алгоритма и его отработка в составе наземного имитационного стенда.

Литература

RTCA DO-315 «Minimum Aviation System Performance Standard (MASPS) for Enhanced Vision Systems, Synthetic Vision Systems, Combine Vision Systems and Enhanced Flight Vision Systems», RTCA, Inc, 2008.

НАШЛЕМНАЯ СИСТЕМА ВИДЕНИЯ ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Л.Н Костяшкин, О.В. Павлов, Д.В. Трофимов

ФГУП Государственный Рязанский приборный завод

Нашлемные системы целеуказания и индикации (НСЦИ) являются необходимой составной частью оборудования современных боевых вертолетов и самолетов. В нынешних концепциях боевого применения они должны обеспечивать:

- отображение в поле зрения пилота растровой видеоинформации от обзорных телевизионных (ТВ) и тепловизионных (ТПВ) каналов для пилотирования, поиска, обнаружения и распознавания объектов на местности, посадки на необорудованные и неосвещенные площадки в простых и ограниченно сложных метеорологических условиях днем и ночью;
- формирование и отображение символьной (прицельные метки, параметры пилотирования и навигации, режимы работы двигателя и агрегатов) и графической (трехмерные карты местности, препятствия, указатели курса и глиссады) информации от бортовых систем;
- управление положением линии визирования (ЛВ) обзорных и прицельных ТВ и ТПВ каналов путем поворота головы (шлема);
- выдачу угловых координат ЛВ цели, наблюдаемой и сопровождаемой поворотом головы (шлема), обеспечение совместно с бортовым радиоэлектронным оборудованием (БРЭО) целеуказания и прицеливания при применении управляемого и неуправляемого вооружения.

Визуализируемая в НСЦИ информация должна представляться в коллимированном виде на просвет на фоне окружающей обстановки. Пилотирование и ориентирование на местности с применением НСЦИ днем осуществляется визуально, ночью – с помощью вынесенных за пределы кабины ТПВ и низкоуровневых ТВ каналов. При этом должен обеспечиваться оперативный обзор в широкой зоне, для чего положение ЛВ обзорных каналов должно синхронно управляться поворотом шлема, а соответствующие изображения должны предъявляться пилоту с помощью коллиматорной широкоугольной системы отображения, расположенной на шлеме. Таким образом, пилот может наблюдать окружающее внекабинное пространство как невооруженным глазом на просвет, так и посредством замкнутой видеосистемы. Мировой опыт создания вертолетных НСЦИ в соответствии с данной концепцией (разработки американских, израильских и французских фирм) подтверждает её эффективность и перспективность.

Наиболее острые системотехнические проблемы разработки данного класса НСЦИ связаны с тремя основными компонентами: нашлемной системой отображения, системой позиционирования шлема и средствами получения и обработки видеоинформации. Реализованные в этих компонентах технические решения формируют технический облик, основные характеристики и функциональные возможности всей системы.

В целом проблематика разработки НСЦИ для вертолетов более обширна в сравнении с НСЦИ для самолетов и требует решения большого количества функциональных задач, к числу которых относятся:

1. Выбор защитного шлема, как несущей основы для нашлемного оборудования НСЦИ.

2. Анализ и выбор способа визуализации и оптической схемы системы отображения. Оработка технологии создания полимерных асферических оптических элементов и многослойных оптических покрытий.

3. Обоснование и разработка комплекса алгоритмических и аппаратных средств оптико-телевизионной системы позиционирования.

4. Разработка компоновки и конструкции нашлемного модуля НСЦИ.

5. Обеспечение высокой динамичности контура управления линией визирования обзорных видеоканалов от шлема. Обоснование состава и характеристик видеоканалов.

6. Разработка интеллектуального информационно-управляющего ядра, увеличивающего эффективность видения изображений от каналов технического зрения и обеспечивающего автоматизацию процедур работы пилота с объектами интереса на изображении.

7. Разработка инструментальной базы и методического обеспечения испытаний всех подсистем НСЦИ.

8. Обеспечение по всем направлениям разработки НСЦИ требований безопасности, эргономики и медицины.

Собственно разработка и применение НСЦИ связаны с необходимостью обеспечения обширного перечня характеристик и требований, часто конкурирующих между собой, поэтому одновременное достижение совокупности высоких технических показателей является сложной научно-технической и инженерной проблемой.

В докладе предлагается вариант системы, который может быть рассмотрен как базовый для построения вертолетных и самолетных НСЦИ.

ПРИМЕНЕНИЕ ШЛЕМА ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ РТК

Ю.Г.Пелёдов

НИИСМ при МГТУ им. Н.Э.Баумана

Система технического зрения (СТЗ) предназначена для получения визуальной информации в процессе дистанционного управления роботизированными объектами. Она решает проблему ограниченности обзора пространства и позволяет оператору не отвлекаться от управления собственно роботом.

СТЗ состоит из опорно-поворотного устройства (ОПУ) со стереопарой и шлема виртуальной реальности.

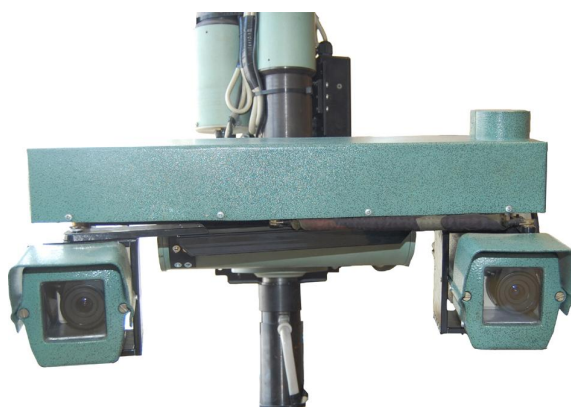


Рис. 1. Опорно-поворотное устройство со стереопарой

Стереопара представляет собой две видеокамеры и привод конвергенции, который обеспечивает сведение полей зрения камер на рассматриваемом объекте.

Приводы ОПУ обеспечивают поворот стереопары как вокруг вертикальной оси (на неограниченный угол, что достигается применением вращающегося контактного устройства для передачи видеосигналов, управляющих сигналов и питания), так и вокруг горизонтальной оси (в пределах от -40° до $+90^\circ$).



Рис. 2. Шлем виртуальной реальности

Шлем виртуальной реальности состоит из двух миниатюрных дисплеев на органических светодиодах разрешением 800×600 точек каждый, и блока датчиков, обеспечивающих получение информации о положении головы.

В состав блока датчиков положения головы входят акселерометры, датчики угловых скоростей, магниторезистивные датчики. Информация с них снимается микроконтроллером и передается на вычислительную машину по интерфейсу USB.

Вычислительная машина обрабатывает данные с датчиков с учетом их особенностей, комплексирует полученные результаты и выдает управляющие сигналы на приводы ОПУ. Для обработки и комплексирования были разработаны оригинальные алгоритмы.

Динамика и точность приводов опорно-поворотного устройства достаточны, чтобы направление видеокамер было согласовано с положением головы. Это касается и высоких, и крайне низких (ползучих) скоростей поворота головы. Используемые планетарно-цевочные редукторы в приводах обеспечивают высокую плавность поворота на ползучей скорости.

Описанная система имеет следующие особенности:

- компактность пульта дистанционного управления (так как традиционный монитор занимает основную его часть);
- удобное наведение видеокамер поворотом головы (благодаря датчикам положения головы, встроенным в шлем);
- изображение занимает все поле зрения.

Благодаря последним двум обстоятельствам возникает иллюзия присутствия на объекте управления.

На рис. 3 показан один из вариантов применения рассмотренной системы.



Рис. 3. СТЗ на башне танка Т72

Секция № 2

ПОДСЕКЦИЯ: ЗРЕНИЕ УПРАВЛЯЕМЫХ РОБОТОВ

Ведущий – В.П. Носков

ОБЗОРНО-ПАНОРАМНАЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЯ И ОБНАРУЖЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ НАЗЕМНОЙ ТЕХНИКИ

А.В. Бондаренко¹, И.В. Докучаев¹, А.В. Рода², Я.Я. Хаджиева²

¹ ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ», Москва

² ООО «НТЦ «ВЕРСИЯ», Климовск, Московская область

Обзорно-панорамная оптикоэлектронная система (ОПОЭС) наблюдения и обнаружения для мобильной наземной техники предназначена для установки на наземные транспортные средства, применяемые в жёстких условиях эксплуатации в интересах силовых структур.

ОПОЭС состоит из:

- 6 цифровых видеокамер RT-1000DC с разрешением 1024 x 1024 x 14 бит, обеспечивающих панорамный обзор от 0 до 360° по азимуту, с встроенной функцией управления диафрагмой и светофильтром для оптимизации цифрового видеосигнала в условиях освещенности от 10^{-3} до 10^5 лк;

- устройства коммутации, бортового вычислителя реального времени, и управления видеокамерами (мультиплексор VM-DSP-8), с функцией автоматического обнаружения выстрелов гранатомётов и разрывов по вспышке, а так же ведения бортового журнала событий;

- видеоконтрольного устройства коллективного пользования;

- пульта управления.

В ОПОЭС шесть видеокамер RT-1000DC через интерфейс Fibber Channel подключаются к цифровому мультиплексору VM-DSP-8, который управляет работой видеокамер. Цифровой мультиплексор обрабатывает входные цифровые потоки данных от видеокамер в реальном времени и формирует один выходной цифровой поток в соответствии с выбранными установками.

Видеоизображение окружающей обстановки, формируемое мультиплексором, может содержать либо видеоизображение от одной из видеокамер, либо несколько изображений: от трёх видеокамер, направленных в переднюю полусферу; от трёх видеокамер, направленных в заднюю полусферу, и от всех шести видеокамер.

Алгоритм обнаружения выстрелов гранатомётов и разрывов построен на анализе межкадровой разницы сигналов, спектро-энергетических, геометрических и временных характеристик вспышки выстрела, а так же селекции помех и детекторе движений. Обработка возможна как по всему изображению,

так и в стробах. При реализации алгоритма в цифровом мультиплексоре организована параллельная и конвейерная обработка изображений от 6 видеокамер в реальном времени и аппаратно реализовано на ПЛИС фирмы Altera.

Литература

IZVESTIA.RU (2009г.): Российские инженеры создали новый комплекс РЭБ (электронный ресурс), URL:<http://www.izvestia.ru/news/news210792>.

Бондаренко А.В., Докучаев И.В., Князев М.Г., Коноплянников Ю., Лазаренко Ю.М. Лазерная система автоматизации измерения габаритов сооружений на железных дорогах. Журнал ЦОС № 4, 2004 г., С. 36.

Бондаренко А.В., Докучаев И. В., Князев М.Г. Расчёт пороговых значений потока излучений и освещённости для ПЗС матриц Kodak KAI-1003M, KAI-1020M и Philips FTF-3020M. Журнал CDTV focus, № 4, 2006 г., С. 24.

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

А.В. Бондаренко, И.В. Докучаев, О.И. Кораблёв, А.Б. Киселёв, О.Е. Козлов, В.А. Котцов, Ж.-П. Бибринг, Ж.Ж. Фурмонд. Телевизионные системы манипуляторного комплекса проекта «Фобос-Грунт». Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы определения ориентации и навигации КА. Россия, Таруса, 22-25 сентября 2008 г.

А.В. Бондаренко, И.В. Докучаев, В.А. Котцов Цифровая камера для регистрации атмосферных грозových разрядов. Сборник трудов выездного семинара. Под редакцией Р.Р. Назирова. Россия, Таруса, 24-27 февраля 2009 г., С. 63.

Техническая документация на цифровые ПЗС камеры и программное обеспечение. ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ». 2011 г. Москва. www.rastr.net

СИСТЕМА СТЕРЕОТЕЛЕВИЗИОННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНЫХ СЕРВИСНЫХ РОБОТОВ

Д.В. Конышев, С.А. Воротников

МГТУ им. Н.Э. Баумана

В окружающем мире с каждым годом появляется всё больше автономных устройств, помогающих человеку в повседневной жизни. Среди них особое место занимают мобильные сервисные роботы (СР), предназначенные для поддержки бытовых функций человека как в домашних, так и в производственных условиях. К классу СР можно отнести роботы-пылесосы, санитары, экскурсоводы, помощники по дому, транспортные устройства и другие средства, оснащенные развитым человеко-машинным интерфейсом. Особенностью эксплуатации СР является необходимость работы в сложных, слабо де-

терминированных средах: различных производственных и жилых помещениях, офисах и т.д., а также на открытом пространстве.

Для обеспечения ориентации в такой среде СР необходимо оснастить развитой навигационной системой. В большинстве разработок с этой целью используют разнообразные дальномеры (ультразвуковые, оптические и лазерные). Недостатком такого подхода является высокая стоимость технических средств, а также сложность формирования достоверной базы знаний об окружающих объектах и их свойствах. Объектами, образующими среду функционирования СР являются различные поверхности, предметы, а также люди, которые обладают следующими свойствами:

- они могут перемещаться;
- являться целевыми объектами СР (например, СР должен подойти к человеку, найти предмет, перенести предмет и др.);
- использоваться в качестве реперных точек на карте.

Проведенный авторами анализ существующих навигационных систем показал, что использование системы стереотелевизионного зрения (ССТЗ) для СР позволяет при значительно меньшей стоимости технического решения достаточно точно определять расстояния до объектов среды, а также строить карту глубины.

При построении карты глубины в СР возможно два подхода:

- использовать одну телевизионную камеру и средства структурированной подсветки (примером является устройство Xbox Kinect);
- использовать две телевизионные камеры.

Оба этих подхода позволяют построить карту глубины, анализируя которую можно выделить объекты среды и соотнести их с объектами, известными СР. В то же время, второй подход является более эффективным. Поэтому, в статье рассматривается ССТЗ для СР, использующая две телевизионные камеры.

Сформируем основные технические требования к СР и его ССТЗ:

- СР состоит из мобильной трехколесной платформы с комплексом управляющего оборудования и наклонно-поворотного штатива для телекамер, габаритные размеры СР (длина×ширина×высота): 1×0,5×0,7 м;
- система управления СР реализуется на базе персонального компьютера с операционной системой Windows;
- рабочей средой СР является закрытое помещение, в котором возможно наличие людей, а также статических и движущихся объектов;
- погрешность измерения расстояния не должна превышать 10 % от ширины СР (во избежание столкновений);
- ССТЗ СР должна идентифицировать известные объекты рабочей среды (включая «глифы»), определять их геометрическое расположение в пространстве, а также иметь возможность обучению неизвестным объектам;
- ССТЗ СР должна отличать людей от прочих объектов, а также идентифицировать отдельных людей (называемых операторами);

- управление СР должно осуществляться в автоматическом и ручном режимах (с помощью соответствующих жестов), а также от пульта.

Реализация этих функций позволит СР решать следующие задачи:

- выполнять объезд помещения и строить его карту;
- находить заранее заданный объект;
- определять человека и находить оператора в помещении;
- перемещаться в заданную точку помещения;
- останавливаться при определении движущего навстречу объекта.

В статье решается задача построения карты глубины с помощью формирования эпиполярной конфигурации телекамер и применения алгоритмов стереоскопического анализа видеоизображений. Погрешность измерения расстояния до объектов в рабочей зоне (1 ... 2,5) м составила около 7 см.

Алгоритм выделения объектов среды первоначально выделяет плоскости (пол, стены и другие сравнительно большие поверхности). При этом выделение пола позволяет определить возможную область перемещения. Далее алгоритм производит разделение сцены на отдельные объекты и идентифицирует их. Здесь же производится поиск признаков лица на отдельных объектах и если лицо идентифицировано производится попытка распознавания. Также в сцене производится поиск глифов и их геометрическая идентификация. В результате работы алгоритма строится объектная карта видимой части среды, при этом общая карта дополняется сведениями, полученными из обработанного кадра.

В зависимости от поставленных перед СР задач алгоритм принятия решений планирует маршрут дальнейшего перемещения или регистрирует вводимые оператором данные.

Проведенные экспериментальные исследования СР, оснащенного ССТЗ, позволили определить эффективность предлагаемого решения и его ограничения. Показано, что в целом, построенная объектная карта среды позволяет СР выделять и идентифицировать окружающие объекты, а также определять их взаимное положение, что позволяет решить задачу навигации СР в слабо детерминированной среде. В статье приводятся некоторые результаты эксперимента.

СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ С СУПЕРВИЗОРНЫМ СЕТЕВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

В.П. Андреев, В.Е. Пряничников

Международная лаборатория «Сенсорика», ИПМ им.М.В.Келдыша РАН, Москва

В последнее время среди разработчиков мобильных роботов (МР) сформировалось понимание того, что достижения современных технологий в большинстве случаев не позволяют создавать полностью автономные системы, оставаясь в рамках приемлемой стоимости таких МР. Поэтому все большее внимание уделяется супервизорному управлению МР, при котором лишь часть функций выполняется автономно с помощью бортовых систем, а конечный анализ обстановки, принятие решений и выдача отдельных команд на включение тех или иных программ управления возлагается на оператора.

Отличительной особенностью таких систем является наличие двух компонент – коммуникационной среды и удаленного интерфейса представления данных, ориентированного на человека-оператора. Коммуникационная среда может вносить существенные задержки, помехи и искажения, при этом полнота и достоверность отображения информации являются необходимым условием минимизации ошибок при формировании целей управления. С позиции конструирования СТЗ полнота данных обеспечивается возможностью полного обзора места действия, а достоверность информации определяется как техническими характеристиками сенсоров, так и способами извлечения информации.

При использовании МР для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, например техногенных катастроф, часто возникает необходимость удаленного управления группой роботов из единого центра, куда должна стекаться вся получаемая сенсорами МР информация, причем центр управления может располагаться за много километров от зоны работ.

Решение обозначенных проблем лежит в использовании сетевых технологий. При данном подходе существенным является то, что системы МР оказываются мобильными узлами локальной вычислительной сети (ЛВС), что требует проведения исследований по определению оптимальной структуры такой ЛВС и определения параметров устройств, её формирующих. Настоящая работа посвящена исследованию возможности объединения в единую вычислительную сеть управляемых многокамерных СТЗ, передающих на большие расстояния с мобильных систем многопотокное видео по радиоканалу в стандарте Wi-Fi. Предложена технология построения такой ЛВС, позволяющая организовать устойчивую передачу видеоданных одновременно с нескольких телекамер по радиоканалу в стандарте Wi-Fi, в том числе при отсутствии прямой радиовидимости. Разработанный интерфейс обеспечил отображение со стандартной кадровой частотой полноформатных изображений одновременно с нескольких телекамер. Приведены результаты удаленного управления МР путем объединения через VPN-каналы в Internet

робототехнического оборудования, физически расположенного в разных городах.

Разработана концепция построения управляемых многокамерных систем технического зрения для МР с дистанционным и супервизорным управлением, которая позволила унифицировать функциональный состав таких систем, определить единые принципы их построения и обосновать технические требования к компонентам системы. Как результат, было разработано и изготовлено несколько комплектов СТЗ для робототехнических комплексов МЧС – шведских роботов “BROKK-110D” и “BROKK-330”. Каждый имеет в своем составе 4 бортовые телекамеры (одна из которых – скоростная купольная) и 2 выносные - также скоростные купольные телекамеры. Все основные компоненты СТЗ объединяются с пультом управления в единую ЛВС посредством радиоканала Wi-Fi. Разработано программное обеспечение (ПО), которое позволило устойчиво передавать многопотокное видео по радиоканалу на расстояние более 400 метров. Разработанная технология построения СТЗ позволила обеспечить устойчивый канал связи, даже при условии отсутствия прямой радиовидимости. Основываясь на тех же принципах, были разработаны и изготовлены автономные мобильные учебные роботы Амур-5м,5,6,7 и экспериментальный макет марсохода, оснащенные развитой сенсорной системой (одометры, ультразвуковые сенсоры, телекамеры), и учебно-научные мобильные стенды (для ДвГТУ и ИНОТиИ при РГГУ). На основе сетевых технологий создан прототип виртуальной лаборатории, объединяющей по VPN-каналам в Internet робототехнические стенды ИПМ им.М.В.Келдыша (г.Москва), ИНОТиИ при РГГУ (г.Москва) и ИАПУ ДВО РАН (г.Владивосток).

Работа частично поддержана грантом РФФИ 10-07-00612а.

УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ С БОРТОВОЙ СИСТЕМОЙ ОБЪЕМНОГО ЗРЕНИЯ

А.В. Хрущ, Б.Б. Михайлов

Научно-учебный центр “Робототехника” МГТУ им. Н.Э. Баумана

В настоящее время активно расширяются области применения мобильной робототехники. Вместе с этим растут предъявляемые к роботам функциональные требования, для успешного выполнения которых система управления роботом должна обеспечивать отработку требуемых траекторий движения в условиях неопределенности среды. Все чаще предъявляются требования работы в неформализованной внешней среде, с исключением столкновений со стационарными препятствиями и подвижными объектами.

Выполнение подобных требований предполагает решения широкого круга задач. Отметим среди них следующие:

- получение информации о внешней среде и преобразование ее в форму, удобную для использования в целях управления;
- планирование движения робота;
- управление роботом.

В настоящей работе предлагается решение задачи объезда препятствий – управление движением мобильного автономного колесного робота, оснащенного системой трехмерного технического зрения (СТТЗ).

Применение 3D технологий в робототехнике (например, для навигации робота) требует не только получения качественного 3D изображения, но и корректной автоматической классификации точек 3D сцены, для последующего распознавания препятствий. В работе предлагается алгоритм распознавания препятствий для СТТЗ мобильного робота, которая входит в состав системы управления и осуществляет контроль рабочего пространства перед роботом в направлении его движения. Работа предлагаемого алгоритма разделена на два этапа. Первый этап – сегментация изображения. Ее целью является разбиение исходного неструктурированного множества точек на непесекающиеся подмножества точек. После сегментации сцена состоит из отдельных сегментов, которые в пределах допуска могут быть аппроксимированы плоскостями. Второй этап – распознавание препятствий. Здесь используются теоретические методы распознавания, которые основываются на количественном описании препятствия. Алгоритм идентифицирует каждый объект сцены и относит его к одному из заранее определенного набора препятствий, например, «дверь», «стена».

Для планирования движения робота в работе был реализован алгоритм поиска пути A^* (ru.wikipedia.org, 2010). Этот алгоритм был выбран из-за большей скорости работы по сравнению с другими алгоритмами, что необходимо, так как обрабатывается большой объем данных от СТТЗ.

В качестве объекта управления использовался робот, имеющий два ведущих и одно ведомое колесо. Функциональная схема контура управления представлена на рис. 1. Из рисунка видно, что на вход контроллера поступает траектория движения робота и параметры находящихся перед ним препятствий, которые вычисляет блок обработки сцены. На выходе контроллера получаем два сигнала: линейная скорость V и угловая скорость ω . Специальный вычислительный блок на основании этих параметров формирует текущие значения угловых скоростей правого и левого колеса, т.е. управляющие сигналы которые поступают на приводы робота.

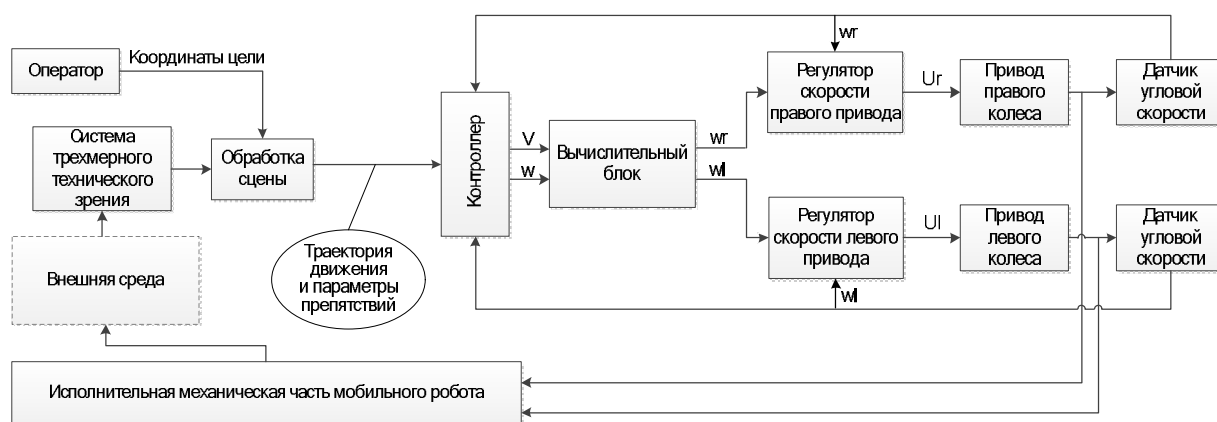


Рис.1. Функциональная схема контура управления

Таким образом, в работе представлен метод управления мобильным колесным роботом по данным с бортовой системы объемного зрения.

Литература

ru.wikipedia.org (2010): Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. 2010. Режим доступа: URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм_поиска_A*.

ЧЕЛОВЕКО-МАШИННАЯ СТЕРЕОТЕЛЕВИЗИОННАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ РОБОТОМ

С.В. Петухов, В.М. Иванюгин

Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства

Разработана стереотелевизионная система технического зрения (стерео-СТЗ) для измерения координат точек внешней среды и построения трехмерной модели. Алгоритмы анализа стереотелевизионных изображений (СТИ) опробованы на лабораторной установке и использованы при управлении движением робота с применением комплекса человеко-машинной измерительной стерео-СТЗ.

Человеко-машинный комплекс сочетает преимущества человека-оператора (возможность выбора точечных измерений и визуальный контроль их достоверности, приспособляемость к различной обстановке) и вычислительной машины (высокая скорость обработки большого объема информации, трехмерное представление измеряемых объектов и длительное хранение информации). Исследованы два макета измерительной системы (*Илюхин А.С. Петухов С.В., Иванюгин В.М., 2004; Petuchov S.V., Ivanuigin V.M., 1999*):

- стерео-СТЗ транспортного робота на основе стереоблока из двух телевизионных камер при использовании стереопары с горизонтальным базисом;
- стерео-СТЗ на основе одной телекамеры, укрепленной в схвате манипулятора, устанавливаемой в трех положениях для получения тринокулярных стереоизображений с горизонтальной и вертикальной ориентацией стереобазисов.

В ее состав входят телевизионные камеры и персональный компьютер, оснащенный платой ввода стереоизображений.

Программное обеспечение позволяет осуществлять следующие операции:

- указание оператором измеряемой точки на экране дисплея с помощью курсора, управляемого от устройства "мышь";
- -автоматическое вычисление параметров контура по указанной на нем точке;
- -уточнение положения контура на изображении и отождествление указанной точки с соответственной точкой на другом изображении стереопары;
- -вычисление пространственных координат отождествленной точки.

Результаты измерений координат и расстояний между объектами выводятся на экран монитора или дисплея с наложением их числовых значений на изображение. По существу оператору предоставляется дополнение к наблюдаемому изображению в виде пространственных координат. Такая система превосходит альтернативную стереоскопическую систему, в которой оператор не делает никаких измерений, а лишь наблюдает сцену, используя для этого жидкокристаллические очки.

Для управления транспортным роботом формируются точечные планы по результатам обработки стереоизображений. Для построения точечных планов измеренные координаты пересчитываются в систему координат, связанную с опорной плоскостью движения робота. Во время остановки робота в опорной точке оператор, находясь на своем рабочем месте, поворачивает стереоблок на роботе с помощью джойстика, обозревая при этом окружающее пространство по изображениям на видеомониторе. Исходными данными для формирования точечных планов ориентиров являются координаты точек, измеренные с помощью стерео-СТЗ.

Основой алгоритмов формирования точечных планов является метод падающих точек, при этом в качестве исходной информации используются результаты измерений на вертикальных краях. Для оценки точности представления точечных планов на горизонтальной плоскости применяется многоканальный проекционный фильтр, разработанный на основе фильтра Калмана.

Идеальный точечный план, полученный с использованием человеко-машинной измерительной стерео-СТЗ, показан на рис. 1. Измеренные точки пронумерованы от 1 до 6, а их координаты X (боковая координата), Y (дальность), Z (высота над полом). Результаты измерений высвечиваются в верхнем правом углу на экране монитора (рис. 1,а). Измеренные точки принадле-

жат трем вертикальным ребрам различных твердых объектов. С какой бы позиции робот не "рассматривал" эту сцену, взаимное положение точек на плане остается неизменным, что имеет решающее значение для эффективного согласования точечных планов ориентиров.

Благодаря участию оператора в выборе измеряемых точек, точечные планы получают не искаженными помехами, и дают точечный план ориентиров - конфигурацию точек, форма и размеры которой инвариантны к направлению и дальности съемки. На рис. 1,б точечный план ориентиров в проекции на опорную горизонтальную поверхность (пол) представляет собой треугольник. Точки плана обозначены номерами соответствующих измеренных точек и вычислены как средние значения их координат. В качестве ориентиров могут использоваться не только предметы, расположенные на полу, но и подвешенные на стенах, расположенные на столах и т.п.

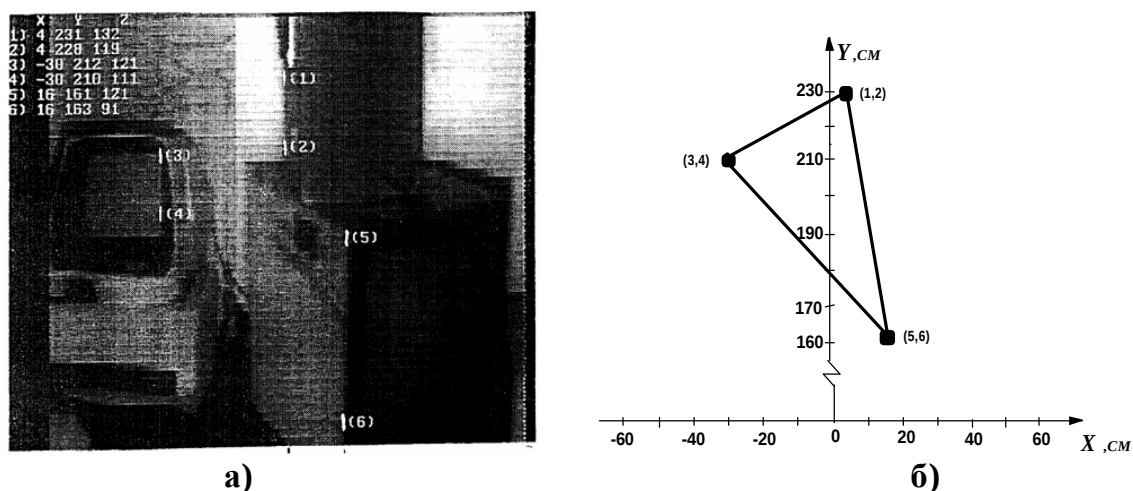


Рис. 1. Изображение лабораторной сцены (а), точечный план ориентиров в проекции на пол (б)

Тринокулярная человеко-машинная стереометрическая СТЗ, благодаря свойству ее инвариантности к наклонам контуров (градиентов интенсивности) на изображениях, позволяет строить подробную цифровую карту сложного рельефа. Применение такой стерео-СТЗ для пересеченной местности, позволяет построить планы ориентиров в виде горизонтальных сечений рельефа.

Литература

- Илюхин А.С. Петухов С.В., Иванюгин В.М. Развитие бинокулярных и тринокулярных стереосистем технического зрения. Сб.научн.тр. Искусственный интеллект в технических системах роботов. Вып. N 24
// М.:ГосИФТП. 2004, С.3-37.
- Petuchov S.V., Ivanuigin V.M. Interaction with external environment of robot by man-machine interface// Proceedings of the 2nd Intern. Conf. On Climbing and Walking Robots, CLAWAR'99, University of Portsmouth, UK, 13-15 Sept. 1999.

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ МЕХАТРОННОГО РОБОТО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОТДЕЛКИ (ШПАКЛЕВКИ) ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

В.В. Абрамов, С.В. Петухов, В.М. Иванюгин

Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства

Повышение производительности технологических процессов в производстве строительных материалов и изделий является важной проблемой. Особенно актуальным является устранение ручного труда при отделочных работах, упрощение обслуживания отделочных машин и автоматизация их работы.

На кафедре «Машины и оборудование заводов строительных материалов, изделий и конструкций» (МГАКХиС) проводится комплекс работ по роботизации проведения отделочных операций железобетонных изделий, т.к. они являются одними из самых трудоемких. Результатом ее стал проект отделочной машины (*Абрамов В.В., Петухов С.В., Васильев В.Г., Шпынев Н.А., 2009*), которая позволяет снизить количество рабочих на посту отделки железобетонных панелей, снизить технологические потери отделочных материалов, повысить производительность и производить продукцию высокого качества.

Наиболее востребован робототехнический комплекс для шпаклевочных работ на вертикальных отделочных конвейерах, они широко распространены на заводах ЖБИ, в основном на таких конвейерах производят отделку панелей перекрытий, панелей внутренних стен и панелей наружных стен. Особенностью этих конвейеров является то, что на них обрабатывается широкая номенклатура изделий и то, что установка изделия на конвейер производится мостовым краном с большой погрешностью, которая составляет десятки сантиметров. В таком случае обработка изделия по жесткой программе задающей траекторию движения рабочего органа становится невозможной, из-за того, что координаты края панели относительно поста отделки будут различными у каждой панели.

Ввиду различий типоразмеров панелей, рабочий орган перемещается по «своей» заранее рассчитанной траектории для каждой панели (как для станка с ЧПУ). Поэтому система из отделочной машины с тремя степенями подвижности рабочего органа, вместе с системой технического зрения (СТЗ) и числовым программным управлением представляет собой мехатронный робототехнический комплекс.

Дальнейшая модернизация шпаклевочной машины для отделки внутренних стеновых панелей предполагает разработку СТЗ (в сотрудничестве с кафедрой «Прикладная синергетика» (МИРЭА)) для позиционирования обрабатываемого изделия. Разработанная СТЗ может получать готовые файлы изображений (как отдельные кадры, так и видео), а также работать с потоковым видео при помощи веб-камеры. Захват изображения осуществляется с помощью технологии Microsoft DirectShow - это архитектура для воспроизведения

и обработки потокового мультимедиа на платформе Microsoft Windows. DirectShow обеспечивает высококачественный захват и воспроизведение мультимедийных потоков (Гонсалес Р., Вудс Р. 2006, . Алпатов Б.А. и др., 2008).

После получения изображения (отдельного кадра или потокового видео) необходимо его правильно обработать, чтобы в дальнейшем непосредственное нахождение границ не затруднялось наличием лишней информации. Сначала находится яркость монохромного изображения по исходному цветному, затем совершается обработка изображения посредством алгоритма Кэнни, состоящего из следующих этапов:

- 1) гауссовская сглаживающая фильтрация;
- 2) нахождение градиента яркости в каждом пикселе;
- 3) нахождение максимальных пикселей;
- 4) гистерезисная фильтрация максимальных пикселей.

При анализе изображения, полученного после обработки алгоритмом Кэнни, необходимо выделить границы и определить их положение относительно левого края изображения для последующего преобразования в систему координат робота. Подходящим способом выделения границ в изображении является преобразование Хо, позволяющее находить на монохромном изображении плоские кривые, заданные параметрически, например: прямые, окружности, эллипсы, и т.д. Монохромным изображением считается изображение, состоящее из точек двух типов: фоновых точек и точек интереса. Идея преобразования Хо состоит в поиске кривых, которые проходят через достаточное количество точек интереса.

Для реализации решения задачи с использованием описанных выше методов было решено создать программу в среде программирования C++, которая бы обладала возможностью захвата изображения, последующей обработки полученного изображения, выделяла границы в изображении и находила среди них нужную.

Для ускорения процесса создания программы были использованы возможности библиотеки машинного зрения с открытым исходным кодом OpenCV. Главным достоинством OpenCV является предоставление простой в использовании инфраструктуры компьютерного зрения, которая помогает быстро строить достаточно сложные приложения. При разработке СТЗ были использованы два модуля OpenCV: CV— модуль обработки изображений и компьютерного зрения и Highgui — модуль для ввода/вывода изображений и видео.

Основные возможности разработанной СТЗ:

- Использование в качестве исходных данных цифровых изображений и видео различных форматов.
- Использование в качестве исходных данных видео в реальном времени, полученного с веб-камеры.
- Возможность регулировки параметров обработки изображения.
- Обработка данных и отображение полученных результатов с минимальной задержкой.

- Простой переход между исходным изображением / видео и результатом обработки.
- Отображение расстояния от левого края кадра до границы (в пикселях).
- Автоматическое сохранение параметров программы при выходе.

Разработана СТЗ для автоматизированного робототехнического комплекса с адаптивной интеллектуальной системой управления. Макет лабораторной СТЗ, включающий ПЭВМ, веб-камеру и программный комплекс, способен решать поставленную задачу - определять положение границ плиты на полученном изображении. Таким образом, робототехнический комплекс для безотходной шпаклевки железобетонных изделий, оснащенный СТЗ, позволяет исключить человека из производства бетонных плит на данном этапе.

Литература

Абрамов В.В., Петухов С.В., Васильев В.Г., Шпынев Н.А. О комплексном подходе к автоматизации и роботизации технологических операций в производстве железобетонных изделий// Сб. трудов БГСТУ, 2009, С. 12- 20.

Алпатов Б.А. и др. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление // М.: Радиотехника, 2008.

Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений// М.: Техносфера, 2006.

СПОСОБЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ФОРМАТЫ ХРАНЕНИЯ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЯ

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

¹ Учреждение Российской академии наук Институт космических исследований РАН

² Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)

Визуализация научной информации космических проектов является одним из наиболее доступных методов решения фундаментальных и прикладных задач космических исследований. Традиционно с этой целью используются двумерные изображения изучаемых объектов и их характеристик. Однако данный способ отображения не дает исследователю естественного для него пространственного представления объекта (явления), что затрудняет восприятие научных данных. Одним из методов повышения выразительности, а, следовательно, и информационной ценности изображения является стерео визуализация. Для решения данной задачи можно использовать следующие способы:

- анаглифический
- эклипсный
- поляризационный
- растровый.

Суть которых заключается в создании у зрителя иллюзии стереоэффекта за счет раздельного наблюдения ракурсов стереоизображения.

Выбор способа стерео визуализации зависит от требований, предъявляемых к качеству стереоизображения, доступности для конечного пользователя необходимых аппаратных средств. Так, например, только анаглифический способ сепарации позволяет создать иллюзию стереоэффекта на простой бумаге. Вместе с тем выбор алгоритма преобразования стереопары в анаглифное изображение зависит от типа устройства вывода. Кроме того, в зависимости от характеристик монитора возможно потребуется произвести гамму-коррекцию полученного стереоизображения. Существенным недостатком анаглифического способа сепарации является ограничения в подборе цветов объекта.

Реализация эклипсного, поляризационного, растрового методов получения стереоизображения возможна только при наличии специального аппаратного и программного обеспечения. В докладе рассматривается возможность применения одного из самых распространенных на сегодня в индустрии развлечений решений на базе эклипсного способа сепарации ракурсов комплекта 3D Vision Kit компании NVIDIA для стерео визуализации научной информации космических проектов. Драйвер 3D Vision может быть использован как с видеокартами пользовательского сегмента, так и профессионального. В первом случае вывод стереоизображения приложением должен быть реализован на основе Direct3D, во втором же варианте возможно использование механизма четверной буферизации (QuadBuffer) API OpenGL.

Существование процедур обработки, хранения, визуализации стереоизображений подразумевает наличие форматов их хранения. На сегодняшний день большинство из них предполагает хранение ракурсов в одном изображении, информация об исходном стерео формате в файле, как правило, отсутствует. При выборе формата хранения стереоизображения следует обращать внимание не только на объем получаемых данных, но также и на возможность просмотра выбранного формата с помощью различных методов стерео визуализации.

В докладе рассматриваются способы визуализации и форматы хранения стереоизображения, приведены примеры реализации вывода стереоизображения на устройство отображения для некоторых из способов сепарации ракурсов.

Секция № 3
ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕ-
СКОГО ЗРЕНИЯ
ПОДСЕКЦИЯ: КОРРЕКЦИЯ АППАРАТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

Ведущий – Д.В. Васильев

АЛГОРИТМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ
ДЛЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ, ПОСТРОЕННОЙ НА
БАЗЕ ЭОП

А.А.Ильин¹, А.Н.Виноградов², В.В.Егоров³, А.П.Калинин⁴, А.И.Родионов¹

¹ ЗАО Научно-технический центр «Реагент»

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

³ Учреждение российской академии наук Институт космических исследований РАН

⁴ Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

В докладе рассматривается система технического зрения, которая представляет собой оптикоэлектронный прибор, построенный по схеме: ЭОП – оптическая система переноса изображения – ПЗС матрица – цифровое средство обработки изображения – дисплей. Процесс переноса изображения с экрана ЭОП на фоточувствительную матрицу содержит ряд особенностей. Во-первых, экран ЭОП имеет заметно более высокий динамический диапазон по сравнению с широко применяемыми ПЗС или КМОП матрицами. Более того, большая яркость изображения некоторых точечных источников света (фонари, фары и т.п.) может приводить к «расплыванию» (blooming) их изображения на ПЗС матрице. Однако основной проблемой изображения, получаемого с ЭОП, является значительная величина дробового шума. С целью уменьшения влияния этих особенностей были разработаны алгоритмы математической обработки, реализующие технологии динамического расширения диапазона и подавления шумов. В данной системе в качестве цифрового средства обработки изображения, считываемого с ПЗС матрицы, используется компьютер.

Для поддержки технологии расширения динамического диапазона рассматриваемый оптико-электронный прибор последовательно формирует кадры изображения с разным временем экспонирования. Особенностью реализованного подхода является оценка и обработка локальных участков изображения. В отличие от широко применяемых методов, которые производят простое наложение двух кадров, полученных с разным временем экспозиции, реализованный алгоритм производит поиск именно тех участков изображения, сигнал в которых достиг насыщения и восстанавливает данные в них с

использованием информации из кадра, полученного с меньшей выдержкой, с последующей коррекцией гистограммы. Это позволяет сохранить показатели локального контраста, величина которого важна для задач детектирования и распознавания объектов.

Основой алгоритма шумоподавления является усреднение накопленного сигнала по нескольким кадрам. Коренное отличие предлагаемого алгоритма – отсутствие смазывания обработанного изображения при движении области обзора прибора. Это стало возможным благодаря применению корреляционного метода для совмещения последовательных кадров и использованию усреднения сигнала с учетом движения области обзора.

На основе демонстрационных испытаний установлено, что оптико-электронный прибор на базе комбинации ЭОП + ПЗС имеет высокий потенциал для решения задач технического зрения. Благодаря применению оригинальных алгоритмов обработки получаемое в условиях низкой освещенности изображение становится похожим на изображение, получаемое инфракрасной системой технического зрения. При этом стоимость системы технического зрения на основе ЭОП существенно меньше стоимости инфракрасной системы технического зрения.

КОРРЕКЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ШУМА В СТЗ СО СКАНИРУЮЩЕЙ ЛИНЕЙКОЙ ФОТОДАТЧИКОВ МЕТОДОМ ОТСЛЕЖИВАНИЯ СТРОК ПОДВИЖНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

В.П.Андреев

Международная лаборатория «Сенсорика», ИПМ им.М.В.Келдыша РАН, Москва

В системах технического зрения ИК-диапазона для получения изображений с высоким разрешением используется оптико-механическое сканирование оптического изображения линейкой фотоприемников. Применение многоэлементных приемников излучения ИК-диапазона наталкивается на проблему “геометрического” шума, который является следствием разброса параметров фоточувствительных элементов.

Хорошо известен эталонный способ борьбы с геометрическим шумом, который заключается в использовании устройств засветки линейки фотодатчиков источником эталонного излучения. Недостатком такого способа является низкая точность коррекции вследствие большой сложности организации равномерной засветки и из-за отсутствия учета флуктуационных шумов фотодатчиков и источников эталонного излучения. Известен способ, основанный на микросканировании, когда в систему оптико-механического сканирования встраивается дефлектор, смещающий оптическое изображение на величину межэлементного расстояния. Однако в случае подвижного изображения этот способ даст значительную погрешность.

Для случая подвижного изображения предлагается на основе анализа видеосигнала сканирующей линейки фотодатчиков определить момент сдвига изображения точно на межэлементное расстояние и в результате вычислить корректирующие коэффициенты для каждого фоточувствительного элемента линейки.

Отсчеты j выходного сигнала i -го и $(i - 1)$ -го фотодатчиков при сканировании соответственно i -й и $(i - 1)$ -й строки оптического изображения и можно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} U_{i,j} = S_i \times E_{i,j} \\ U_{i-1,j} = S_{i-1} \times E_{i-1,j} \end{cases}, \text{ для всех } j \text{ отсчетов строки.}$$

Определим функцию:

$$\Delta L_{i,i-1}^{(j)} = \ln(U_{i,j}) - \ln(U_{i-1,j}).$$

В процессе перемещения оптического изображения перпендикулярно направлению сканирования $(i - 1)$ -й фотодатчик постепенно будет приближаться к участку изображения с яркостью $E_{i,j}$, и в тот момент, когда $(i - 1)$ -й фотодатчик займет место i -го фотодатчика, т.е. будет сканировать i -ю строку оптического изображения,

$$\Delta L_{i,i-1}^{(j)} = \ln(S_i) - \ln(S_{i-1}) = \Delta L = \text{Const} \text{ для всех } j \text{ отсчетов строки.}$$

Для фиксации этого момента необходимо сначала для i -го фотодатчика, сканирующего $[i]$ -ю строку оптического изображения, запомнить значения

$$L_{i,j}^{[i]} = \ln(U_{i,j}^{[i]}) , \text{ для всех } j \text{ отсчетов } [i]\text{-й строки.}$$

Затем для $(i - 1)$ -го фотодатчика с периодичностью сканирования выполнять вычисления по формуле:

$$\Delta L_{i,i-1}^{(j)} = L_{i,j}^{[i]} - \ln(U_{i-1,j}^{[q]}), \text{ для всех } j \text{ отсчетов } [q]\text{-го сканирования.}$$

В идеальном случае, когда $(i - 1)$ -й фотодатчик займет место i -го фотодатчика, для каждой пары отсчетов m и n (из M отсчетов на строке)

$$J_{i,i-1}^{(m,n)} = \Delta L_{i,i-1}^{(m)} - \Delta L_{i,i-1}^{[n]} = 0 \text{ для всех } m \text{ и } n.$$

Тогда можно предложить следующий интегральный критерий:

$$\bar{J}_{i,i-1}(d) = \sum_{j=2}^M \left| \Delta L_{i,i-1}^{(j)}(d_q) - \Delta L_{i,i-1}^{[j-1]}(d_q) \right|,$$

где d_q – линейное расстояние между i -й строкой оптического изображения и центром чувствительной площадки $(i - 1)$ -го фотодатчика при q -м сканировании.

Минимум функционала $\bar{J}_{i,i-1}(d)$ соответствует моменту, когда $(i - 1)$ -й фотодатчик будет сканировать i -ю строку оптического изображения.

Компьютерное моделирование на реальных изображениях показало, что критерий: а) позволяет зафиксировать смещение изображения на величину межэлементного расстояния с точностью до долей этого расстояния; б) не зависит от величины разброса параметров фотодатчиков линейки; с) за счет

интегральности устойчив к качеству исходного изображения; d) устойчив (в небольших пределах) к изменению направления смещения оптического изображения относительно направления сканирования; e) может быть использован как для решения задачи борьбы с геометрическим шумом, так и для стабилизации оптического изображения относительно поля сканирования; f) на положение минимума функционала не влияет добавление аддитивной составляющей видеосигнала.

Работа частично поддержана грантом РФФИ 10-07-00612а.

ЦИФРОВАЯ КОРРЕКЦИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ ПАНХРОМАТИЧЕСКОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРОЙ КА «МОНИТОР»

С.В. Блажевич¹, В.Н. Винтаев¹, Н.Н. Ушакова¹, М.Ю. Жилнев²

¹ Белгородский государственный университет, Белгород

² Департамент МКА и спутниковых систем ФГУП "ГКНПЦ им. М.В. Хруничева", Москва

В панхроматической оптико-электронной съёмочной аппаратуре (ПСА) КА «Монитор Э» формируется цифровое изображение, при масштабировании фрагментов которого для анализа тонких и сверхтонких структур контраста выявляется ориентированная периодическая полосатость контраста текстуры изображения с полосками шириной в $4\div 5$ пикселей с глубиной модуляции контраста $7\% \div 12\%$. Исходя из гипотез а) о потере светочувствительными элементами матриц ПЗС первоначальных характеристик и, главное, потери однородности распределения характеристик по полю транспарата ПЗС; б) о возникновении паразитной положительной обратной связи в тракте преобразования, усиления и накопления полезного сигнала, приводящей к устойчивой и иницируемой входными потоками внешнего освещения ПЗС ПСА генерации ориентированной относительно изображения волны периодических возмущений, предлагается, альтернативно линейным (в том числе и пространственно-частотным), рекурсивным и т.п. фильтрам, а также фильтрам, корректирующим изображение на основе статистического подхода - синхронная противофазная модуляция (антимодуляция) с согласованной глубиной и пространственной частотой.

Вектор коэффициентов антимодуляции размерностью на порядки меньший размерности пиксельного пространства рассматриваемого изображения (в силу однородности возмущений вдоль модулирующих полос) определяется как оптимальный опорный план задачи линейного программирования на системе ограничений, построенной на переменных-пикселях изображения с целевыми функциями минимаксного характера, формулируемыми на требованиях соблюдения метрологических характеристик изображения.

Указанный подход, несмотря на принципиальную сложность решения, ослабляет последствия, вызываемые перечисленными выше крейсерскими

методами фильтрации, и борьбы с описанным и подобными ему артефактами (Р.А. Шовенгердт 2010), существенное из которых – это осязаемое искажение пространственно-частотного портрета образов изображений в области спектров тонкой структуры.

Литература

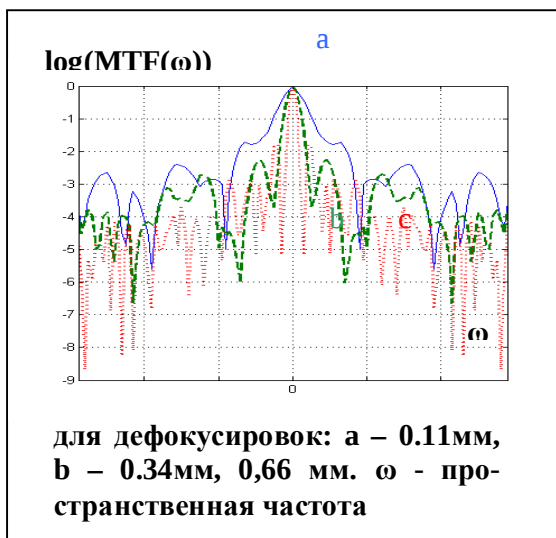
Р.А. Шовенгердт. (2010) Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. Перевод с английского А.В. Кирюшина, А.И. Демьяникова. Москва. Техносфера, 2010. 560 с.

СТАТИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ГЛУБИНЫ РЕЗКОСТИ ОПТИКО-ЦИФРОВЫХ РЕГИСТРАТОРОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ

И.В. Басов¹, А.А. Краснобаев²

¹ ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, ЗАО «Штрих-М»

² ЗАО «Штрих-М»

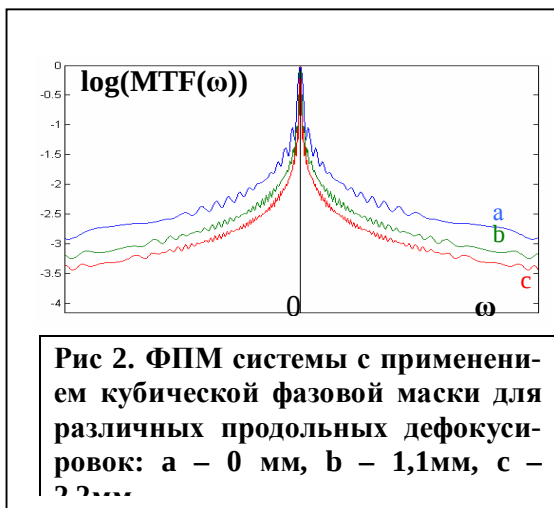


Значительная глубина резкости получаемого изображения желательна во многих приложениях систем технического зрения: в робототехнике, для сканеров штриховых кодов, в микроскопии и многих других приложениях, однако, часто нет возможности применять механические системы фокусировки или многоканальные регистраторы. Благодаря появлению матричных светочувствительных сенсоров и развитию цифровой вычислительной техники, становятся возможными способы расширения глубины резкости,

основанные на постобработке полученного сенсором изображения.

В работе проведено детальное рассмотрение трёх способов оптико-цифрового повышения глубины резкости и обозначены области их применимости. Во всех способах используется модификация ОС (оптической системы) и имеет место цифровая обработка, использующая особенности модификации ОС.

В способе [1], использующем кодированную апертуру, в ОС устанавливается специальная диафрагма, которая «кодирует» в регистрируемом сенсором изображении информацию о расстоянии до изображаемого объекта.



Специальной формы диафрагма – **кодированная апертура** задает функцию рассеяния точки (ФРТ), которая имеет в своём фурье-спектре нулевые значения, расположенные на определённых расстояниях от нулевой частоты (см. явно выраженные провалы функции передачи модуляции – ФПМ или МТФ на рис. 1). Точечный источник изобразится на светочувствительном сенсоре в виде ФРТ, масштаб которой определяется расстоянием до точечного источника.

В зависимости от масштаба ФРТ перемещаются нули её спектра. Нули в спектре ФРТ попадают в спектр регистрируемого изображения, что позволяет судить о масштабе ФРТ. При декодировании по масштабу ФРТ для участков изображения определяются дальности до наблюдаемых объектов и восстанавливается резкое изображение.

В основе способа [2] лежит идея проектирования ОС с ФРТ и ФПМ не зависящими от величины дефокусировки в расширенном диапазоне фокусировок. (см. рис.2. - ФПМ сохраняет свою форму). Причем ОС должна передавать все пространственные частоты вплоть до предельного значения, соответствующего разрешающей способности светочувствительного сенсора. В результате поиска решения поставленной задачи было получено, что инвариантность ФПМ к величине дефокусировки может быть обеспечена с помощью специального оптического элемента, размещаемого в оптической системе - кубической фазовой маски, расположенной вблизи апертурной диафрагмы ОС. Восстановление резкого изображения осуществляется методами инверсной фильтрации не зависимо от расстояния до наблюдаемых объектов.

В работе [3] предложен метод проектирования оптических систем, в котором намеренно увеличена продольная хроматическая aberrация ОС. Это приводит к тому, что лучи различного цвета фокусируются в различных плоскостях. Производится оценка резкости изображений каждого из трёх цветовых каналов и копирование высоких пространственных частот наиболее резкого канала в два менее резких. Данный способ основан на том, что большинство реалистичных объектов имеют многоцветный характер излучения.

Приведем некоторые результаты исследования. Система с кубической фазовой маской имеет наименьший рабочий диапазон дефокусировок. Предельная дефокусировка ограничивается динамическим диапазоном и пространственным разрешением светочувствительного матричного сенсора. Система с кодирующей апертурой может применяться для большего диапазона дефокусировок при тех же характеристиках сенсора, однако, преднамеренное обнуление частот в спектре изображения не позволяет применять алгоритмы инверсной фильтрации и требует применения более сложных итерационных алгоритмов восстановления, требующих значительной вычисли-

тельной мощности, например, алгоритм Люси-Ричардсона. Метод с применением трех цветовых каналов позволяет заменить одну зону в которой изображение резкое одновременно для всех цветовых каналов на несколько зон, где изображение резкое для каждого канала в отдельности, при этом понижается пространственное разрешение в каждой из зон, если в приемнике излучения применяется цветовой фильтр Байера.

В рамках работы было проведено моделирование описанных способов с целью увеличения глубины резкости сканеров штриховых кодов. Способ с кубической фазовой маской показал наилучшие результаты для соотношения пространственное разрешение/объем вычислений.

Литература

1. A. Levin, R. Fergus, F. Durand, W. T. Freeman «Image and Depth from a Conventional Camera with a Coded Aperture», Massachusetts Institute of Technology, Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory.
2. R. Dowski, Jr. and W. T. Cathey, “Extended Depth of Field Through Wavefront Coding”, Applied Optics 34, 1859-1866 (1995).
3. F. Guichard, Hoang Phi Nguyen, R. Tessières, M. Pyanet, I. Tarchouna, F. Cao “Extended depth-of-field using sharpness transport across color channels” DxO Labs, 3 Rue Nationale, 92100 Boulogne, France.

Секция № 3

ПОДСЕКЦИЯ: ПРЕДОБРАБОТКА И ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ведущий – Н.В. Ким

РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, РЕАЛИЗУЮЩЕГО АЛГОРИТМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Л.Г.Доросинский, В.Н.Круглов, А.В.Круглов, С.П. Литвиненко

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, Екатеринбург

Системы технического зрения (СТЗ) предназначены для решения задач по дополнению или замене человека в областях деятельности, связанных со сбором и анализом зрительной информации. Уровень использования СТЗ в прикладных областях является одним из наиболее ярких и наглядных интегральных показателей уровня развития высоких технологий в самых различных отраслях промышленности.

В настоящее время значительные успехи в области построения и использования СТЗ приходятся на наиболее развитые производства с общей высокой культурой и технологией. В исследовательских задачах на СТЗ возлагается роль дополнения, расширяющего возможности и повышающего эффективность человеческого зрительного анализа при ведущей роли человека-оператора или исследователя. К сожалению, не существует универсального математического аппарата, который позволил бы сформировать общий формализованный подход к построению систем технического зрения. Поэтому с точки зрения научных исследований, а также подготовки специалистов в области машинного зрения, очень важно иметь универсальное средство, в котором были бы объединены различные математические средства и модели, позволяющие изучать все составные части СТЗ, такие как:

- оптическая система;
- преобразователь свет-сигнал;
- электронный тракт ввода элементов изображения в память ЭВМ или специального вычислителя;
- математическое обеспечение сбора и обработки зрительных данных.

Именно для решения указанной проблемы и было создано прикладное программное обеспечение (ППО) для решения различных задач в области цифровой обработки изображений.

ППО разработано для проектирования математического обеспечения систем технического зрения, моделирования их работы от этапа формирова-

ния цифровых изображений заданной предметной области до получения количественных характеристик, описывающих наблюдаемые объекты, а также модернизации существующих методов и алгоритмов обработки изображений.

Для реализации указанных целей при создании ППО предусмотрена возможность изучения различных методов построения систем технического зрения, принципов и способов реализации таких систем, правил формирования видеоизображений, методов и алгоритмов их обработки, выделения информативных признаков наблюдаемых объектов и правил их классификации.

Разработанные в ППО программные модули основаны на специализированных быстродействующих алгоритмах обработки изображений объектов при движении последних по произвольным траекториям, а также в технологическом потоке и/или в виде насыпной массы. Они ориентированы на обработку сложных изображений произвольной природы в различных областях науки и техники: металлургическая, горная, фармацевтическая, лесная промышленность, радиолокация, экология и т.д.

ППО может использоваться как для научных исследований, проектирования систем обработки и анализа изображений, так и для обучения студентов новым инновационным алгоритмам в рамках курса «Цифровая обработка изображений».

МЕТОД УЛУЧШЕНИЯ ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ВЫРАВНИВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДИАПАЗОНОВ И КОРРЕКЦИИ КОНТРАСТНОСТИ

М. Н. Фаворская, А. Г. Зотин, А. И. Пахирка

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

Предлагается новый метод адаптивного выравнивания спектральных диапазонов с последующей коррекцией контрастности изображений, полученных в сложных условиях освещения, используемый для компенсации искажений некалиброванных оптических устройств (γ -коррекция), улучшения цветового восприятия, а также для локального и глобального спектрального выравнивание изображения.

Метод многомерного выравнивания спектральных диапазонов (так называемый, *Multi-Scale Retinex – MSR*) применяется для обработки изображений с широким динамическим диапазоном яркости сцены, когда на изображении присутствуют яркие блики и глубокие тени. Классическая многомерная *MSR*-функция является взвешенной суммой одномерных *SSR*-функций (*Single-Scale Retinex*), найденных при различных масштабах. Многомерная выходная функция i -го цветового канала $R_{M_i}(x, y, w, s)$ определяется как

$$R_{M_i}(x, y, \mathbf{w}, \sigma) = \sum_{n=1}^N w_n R_i(x, y, \sigma_n) ,$$

где $\mathbf{w}=(w_1, w_2, \dots, w_m)$, $m \in [1, M]$, $\sum_{n=1}^N w_n = 1$ – весовой вектор, а $s=(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n)$,

$n \in [1, N]$ – вектор масштабов одномерных выходных функций i -го цветового канала $R_i(x, y, \sigma)$, вычисляемых следующим образом:

$$R_i(x, y, \sigma) = \log\{I_i(x, y)\} - \log\{F(x, y, \sigma) * I_i(x, y)\} ,$$

где $I_i(x, y)$ – входная функция i -го цветового канала по координатам x и y ; σ – масштабный коэффициент; знак «*» – свертка функций; $F(x, y, \sigma)$ – гауссиан.

Классический *MSR*-метод приводит к искажению цвета изображения, что может быть устранено переход в другие цветовые пространства с явным разделением яркостной и оттеночной составляющих (*HIS*, *HSV*, *HSL*), применением модели нормализованного разделения яркостной и оттеночной составляющих. Предложен алгоритм адаптивного выравнивания диапазонов в теневых и засвеченных областях.

Существующие методы повышают как резкость деталей изображения, так и шум. Для коррекции контрастности применим модифицированный метод нерезкого маскирования введением коэффициентов k_{light} , k_{dark} регулирования степени осветления и затемнения отдельных участков изображений при генерации карты коррекции. Коррекция резкости на границах объектов происходит в тех областях, где контурное представление превышает заданное пороговое значение TS_e . Введем функцию $F_{lk}(x, y)$, выравнивающую величину коррекции таким образом, чтобы не вносить сильные изменения при большом яркостном перепаде, рассчитываемую по формуле:

$$F_{lk}(x, y) = \frac{|F_{delta}(x, y)|}{\log_{10}(|F_{delta}(x, y)|)} \cdot \left(1 - \frac{I_{mm}(x, y)}{255}\right) ,$$

где $I_{mm}(x, y)$ – функция разности между максимальным и минимальным значением по окрестности обрабатываемой точки, $F_{delta}(x, y)$ – функция расчета значения отклонения между оригинальным изображением и сглаженным.

Карта коррекции генерируется с учетом порогового значения TS_d , позволяющего отсекал минимальные значения отклонений между оригинальным изображением и его сглаженным представлением в соответствии с формулой:

$$I_{shmap}(x, y) = \begin{cases} I(x, y) + F_{delta}(x, y) \cdot F_{lk}(x, y) \cdot k_{dark} & \text{при } F_{delta}(x, y) \leq -TS_d , \\ I(x, y) + F_{delta}(x, y) \cdot F_{lk}(x, y) \cdot k_{light} & \text{при } F_{delta}(x, y) \geq TS_d . \end{cases}$$

Разработан программный продукт «Нелинейное адаптивное улучшение изображения», предназначенный для нелинейного улучшения изображений, содержащих затененные и засвеченные участки. Осуществляется адаптивное логарифмическое выравнивание распределения яркости изображений с повышением контраста деталей, как в теневых областях, так и в областях с повышенной освещенностью. Программа имеет ряд дополнительных функций, в частности, содержит модуль оценки качества полученных изображений по

двум критериям – отношение пикового сигнала к шуму и отношение контраста к шуму.

Литература

Фаворская М.Н., Пахирка А.И. (2010) Модель улучшения цветных изображений на основе адаптивного выравнивания спектральных диапазонов // Системы управления и информационные технологии, № 1 (39), М.:Воронеж, 2010. С. 23–26.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ НОРМИРОВАНИЯ КОНТРАСТНОСТИ ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ УЛУЧШЕННОГО ВИДЕНИЯ

Д.Ю. Дзягун

ОАО Научно-конструкторское бюро вычислительных систем

В авиационных системах улучшенного видения наблюдаемые сцены закабинного пространства, как правило, представляют собой изображения подстилающей поверхности в различных спектральных диапазонах. При решении задачи расширения условий их применения (пониженная освещенность и сложные метеоусловия), достаточно эффективны методы преобразования контрастности изображения.

Простейшим методом нормирования контраста является линейное преобразование шкалы яркостей от минимальной до максимальной статистически значимых границ диапазона яркостей входного изображения. Однако, при наличии в наблюдаемой сцене ярких (небо) и темных (тени) участков он практически не дает улучшения.

Другим часто используемым методом является адаптивное нелинейное преобразование шкалы яркостей, выполняемое на основе оценки функции распределения яркостей входного изображения. Частным случаем этого преобразования является эквализация, реализующая функцию преобразования, совпадающую с функцией распределения яркостей входного изображения.

В ряде ситуаций наблюдения закабинного пространства эти методы оказываются недостаточно эффективными, вследствие чего целесообразно применение локальных методов нормирования контраста, рассматриваемых в настоящем докладе.

Эффективность обработки изображений методом локального контрастирования иллюстрируется рис.1.

В докладе также приведены числовые характеристики показателей качества выходных обработанных изображений.



а) исходное изображение



б) результат обработки

Рис. 1. Пример рисунка

МНОГОМАСШТАБНОЕ РАНГОВОЕ СТАТИСТИЧЕСКОЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ: УЛУЧШЕНИЕ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ ЗАШУМЛЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

М.В. Сторожилова, Д.В. Юрин

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

При наблюдении в плохих условиях освещения цифровые изображения получаются малоконтрастными и сильно зашумленными. Поэтому актуальной задачей является улучшение качества изображений путем повышения контраста и подавления шумов. Однако эти две цели часто вступают в противоречие друг с другом: повышение контраста одновременно усиливает и шумы, а фильтрация наряду с шумами подавляет и полезную информацию. Более того, при сглаживании возникают ложные границы, сопоставимые по яркости с границами слабоконтрастных объектов.

В качестве решения указанной проблемы предлагается многомасштабное обобщение алгоритма статистического дифференцирования (*Pratt, 2007*), причем для вычисления средних яркостей использовать ранговых алгоритмы (*Ярославский, 1987*), не размывающие границы.

Алгоритм статистического дифференцирования (*Pratt, 2007*) дает хорошее выравнивание и улучшение контраста и яркости и представляется выражением:

$$J(x, y) = am_d + (1 - a) \langle I(x, y) \rangle + (I(x, y) - \langle I(x, y) \rangle) \frac{As_d}{As(x, y) + s_d} \quad (1)$$

где $I(x, y)$ и $J(x, y)$ исходное и результирующее изображения соответственно, $\langle I(x, y) \rangle$ - изображение, сглаженное по локальной окрестности,

$s(x, y) = \sqrt{\langle (I(x, y) - \langle I(x, y) \rangle)^2 \rangle}$ - среднеквадратичное отклонение яркости в локальной окрестности (средний размах) точки (x, y) , m_d , s_d - желаемые сред-

няя яркость и средний размах изображения, A - максимальный коэффициент усиления, $a \in [0,1]$. В этой формуле подразумеваются средние по прямоугольной или круглой окрестности радиуса R , или средние, полученные какой-либо линейной фильтрацией, например сверткой с Гауссовым ядром. Использование подобных средних приводит к размазыванию сглаженного изображения и появлению двойных границ на улучшенном изображении $J(x,y)$.

Предлагается следующее многомасштабное обобщение (1). Рассмотрим последовательность изображений: $I_0(x,y), I_1(x,y), \dots, I_K(x,y)$. Здесь $I_0(x,y)$ - исходное изображение. $I_j(x,y) = \langle I_{j-1}(x,y) \rangle_j$, $j = 1..K$, где $\langle \cdot \rangle_j$ - некоторый нелинейный оператор сглаживания с характерным радиусом R_j , причем $R_{j+1} > R_j$. Обозначим разностные изображения как $D_j(x,y) = I_j(x,y) - I_{j+1}(x,y)$ и введем их средний размах как $s_j(x,y) = \sqrt{\langle D_j^2(x,y) \rangle_g}$. В последней формуле среднее вычисляется путем Гауссова сглаживания при полуширине Гауссиана R_j , а не ранговым нелинейным оператором. Алгоритм многомасштабного статистического дифференцирования определим как:

$$J(x,y) = am_d + (1-a)I_K(x,y) + \sum_{k=0}^{K-1} D_k(x,y) \left(B_k + \frac{A_k s_{k,d}}{A_k s_k(x,y) + s_{k,d}} \right) \quad (2)$$

Особенностью алгоритмов повышения детальности (sharpening) по локальной окрестности является усиление деталей с характерным размером порядка этой окрестности и менее. Формула (2) позволяет избирательно подчеркнуть детали $K-1$ разных характерных размеров, причем эти размеры выбираются исходя из требований прикладной задачи. Установка малого коэффициента при $k=0$ в случае модели слабо коррелированного в пространстве шума (например $A_0 = 0$, $B_0 = 1$, $s_{0,d} \geq 1$) приводит к сохранению шумов или даже снижению уровня шума. Значительные коэффициенты усиления при больших k позволяют избирательно усилить детали соответствующих размеров R_k . При разных k могут использоваться разные алгоритмы сглаживания. В работе рассматривались ранговые алгоритмы, в частности усреднение по KNN-окрестности (Ярославский, 1987) текущего пикселя и их быстрые реализации на основе многомасштабного представления гистограмм и контроля изменения гистограмм по мере добавления и удаления точек при сдвиге окна локальной окрестности.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы и гранта РФФИ 09-07-92000-ННС_а.

Литература

Ярославский Л.П. (1987) Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии: Введение в цифровую оптику. - М.:Радио и связь, 1987. 296 с.

Pratt W.K. (2007) Digital Image Processing: PIKS Scientific inside (4th ed.) // Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc., Los Altos, California, 2007, 782 p.

УВЕЛИЧЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ И ТЕП- ЛОВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Н.В. Ким, П.В. Коссов, С.М. Михеев

Московский Авиационный институт

В современных многоканальных оптикоэлектронных системах наблюдения и визуализации (СНВ) оператору могут быть доступны изображения наблюдаемой сцены, полученные в различных диапазонах волн, в частности, телевизионные (ТВ) и тепловизионные (ТПВ) изображения. Предполагается, что СНВ оснащена собственной системой навигации, вычислителем и памятью, содержащей цифровую карту наблюдаемой местности.

В докладе рассматривается проблема повышения качества предъявляемых оператору ТВ и ТПВ изображений при наблюдении наземных объектов. Сложность решения поставленной задачи связана с тем, что в общем случае качество изображений является субъективной оценкой оператора и в существенной степени определяется решаемой целевой задачей.

Будем считать, что качество ТВ и ТПВ изображений характеризуется информативностью, вычисляемую через энтропию (по Шеннону) и учитывающую разрешение изображений, а также разнообразие распределения яркостей.

В представленной работе увеличение разрешения ТПВ, необходимое для повышения информативности и для пространственного согласования с ТВ изображением, реализуется на основе методов суперразрешения. Данные методы используют серию кадров низкого разрешения для получения кадра (кадров) высокого разрешения. Увеличенное изображение содержит в себе больше деталей, и обладает большей информативностью, чем каждый кадр по отдельности. Показано, что использование суперразрешения позволяет более чем в 2 раза увеличивать разрешение ТПВ изображений, по сравнению с увеличением методом бикубической интерполяции.

При увеличении разрешения ТПВ изображений возможно усиление краевого эффекта – размывания границ наблюдаемых объектов, в частности искусственных (зданий, сооружений). Для уменьшения влияния краевого эффекта предлагается обрабатывать эти границы специальным фильтром. При этом обрабатываемые области предварительно локализуются с помощью анализа наблюдаемой сцены, реализуемого вычислителем СНВ.

Существенное повышение информативности предъявляемых оператору изображений может быть получено на основе синтеза изображений из исходных ТПВ и ТВ кадров. Синтез реализуется в два этапа: (1) пространственное совмещение и (2) информационное совмещение изображений.

Пространственное совмещение включает: приведение формата ТПВ изображения к формату ТВ изображения и поиск параметров трансформации, обусловленной конструктивным несовпадением визирных осей каналов и ошибкой выставки требуемого угла зрения. Для оценки качества совмещения могут быть использованы различные критерии. Результаты проведенных исследований показали, что критерий взаимной информации обеспечивает более точную и надежную оценку точности пространственного совмещения ТВ и ТПВ изображений, в частности, по сравнению с оценкой с помощью корреляционной функции.

Информационное совмещение изображений состоит из наложения на основное ТВ изображение выделенных фрагментов ТПВ изображения. В рамках данного подхода предложен алгоритм вычисления адаптивного порога сегментации ТПВ изображения.

В целом показано, что реализация предложенных алгоритмов в существенной степени повышает информативность предъявляемых оператору изображений.

Секция № 3

ПОДСЕКЦИЯ: ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОБРАБОТКА

Ведущий – Д.В. Васильев

УСТРАНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ АВИАЦИОННОГО НОСИТЕЛЯ НА ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В.В.Егоров¹, А.А.Ильин², А.П.Калинин³, А.И.Родионов²

¹ Учреждение российской академии наук Институт космических исследований РАН

² ЗАО НТЦ «Реагент»

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

Одним из элементов технического зрения является гиперспектрометр - прибор, осуществляющий одновременно измерение спектральной и пространственных координат. Довольно часто для авиационного дистанционного зондирования Земли применяют щелевой гиперспектрометр (типа pushbroom), осуществляющий сканирование узкой полосой области обзора. При этом из-за сложной траектории движения авианосителя возникают геометрические искажения получаемых гиперспектральных изображений. Для их устранения в задачах дистанционного зондирования Земли часто используется так называемая физическая стабилизация, которая предусматривает установку на борт летательного аппарата дорогостоящей навигационной аппаратуры и гиropлатформы, предназначенной для удержания оптической оси зондирующего устройства в строго вертикальном положении. В настоящей работе описан способ устранения влияния динамики движения авиационного носителя на гиперспектральные изображения земной поверхности, называемый математической стабилизацией, поскольку в нем, в отличие от физической стабилизации, используется процедура коррекции изображений. Математическая стабилизация основана на использовании дополнительных измерений видеокамерой, сопровождающей гиперспектральную съемку. Используемые приборы - гиперспектрометр и видеокамера должны работать в системе единого времени; моменты регистрации данных с обоих сенсоров должны быть синхронизированы.

Алгоритм процедуры математической стабилизации предусматривает выполнение следующих операций:

1. На основе материалов съемки, полученных видеокамерой, производится определение смещения и поворота каждого последующего относительно предыдущего кадра изображения. Эта операция может быть осуществлена разными математическими методами обработки изображений. В частности, таким методом может являться корреляционный метод, который широко

применяется при обработке сигналов. Анализ поворотов и смещений производится последовательно для всего выбранного участка съемки.

2. После определения смещений соседних кадров, полученных видеокамерой, строится траектория движения, которая является последовательностью положения центров кадров. Последовательно накладывая эти снимки на одно изображение с учетом их положения и поворота, удастся построить изображение зондируемой поверхности по данным видеокамеры. Такая операция в терминах дистанционного зондирования Земли называется «мозаика». Информация о положении и повороте снимков видеокамеры на мозаике позволяет определить также и положение областей обзора гиперспектрометра на мозаике в момент одновременной съемки двух сенсоров. Это сделать не трудно, поскольку положение области обзора сканирующего сенсора относительно области обзора кадрового сенсора предполагается известным.

3. Производится нанесение данных гиперспектрального сенсора на изображение мозаики, построенной по материалам видеосъемки, на отдельное изображение и тем самым формируется исправленное гиперспектральное изображение.

По результатам данной работы получен патент РФ «Способ устранения искажений изображений дистанционного зондирования, связанных со сложной траекторией движения носителя сенсора».

ЦИФРОВАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Ю.И. Култышев, А.В. Русаков, Е.А. Фирсов

ОАО «НПК «Системы прецизионного приборостроения», Москва

Необходимость использования электронной стабилизации видеоизображений возникает в различных задачах: в оптико-электронных системах, размещенных на подвижных объектах (автомобилях, самолетах, БПЛА и т.д.); при астрономических наблюдениях за небесными телами или космическими аппаратами; в бытовых видеокамерах при съемке «с руки» и т.д. Качество механической или оптической стабилизации, обычно применяемой в таких случаях, не всегда оказывается удовлетворительным из-за ограничений по стоимости, массогабаритным характеристикам, или использования узких полей зрения. Большинство известных алгоритмов цифровой стабилизации либо не предназначены для использования в реальном времени [1], либо подавляют только колебания ограниченной амплитуды (например, электронная стабилизация в бытовых видеокамерах).

Стабилизация видеоизображений обычно реализуется в два этапа: 1) измерение величины смещения изображения, 2) компенсация этого смещения.

Измеритель предлагается реализовать на базе ортокорреляционного алгоритма измерения многомерного сдвига описанного в работах [2-7]. В докладе рассмотрены: корреляционный измеритель межкадровых смещений всего изображения, и центроидный измеритель растровых координат контрастного объекта (небесного тела, космического или воздушного летательного аппарата и т.п.). Предлагаемые алгоритмы позволяют измерять сдвиги изображения с субпиксельной точностью, затрачивая сравнительно небольшие вычислительные ресурсы.

Затем, измеренные быстрые колебания ориентации камеры компенсируются посредством смещения изображения текущего видеокadra. Пустоты на краях изображения, неизбежно возникающие при таких смещениях, предлагается заполнять изображениями из предыдущих кадров, которые корректируются с учетом медленных изменений ориентации камеры.

Помимо этого, в докладе рассмотрен метод повышения качества видеоизображения. Он использует рекурсивное накопление соседних кадров и последующую пространственную фильтрацию. Его применение заметно повышает четкость и разборчивость изображения, что продемонстрировано на представленных в докладе видеофильмах и слайдах презентации.

Литература

1. *iXBT (2008):* Стабилизация видео [электронный ресурс]. URL: <http://www.ixbt.com/divideo/digital-video-guide/5-2-1-stabilization.shtml>
2. *Васильев Д. В., Мишин В.В. (2007)* Инвариантные дискриминаторы сдвига изображений //Электромагнитные волны и электронные системы, №7, т.12, М.: Радиотехника. 2007.
3. *Васильев Д.В., Русаков А.В., Фирсов Е.А. (2006)* Корреляционное слежение за участком земной поверхности с борта летательного аппарата //Тезисы докладов конференции «Комплексы с БПЛА России, современное состояние и перспективы развития», М.: ВВИА им. Н.Е.Жуковского, 2006.
4. *Фирсов Е.А. (2007)* Развитие и применение корреляционных методов обработки изображений в быстродействующих оптикоэлектронных следящих системах //(Диссертация канд. техн. наук). М.: МФТИ (ГУ), 2007.
5. *Васильев Д.В., Гапон А.В.(2009)* Элементы теории решений обратных корреляционных задач //Электромагнитные волны и электронные системы. Вып. 7. М.: Радиотехника. 2009.
6. *Гапон А.В. (2009)* Теория и применение инвариантных ортокорреляционных алгоритмов автозахвата направления по изображению в оптикоэлектронных следящих системах. //(Диссертация канд. техн. наук). М.: МФТИ (ГУ), 2009.
7. *Васильев Д.В. (2010)* Фрагменты прикладной теории систем технического зрения для беспилотных летательных аппаратов. //Материалы конфе-

ренции-семинара «Техническое зрение в системах управления мобильными объектами». М.: ИКИ РАН, 2010.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ КОРРЕКЦИЯ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ В ЗАДАЧАХ СТЕРЕОВИДЕНИЯ

М. Н. Фаворская, Д. И. Пьянков, А. Н. Горошкин

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

Предлагается алгоритм пространственно-временной коррекции видеопоследовательностей в задачах стереовидения, обеспечивающий синхронную запись на несколько видеокамер одновременно для получения стереовидеопоследовательности. Полученную стереовидеопоследовательность можно преобразовать под различные способы просмотра, а именно: анаглиф, линейная поляризация, метод затворных жидкокристаллических панелей.

Алгоритм пространственно-временной коррекции видеопоследовательностей в задачах стереовидения применяется для обработки видеопоследовательностей, полученных при стереосъемке с двух бытовых видеокамер. Результатом стереосъемки являются две видеопоследовательности, полученные с двух различных точек съемки относительно объекта. В идеальном случае оси видеокамеры и объективов в этих двух положениях должны быть параллельны. Однако, при съемке бытовыми видеокамерами (дорогостоящее специализированное оборудование не рассматривается), получить идеальную стереовидеопоследовательность практически невозможно из-за различных факторов: дрожание камеры, разное время доступа к флеш-памяти или жесткому диску, несинхронный старт. В настоящее время работа по устранению последствий данных факторов заключается в ручном покадровом сравнении видеопоследовательностей с помощью видеоредакторов и является длительным процессом.

Общую схему алгоритма пространственно-временной коррекции можно представить следующим образом:

1. Каждая из видеопоследовательностей преобразуется в YUV -пространство для получения функции яркости изображения. Значения этой функции используются для нахождения векторов движения.

2. Выбирается произвольным образом одна из видеопоследовательностей и осуществляется преобразование частоты кадров на основе интерполяции (генерируется несколько кадров между двумя соседними кадрами этой последовательности).

3. Осуществляется совмещение текущего кадра базовой видеопоследовательности (которая не подвергалась процедуре преобразования частоты) с

соответствующими полученными дополнительными кадрами преобразованной видеопоследовательности (интерполированные кадры).

4. Повторяются шаги 2, 3 до тех пор, пока все кадры базовой видеопоследовательности не будут совмещены.

5. Строится стереовидеопоследовательность.

Данный алгоритм обеспечивает коррекцию одной видеопоследовательности в пространственной и временной области относительно другой (базовой) видеопоследовательности. Он был реализован в виде плагинов для фреймсервера «Avisynth». Первый плагин определяет векторы движения на каждом кадре видеопоследовательности, строятся кадры-претенденты, из которых получается интерполированная видеопоследовательность, частота кадров которой возрастает в заданное количество раз. Переход между кадрами становится более плавным за счет интерполяции. Второй плагин сравнивает интерполированную видеопоследовательность, полученную с одной камеры, и исходную видеопоследовательность, полученную с другой камеры, выбирает наилучшие кадры для построения стереовидеопоследовательности.

Предложенный алгоритм позволяет строить интерполированные кадры в видеопоследовательностях, совмещать две видеопоследовательности для построения стереовидеопоследовательности в автоматизированном режиме.

Литература

Горошкин, А.Н., Пьянков, Д.И. Обзор методов пространственно-временной коррекции видеопоследовательностей в задачах стереовидения // В трудах I всероссийской научной конференции молодых ученых "Теория и практика системного анализа", в Т. 2. Т.1. Рыбинск: РГАТА, 2010. 206 с. С. 105-111.

СИНТЕЗ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ СУБПИКСЕЛЬНОГО УРОВНЯ РАЗРЕШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСФОКУСИРОВКИ

С.В. Блажевич¹, В.Н. Винтаев², Е.С. Селютин¹, Н.Н. Ушакова²

¹ Белгородский государственный университет

² Белгородский университет потребительской кооперации

В современных бортовых космических системах формирования изображений размеры пикселей, применяемых матриц ПЗС, несмотря на разнообразные и эффективные методы внесения коррекций на цифровом уровне представления изображений, являются определяющими для достигаемого линейного разрешения на местности. В зависимости от величины эффективного фокусного расстояния телескопа, установленного на спутнике, пиксел ПЗС практически проектируется на поверхность Земли с гигантским увеличением по размерам, определяя, таким образом, достижения отечественной

космической индустрии в разрешающей способности космических снимков, составляющие в лучшем случае 1 м. Не дожидаясь очередной волны модернизации ПЗС, удастся, тем не менее, формировать изображение с существенно меньшей апертурой «наземного» пиксела за счет представления изображения с использованием субпиксельных технологий (С.В. Блажевич и др. 2010).

В данной работе предлагается и обсуждается метод синтеза цифрового изображения с повышенным разрешением, включающий расфокусировку изображения на стадии съемки и субпиксельную обработку на стадии синтеза изображения из серии снимков. Принцип повышения разрешающей способности цифрового изображения демонстрируется на одномерной модели (рис.1). Затем приводятся результаты реализованного на том же принципе синтеза двумерного цифрового изображения с увеличенным разрешением, проведенного на базе серии снимков объекта, получаемых с разрешением, задаваемым размерами пиксела детектирующей матрицы.

Обсуждается вопрос использования расфокусировки для повышения разрешения космической съемки поверхности Земли, осуществляемой на принципе сканера.

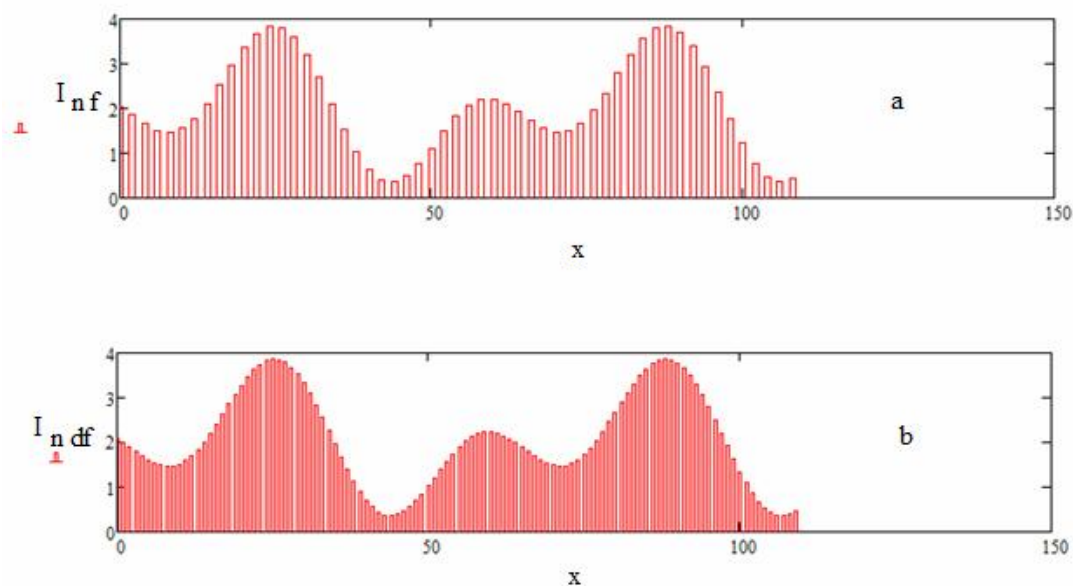


Рис.1. Одномерное изображение: а) зарегистрированное линейкой пикселей, расположенных в фокусе оптической системы, б) синтезированное по двум «картинкам» изображения полученных вне фокуса

Литература

С.В. Блажевич, В.Н. Винтаев, Н.Н., Ушакова (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.

Секция № 3

ПОДСЕКЦИЯ: КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Ведущий – В.П. Носков

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ И НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОЛЕТНОЙ ВЕРИФИКАЦИИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СПУТНИКА И УЛУЧШЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Е.И. Сомов, С.А. Бутырин

НИИ Проблем надежности механических систем
Самарского государственного технического университета

Представляются алгоритмы комплексирования навигационной и наблюдательной информации, применяемые для полетной верификации работы системы навигации и управления движением (СНУД) спутника и улучшения измерительных свойств космических снимков, а также для их геодезической привязки (Сомов, Бутырин, 2009; Бутырин, Сомов, 2010а).

Рассматривается космический аппарат (КА) землеобзора, на корпусе которого жестко закреплен телескоп с оптикоэлектронными преобразователями (ОЭП) в его фокальной плоскости. Предусмотрено два вида космической оптикоэлектронной съемки: кадровая съемка с существенным перекрытием смежных кадров и сканирующая съемка при наличии двух либо трех ОЭП. Информация о движении центра масс КА получается с использованием глобальных навигационных систем GPS/GLONASS, а информация об угловом движении КА – с помощью бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС), содержащей закрепленные на корпусе КА инерциальный блок на основе гироскопических измерителей квазикоординат углового положения и астросистему на основе звездных датчиков с широким полем зрения (Сомов, Бутырин, 2010б). Ставятся задачи (i) относительной угловой навигации визирной системы координат телескопа с использованием получаемых им изображений земной поверхности, в общем случае без реперных объектов, и (ii) комплексирования наблюдательной информации с навигационными данными для определения фактического углового движения телескопа относительно инерциального базиса в процессе оптикоэлектронной съемки.

Разработанная методика определения относительной ориентации КА по видеоинформации основана на сравнении координат изображений одних и тех же наземных объектов в смежных кадрах либо в снимках с пар ОЭП при сканирующей съемке. Решение задачи сводится к определению кватернионов

поворота КА от его программной ориентации к фактической ориентации при совмещении изображений объектов на двух снимках по обобщенному методу наименьших квадратов. Предлагаемая методика позволяет получить высокоточную (до долей угловой секунды) информацию о фактическом угловом положении телескопа в процессе съемки и эффективно решить задачи полетной верификации работы СНУД КА землеобзора и улучшения измерительных свойств получаемых космических снимков. Приводятся некоторые результаты компьютерной апробации разработанного метода.

Литература

Бутырин С.А., Сомов Е.И. (2010а) Технология комплексирования навигационной и наблюдательной информации для высокоточной привязки космических снимков // 3-я Мультиконференция по проблемам управления. Рефераты докладов XXVII конференции памяти выдающегося конструктора гироскопических приборов Н.Н. Острякова. Санкт Петербург: ГНЦ РФ «Концерн «ЦНИИ Электроприбор». 2010. С. 37.

Сомов Е.И., Бутырин С.А. (2009) Технология обработки сопровождающей измерительной информации для высокоточной координатной привязки космических снимков // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. Том 11. № 5. С. 156-163.

Сомов Е.И., Бутырин С.А. (2010b) Цифровая обработка сигналов, калибровка и юстировка бесплатформенной инерциальной системы для определения ориентации маневрирующего космического аппарата // Сб. материалов XVII Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам. Санкт Петербург: ГНЦ РФ «Концерн «ЦНИИ Электроприбор». 2010. С. 75-77.

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ СВЕТОЛОКАЦИОННОЙ И ТЕЛЕВИЗИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

А.И. Медведев, В.П. Носков

НИИСМ МГТУ им. Н.Э.Баумана

Автономная навигация при движении мобильного робота (МР) в средах с горизонтальной поверхностью может быть построена на совмещении последовательности горизонтальных дальнометрических изображений 2D-лазерного сенсора, закрепленного на МР (*Носков В.П., Носков А.В., 1998; Носков А.В., Носков В.П., 2005*).

Точки различных изображений показаны на рис. 1 разным цветом. На рисунке отмечены начала координат положений, из которых была произведена съёмка каждого из изображений. Смещение положения робота в данном случае описывается двумя линейными координатами: Δx , Δy и угловой координатой $\Delta\phi$. Для навигации можно находить эти три параметра смещения корреляционными методами. Успешно применяемый на практике метод состоит из двух частей – построения корреляционной функции двух 2D-изображений и нахождения её глобального максимума.

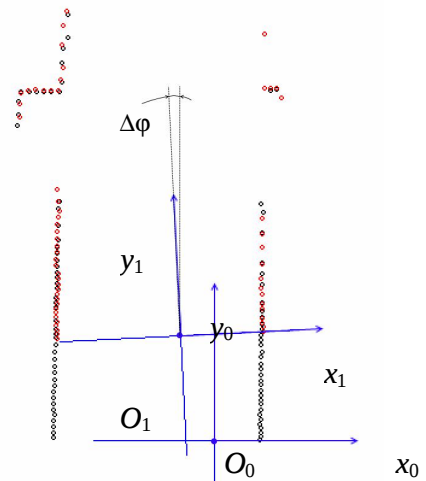


Рис. 1. Два совмещенных дальнометрических изображения.

Вид в плане

Точки обоих изображений проходят предварительную оценку качества, фильтрацию и классификацию, в процессе которой происходит выделение характерных особенностей внешней среды (углов, дверных проёмов и т.д.).

Найденные координаты смещения содержат погрешности, связанные с погрешностями и дискретностью измерений дальномера и характером окружающей среды. Величина угловой погрешности может достигать 2° , а линейной – 0,05м и более.

Для уменьшения погрешностей и дополнения модели внешней среды возможно и целесообразно использовать информацию, полученную с цветной видеокамеры синхронно с измерениями лазерного дальномера. Каждой точке дальнометрического изображения при этом приписывается соответствующая область поля зрения видеокамеры. Эту информацию возможно использовать для решения ряда задач, среди которых можно выделить:

1. Интерполяцию точек по критерию монотонности локальной видеоинформации
2. Распознавание характерных особенностей внешней среды и использование их для уточнения параметров смещения

Решение этих задач позволяет в ряде случаев решить важные проблемы, среди которых:

1. Неточность геометрической информации, связанная с дискретностью измерений и шириной светового луча дальномера
2. Непригодность геометрии среды для экстремальной навигации (неярко выраженный максимум корреляционной функции)

Дополнение геометрической информации видеоизображением добавляет в геометрические данные одну или несколько цветовых размерностей, что позволяет расширить на эти размерности алгоритм классификации. Например, анализируя локальную область градиента яркости точек, можно использовать два видеоизображения с известной геометрией для решения навигационной задачи корреляционными методами, что позволяет в ряде случаев

повысить точность до размеров видеопиксела, который на порядок меньше дальнометрического пятна.

Рассматриваемые в докладе алгоритмы могут быть применены и к более сложному случаю навигации, описываемому 6 координатами.

Литература

Носков В.П., Носков А.В. (1998) Система экстремальной навигации цехового транспортного робота // Сб. научн. тр. «Искусственный интеллект в технических системах». М.: ИФТП, 1998. С. 136-144.

Носков А.В., Носков В.П. (2005) Навигация мобильных роботов по дальнометрическим изображениям. // Мехатроника, автоматизация, управление, 2005. №12, С. 16-21.

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДИАПАЗОНОВ

А.Ю. Рубис, О.В. Выголов, Ю.В. Визильтер

ФГУП «ГосНИИ Авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС»), Москва

Для комплексирования изображений, полученных в различных спектральных диапазонах (ТВ – видимый диапазон, ИК1 – 3-5 мкм, ИК2 – 8-14 мкм) был разработан алгоритм на основе морфологического подхода Пытьева (*Пытьев, 1983*) и гистограммной морфологической сегментации методом динамического программирования (*Визильтер и др., 2009*).

Математическая модель многоспектрального изображения удобно формализуется на основе введенного Пытьевым понятия «формы изображения». Если предположить, что любая поверхность объекта, отображаемая в каком-либо диапазоне областью однородной яркости, имеет однородные свойства и на изображениях других диапазонов, то существует такое кусочно-постоянное изображение, что любое спектральное изображение данной сцены, может быть получено путем преобразования яркости областей данного изображения. Максимальный инвариант такого класса преобразований называется «формой многоспектрального изображения».

Предположим, что предварительная взаимная геометрическая привязка ТВ и ИК изображений произведена.

В качестве основы для формирования меточного изображения, описывающего форму, в данной работе выбирается изображение ИК1, которое регулируется при помощи процедуры морфологической гистограммной сегментации методом динамического программирования.

Автоматическое выделение мод гистограммы основывается на оптимизации *глобального критерия разделимости* на $n > 1$ мод. Введем $(n+1)$ -мерный вектор $\mathbf{t}=(t_0, \dots, t_n)$, где $t_0=0$, $t_n=255$, $t_1, \dots, t_{n-1}$ - пороги, разделяющие моды гисто-

граммы. Тогда среднеквадратичный критерий выбора порогов сегментации будет иметь вид:

$$\sum_{i=0,...,n} \text{DISP}(t_i, t_{i+1}) \rightarrow \min(t_1, ..., t_{n-1}).$$

Такая задача однозначно решается методом динамического программирования.

Если число мод гистограммы заранее неизвестно, то задача гистограммной сегментации является, вообще говоря, некорректной и требует дополнительной *регуляризации*. Для этого применяется критерий, одновременно штрафующий и суммарное отклонение сегментированного изображения от исходного, и число выделяемых при сегментации мод:

$$\sum_{i=0,...,n} \text{DISP}(t_i, t_{i+1}) + \alpha n \rightarrow \min(n, t_1, ..., t_{n-1}).$$

При фиксированном значении параметра α получаемый оператор гистограммной сегментации также является критериальным морфологическим проектором.

После гистограммной сегментации, подавления шумов и выделения связанных областей, регуляризованная форма изображения ИК1 считается сформированной.

Далее производится расчет Пытьевских морфологических проекций изображений ТВ и ИК2 на форму ИК1. Для этого на изображениях ТВ и ИК2 проводится суммирование яркостей пикселей, координаты которых принадлежат областям формы ИК1, рассчитывается их среднее значение, после чего это значение присваивается всем пикселям соответствующей области соответствующей проекции.

Финальным этапом алгоритма является взвешенное суммирование проекций ТВ и ИК2 изображений на форму ИК1.

Сравнительный анализ результатов работы реализованного алгоритма морфологического комплексирования с результатами работы других известных алгоритмов комплексирования (комплексирование на основе добавления отличий, оценки информативности и др.) показал достаточно высокое качество комплексирования изображений, достигаемое при помощи данного алгоритма.

Литература

Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Ларетина Н.А. Проективные морфологии на базе операторов фильтрации и сегментации изображений, вычисляемых методом динамического программирования // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2009. №6.

Пытьев Ю.П. Морфологический анализ изображений. Докл.АН СССР, 1983, т.269. N5. С. 1061-1064.

МОБИЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА КАК СЕРВЕР ДАННЫХ ФОНОЦЕЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ

Д.В.Иванов^{1,2}, Е.А.Казанкин¹, В.А.Сухолитко¹

¹ ОАО «Корпорация «Русские системы»

² Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова

Одним из приоритетных направлений стратегического развития Вооруженных сил Российской Федерации является создание единого информационно-разведывательного поля (ЕИРП). Характерной чертой ЕИРП является своевременное обеспечение потребителей всех уровней управления максимально полной и актуальной информацией, необходимой для выполнения поставленных задач.

Основной вклад в добывание и предоставление потребителям оперативных данных фоноцелевой обстановки вносят беспилотные и пилотируемые летательные аппараты, оборудованные сенсорными системами для формирования изображений местности и комплексами связи для передачи данных потребителям. При этом современные и перспективные бортовые системы (оптические, тепловизионные, радиолокационные и др.) формирования цифровых изображений местности способны в совокупности формировать потоки данных более 1000 Мбит/с. Вместе с тем, эффективное использование подобных объемов данных не представляется возможным по следующим причинам:

1) Пропускная способность радиоканалов передачи данных имеет физические ограничения и в настоящее время в среднем на два порядка ниже, чем потоки цифровых данных, формируемые современными сенсорами;

2) Передача всего массива информации от различных источников на центральный пункт ее обработки приводит к информационной перегрузке персонала, принимающего решения по постановке задач и доведению необходимых данных до конкретных потребителей.

Одним из путей решения изложенных выше проблем является рассматриваемая в докладе концепция построения бортовой системы технического зрения, обеспечивающая:

1) Прием исходных данных, поступающих от различных источников цифровых изображений местности, их предварительную и целевую обработку, объединение в единую структуру данных (например, объединенное ортофото с метаданными об объектах и т.п.) с привязкой к географическим координатам;

2) Накопление полученных объединенных данных в бортовой базе данных летательного аппарата с обеспечением их кодирования (сжатия) в целях эффективного расхода ресурсов бортового накопителя;

3) Предоставление фрагментов целевых данных по запросам различных потребителей, решающих стоящие перед ними конкретные задачи.

При этом существенной особенностью данной концепции является максимально рациональное использование ресурсов каналов передачи дан-

ных в связи с тем, что каждый потребитель получает только фактически запрашиваемые им данные. Запрос со стороны пользователя включает географические координаты целевой области на местности и разрешение экрана используемого устройства отображения информации. Ответ со стороны сервера включает наиболее актуальное изображение местности, максимально удовлетворяющее запросу, при этом обеспечивается возможность предоставления не только текущих (фактически наблюдаемых) данных, но и записанных ранее в бортовой базе данных.

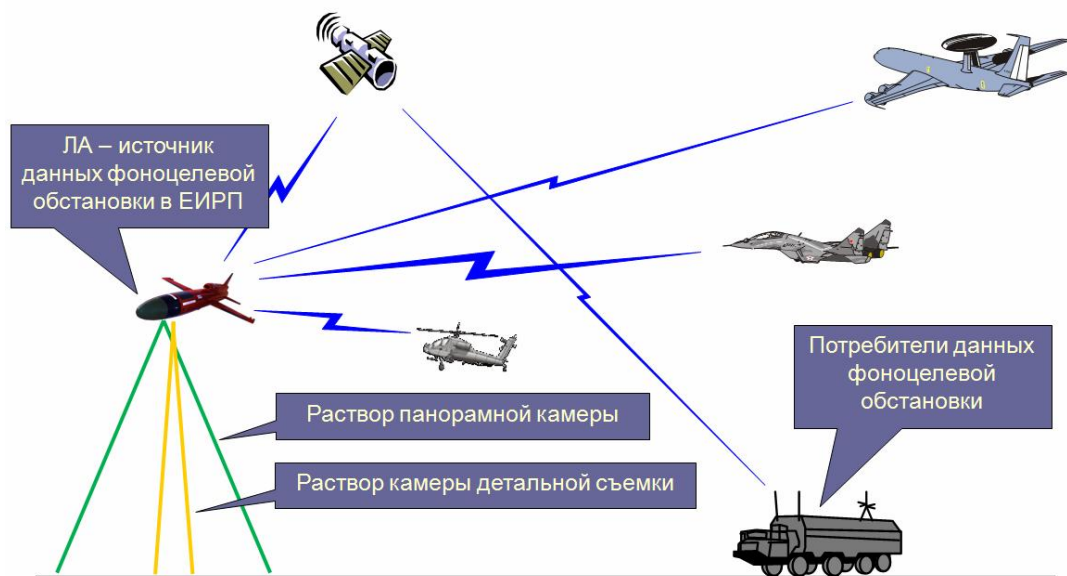


Рис. 1. Общая схема принципа обмена данными фоноцелевой обстановки

В докладе рассматриваются основные требования к алгоритмическому и программному обеспечению бортовой системы технического зрения и обработки информации, необходимые для реализации рассматриваемой концепции использования летательного аппарата в качестве сервера данных фоноцелевой обстановки.

Секция № 4

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОДСЕКЦИЯ: ВЫДЕЛЕНИЕ И ОПИСАНИЕ ХАРАКТЕРНЫХ СТРУКТУР

Ведущий – С.М. Соколов

ПОИСК ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КРИВЫХ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

А.Е. Левашов, Д.В. Юрин

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, ВМиК

При действиях в техногенном окружении или при взаимодействии мобильных роботов зачастую целесообразно применять упрощенный подход для определения взаимного положения и состояния, основанный на поиске известных ориентиров. В роли таких ориентиров могут выступать штанги, люки, ребра корпуса – т.е. объекты, видимые в виде прямых, окружностей, эллипсов и других простых геометрических фигур. Таким образом, задача сводится к быстрому и достоверному поиску на изображении кривых, описываемых аналитическим выражением с небольшим количеством параметров и оценке этих параметров.

В подходах на основе преобразования Хафа и разнообразных рандомизированных методах, анализируется множество точек, получаемое после поиска границ (*Xu, Oja, 2008*). В настоящей работе считается, что границы находятся в виде линий, представляющих собой связные цепочки пикселей шириной в 1 пиксель, возможно - с субпиксельной точностью. Многочисленные эксперименты, проведенные авторами, показывают, что при аккуратной реализации алгоритмов Канни, Дизензо-Кумани (*Pratt, 2007*) с вычислением производных путем свертки с производными функции Гаусса и процедурой подавления немаксимальных точек (*Devernay, 1995*), получаются линии с малым числом разрывов и за исключением незначительного числа точек – шириной в 1 пиксель. При размере Гауссова ядра порядка 5 пикселей время детектирования незначительно отличается от алгоритма Собеля при несопоставимо высоком качестве, при больших размерах ядра - нетрудно добиться константного и не слишком большого времени (*Triggs, Sdika, 2006*).

Для гарантии единичной ширины граничных линий применяется алгоритм (*Zhang, Suen, 1984*). Точки, где соединяются более 2 линий (т.е. точки, в 3х3 окрестности которых находится более 3 точек) удаляются вместе со всей своей окрестностью. Граничные точки собираются в виде списка кривых, а кривые – в виде списка точек.

Вся дальнейшая обработка выполняется с векторизованным изображением и состоит из двух этапов: сначала анализ отдельных линий, затем провер-

ка возможности их объединения (одинаковая модель и близкие параметры). Анализ линий выполняется сначала для целой линии, если подгонка ее ни к одной модели невозможна, то она разбивается на фрагменты, и каждый анализируется отдельно и т.д. рекурсивно, пока длина фрагмента выше пороговой.

Рассматривается ряд моделей – прямая, окружность, эллипс (*McLaughlin, 1996*), полином 3 степени (модель изогнутой балки). В каждой точке границы доступна информация - координаты и направление нормали (градиента яркости). Т.о., кривая определяется минимум N точками: прямая - 1 точкой, окружность – 2, эллипс – 3 и т.д. Проверка соответствия фрагмента модели осуществляется по нескольким случайным сбросам из $N+1$ точек, где дополнительная точка контрольная. Если контрольная точка лежит в пределах параметрической кривой, делается некоторое количество дополнительных случайных сбросов, если и они принадлежат кривой, то по всем точкам кривой параметры модели находятся методом наименьших квадратов с регуляризацией на основе SVD. Достоверность гипотезы определяется на основе критерия χ^2 .

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы и гранта РФФИ 09-07-92000-ННС_а.

Литература

- Xu L., Oja E. (2008)* Randomized Hough Transform // in Encyc. of Artif. Intell., Ed.By: J.Ramón, R.Dopico; J.Dorado; A.Pazos, IGI Global publishing comp., 2008, P.1354—1361.
- Pratt W.K. (2007)* Digital Image Processing: PIKS Scientific inside (4th ed.) // Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc., Los Altos, California, 2007, 782 p.
- Devernay F. (1995)* A Non-Maxima Suppression Method for Edge Detection with Sub-Pixel Accuracy // INRIA techreport RR-2724, 20 pages, 1995 .
- Triggs B., Sdika M. (2006)* Boundary Conditions for Young - van Vliet Recursive Filtering // IEEE Transactions on Signal Processing, V.54, No.5, May 2006.
- Zhang T.Y., Suen C.Y. (1984)* A fast parallel algorithm for thinning digital patterns // Communications of the ACM, V. 27, No. 3, P. 236--239, 1984.
- McLaughlin R.A. (1996)* Randomized Hough Transform: better ellipse detection // IEEE TENCON - Digital Signal Processing Applications, V. 1, P. 409-414, Nov. 1996.

МОДИФИЦИРОВАННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РАДОНА В ЗАДАЧАХ ВЫДЕЛЕНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ГРАНИЦ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

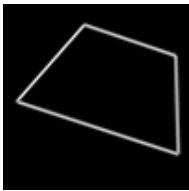
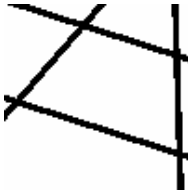
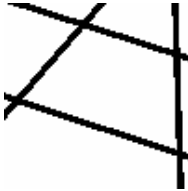
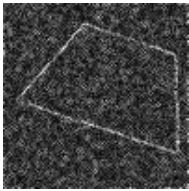
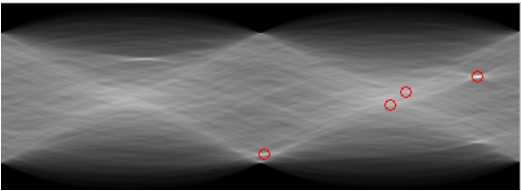
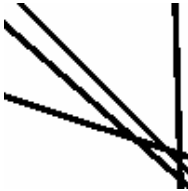
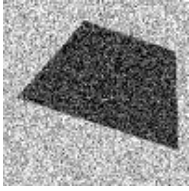
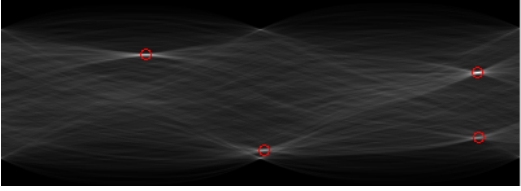
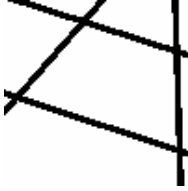
Б.А. Алпатов, П. В. Бабаян, Н.Ю. Шубин

Рязанский государственный радиотехнический университет

В задачах выделения прямолинейных границ на изображении часто применяют преобразование Радона. Для этого исходное изображение подвергают обработке каким-либо алгоритмом выделения границ. Преобразование Радона от полученного результата будет иметь локальные максимумы, координаты которых соответствуют параметрам прямых, вдоль которых, предположительно, лежат границы объектов на исходном изображении. Однако далеко не все алгоритмы выделения границ устойчивы к шумам на изображении. Как следствие – сильные искажения влияют на результат преобразования Радона. Негативное влияние шума на различимость экстремумов усугубляется тем, что в выражении, определяющем преобразование Радона, стоит интеграл, суммирующий шум вдоль прямых на изображении. В тоже время при учёте ориентации вектора градиента исходного изображения возможно значительно снизить влияние некоррелированного шума на результат преобразования Радона путём проецирования этого вектора на нормаль к прямой, вдоль которой производится интегрирование. На этом основано модифицированное преобразование Радона (*Бабаян, Шубин, 2010*), рассмотренное в данной работе.

Таблица 1 демонстрирует работу алгоритмов выделения прямолинейных границ на основе обычного и модифицированного преобразований Радона. В качестве исходных изображений использовались контрастное изображение четырёхугольника в отсутствии шума (№ 1, 2) и с аддитивным некоррелированным гаусовским шумом при отношении сигнал/шум около 3,5 (№ 3, 4). Модифицированное преобразование Радона производилось от оригинального изображения, а обычное – от модуля градиента исходного изображения. Из полученных результатов видно, что шум оказал значительно меньшее влияние на работу алгоритма выделения прямолинейных границ на основе модифицированного преобразования Радона по сравнению с обычным. Следует заметить, что модифицированное преобразование Радона может быть вычислено как взвешенная сумма трёх обычных преобразований Радона от изображений, полученных на основе поля градиента исходного изображения. Однако вычислительная сложность такого подхода по сравнению с обычным возрастает приблизительно в 1,5 раза, т.к. все три составляющих преобразования Радона выполняются над изображениями одинаковой размерности, что позволяет выполнять большую часть вычислений однократно.

Таблица 1. Сравнение работы алгоритмов в разных условиях

Преобразуемое изображение	Тип преобразования Радона	Результат преобразования Радона (с найденными на нём локальными экстремумами)	Обнаруженные прямые
	Обычное		
	Модифицированное		
	Обычное		
	Модифицированное		

Исследования выполнены при поддержке гранта Президента РФ для ведущих научных школ НШ-1.2010.10.

Литература

Бабаян П.В., Шубин Н.Ю. (2010) Выделение прямолинейных границ на основе модифицированного преобразования Радона // Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций: 16-я международная научно-техническая конференция. Рязань, 2010. С.21-23.

СТРУКТУРНЫЙ ГРАФ ЦВЕТОВЫХ СГУСТКОВ: СТРУКТУРЫ КОНТРАСТОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

К.И. Кий

Институт Прикладной Математики РАН им. Келдыша

Выявлению областей и точек интереса с целью поиска заданных объектов и анализа пар изображений (анализ движения, видеопоследовательностей, стерео анализ) посвящено много публикаций (К. Mikolajczyk, Т. Tuyte-

laars, C. Schmid et al., 2005; Mishra A. K., Aloimonos Y., 2009 и ссылки в этих работах). Существующие работы по данному направлению имеют дело в основном с пиксельными множествами (*K. Mikolajczyk, T. Tuytelaars, C. Schmid et al., 2005*). Это серьезно затрудняет использование разработанных методов в реальном времени. Кроме того, качество получаемых результатов на сложных сценах с заслонениями может быть недостаточным для решения указанных выше задач. Например, при решении навигационных задач при движении автономного робота и при решении роботом интеллектуальных задач (создание робота ассистента) возникают серьезные проблемы (*Mishra A. K., Aloimonos Y., 2009*).

Автором разработан метод геометризованных гистограмм (*Kiy, 2010; Кий К.И. 2010*), в котором цветные изображения с точностью, достаточной для решения ряда важных задач обработки изображений, задаются структурами отрезков (структурными графами цветовых сгустков). Для получения структурного графа цветовых сгустков, изображение разбивается на узкие полосы одинаковой ширины параллельные вертикальной или горизонтальной оси изображения. Структурный граф разбивается на слои, каждый слой соответствует некоторой полосе разбиения, и вершины структурного графа цветовых сгустков представляются окрашенными отрезками на средних линиях полос разбиения, ребра графа соединяют вершины в соседних полосах, отрезки которых имеют близкие цветовые характеристики и близки как отрезки на соответствующей оси (вертикальной или горизонтальной (*Kiy, 2010, Кий 2010*)). Примеры структурных графов цветовых сгустков для различных цветных изображений могут быть найдены в (*Cosmos.ru 2010*).

В данной работе мы задаем на структурном графе цветовых сгустков дополнительные структуры, которые позволяют найти базисные сгустки “порождающие” соответствующие участки полосы, выделить текстурные области, “покрытие” изображения базисными цветовыми сгустками, и выделяем соседние цветовые сгустки с контрастными границами перехода. Предлагаются некоторые правила нахождения отрезков (в частном случае точек) контрастного перехода между соседними базисными цветовыми сгустками в одной полосе изображения. Данные отрезки (точки) получаются пересечением отрезков соответствующих базисных контрастных цветовых сгустков. В случае, когда соседние цветовые сгустки соответствуют граничащим вертикальным (горизонтальным) объектам, контрастные отрезки вырождаются в точки. Таким образом, задается еще один тип объектов интереса на изображениях. Однако, в отличие от точек найденных с помощью локального анализа (*K. Mikolajczyk, T. Tuytelaars, C. Schmid et al., 2005*), данные точки включаются в слоеную структуру, которая существенно упрощает процедуру нахождения соответственных точек на парах изображений, так как они лежат на границе между двумя базисными цветовыми сгустками, характеризующиеся цветом, насыщенностью и полутоновой интенсивностью, и координатами концов (линейные размеры объектов слева и справа). Кроме того такое комплексное описание позволяет находить непрерывные системы контрастных отрезков, которые определяют виртуальные границы областей на изображении, а также

движение данных виртуальных кривых на последовательности изображений.
Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 08-05-00797-а).

Литература

- Ки́й К.И. (2010)* Модифицированный метод геометризованных гистограмм и его применение // Доклады 8-й международной конференции “Интеллектуализация обработки информации ИОИ-2010”. Пафос. Кипр. 2010. стр.367-370.
- Mikolajczyk K., T. Tuytelaars, C. Schmid et al. (2005)* A Comparison of Affine Region Detectors // International Journal of Computer Vision, Vol. 65, No. 1, 2005. P.43-72.
- Mishra A. K., Aloimonos Y. (2009)* Active segmentation // International Journal of Humanoid Robotics 6 (3). 2009. 361–386.
- Kiy K. I. (2010)* A new real-time method for description and generalized segmentation of color images // Pattern Recognition and Image Analysis No. 2, 2010. P.169-178.
- Cosmos.ru (2010)*: [URL:http://tz2010.cosmos.ru/](http://tz2010.cosmos.ru/).

Секция № 4

ПОДСЕКЦИЯ: МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Ведущий – Ю.В. Визильтер

ОПИСАНИЕ ФОРМЫ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПРИ ПОМОЩИ ГИБКИХ СТРУКТУРИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.С. Горбачевич, Ю.В. Визильтер

ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт
авиационных систем»

В задачах технического зрения на этапе распознавания обнаруженных объектов интереса часто возникает задача описания формы объектов – как наблюдаемых, так и хранящихся в базе эталонов. При этом требуется, чтобы используемое описание формы было максимально компактным, и при этом устойчивым как к небольшим искажениям контуров объекта, так и к искажениям типа загораживания части объекта. Для решения этой задачи в настоящее время используются различные типы дескрипторов формы – от цепных кодов и Фурье-дескрипторов контуров до морфологических скелетных описаний. В данной работе предлагается новый способ описания формы объек-

тов при помощи гибких структурирующих элементов морфологии Серра, реализуемых методами линейного программирования.

Хорошо известна задача о нахождении максимальной в смысле нормы L^1 вписанной функции $G(x) \leq f(x)$ для заданной неотрицательной функции $f(x)$, принадлежащей линейному пространству неотрицательных функций с базисом $\mathbf{g}(x) = \langle g_1(x), \dots, g_n(x) \rangle$ и соответственно имеющей вид

$$G(x) = y_1 g_1(x) + \dots + y_n g_n(x).$$

Данная задача решается методом линейного программирования (ЛП), и с морфологической точки зрения это решение может интерпретироваться как *ЛП-проекция* $f(x)$ на базис $\mathbf{g}(x)$, определяющая *вектор ЛП-разложения*

$$\mathbf{y}(f, \mathbf{g}) = \langle y_1, \dots, y_n \rangle \text{ функции } f(x) \text{ по базису } \mathbf{g}(x).$$

Перейдем теперь к задаче описания формы двумерных бинарных фигур. Выберем некоторую внутреннюю точку P исследуемой фигуры $\mathbf{B}$ в качестве начала координат (полюса) и рассмотрим контур фигуры относительно данной точки в полярных координатах $\langle \theta, f(\theta) \rangle$. Для любой фигуры $\mathbf{B}$ и любой точки $P \in \mathbf{B}$, *минимальная радиус-функция* определяется выражением

$$f(\theta) = \min_{r \geq 0} \{r: \langle \theta, r + \partial r \rangle \notin \mathbf{B}\},$$

где $\langle \theta, r \rangle$ - точка в полярных координатах; ∂r - малое приращение r .

Поскольку функция $f(\theta)$ является неотрицательной, то зафиксировав некоторый набор дискретных значений угла $\Theta = [0, \dots, 2\pi - \Delta\theta]$, можно определить оператор *полярного ЛП-открытия*, формирующий т.н. *гибкий структурирующий элемент* – максимальную вписанную полярную фигуру, параметрами которой являются *полюс* P и *базис* $\mathbf{g}(\theta)$. Вектор ее *ЛП-разложения* $\mathbf{y}(\mathbf{B}, P, \mathbf{g})$ можно считать *вектором признаков формы* фигуры $\mathbf{B}$.

В данной работе базис ЛП-разложения формируется как набор образов симметричной выпуклой фигуры, повернутых относительно смещенного полюса (рис.1а).

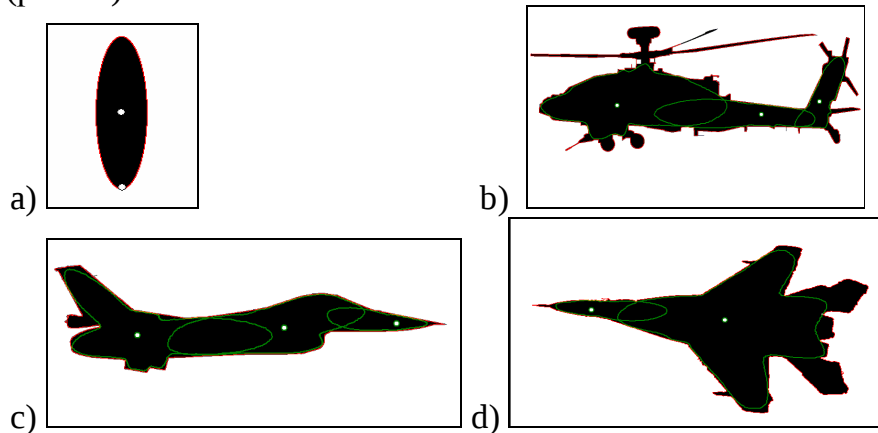


Рис.1. Образующий элемент (а) и примеры описания формы изображений различных ЛА малым числом гибких структурирующих элементов (показаны их полюсы и контуры)

Для компактного описания формы сложных бинарных фигур осуществляется их заполнение малым числом гибких структурирующих элементов, по-

сле чего информация о форме хранится в виде набора соответствующих векторов ЛП-разложений (рис.1 b-d).

Эксперименты показали высокую компактность, информативность и устойчивость таких описаний к искажениям контуров и загромождениям.

ПОСТРОЕНИЕ ТРЁХМЕРНЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ СКЕЛЕТОВ ПРИ ПОМОЩИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЦИРКУЛЯРОВ

Д.В. Хромов

Московский государственный университет

Серединной осью (medial axis), или скелетом, плоской замкнутой ограниченной области называется множество центров максимальных вписанных в эту область кругов. Серединная ось представляет собой планарный граф, который удачно описывает основные метрические и топологические свойства плоской фигуры. К настоящему моменту существуют эффективные алгоритмы для построения серединных осей (*Местецкий, 2009*). Было бы естественно попытаться применить тот же подход для анализа трёхмерных форм. Однако серединная ось пространственной области, определяемая, по аналогии с плоским случаем, как множество центров максимальных вписанных в область сфер, в общем случае представляет собой объединение многообразий размерности 2 и поэтому не является графом. Такой объект столь же сложен для последующей обработки и анализа, как и исходная форма, поэтому он гораздо менее полезен при решении практических задач.

Под криволинейным скелетом (curve-skeleton) пространственной области интуитивно понимается трёхмерный граф, описывающий геометрию этой области. Несмотря на значительное количество публикаций, посвящённых криволинейным скелетам, до сих пор не было дано общего математического определения этого объекта (*Cornea, Silver, 2007*). Существующие алгоритмы представляют собой разнообразные эвристики, которые возможно сравнивать друг с другом лишь путём визуальной оценки получающихся скелетов.

В настоящей работе предлагается определение трёхмерных криволинейных скелетов, основанное на аппроксимации трёхмерных областей при помощи специального вида пространственных объектов, для которых скелет определяется естественным образом. Этот подход позволяет численно оценивать и сравнивать разнообразные способы построения криволинейных скелетов.

В основе предлагаемого метода лежит понятие пространственного циркуляра – множества шаров, центры которых лежат на некоторой совокупности гладких пространственных кривых. Пространственный циркуляр хорошо подходит для аппроксимации трёхмерных форм с выраженными трубчатыми фрагментами – именно для анализа такого рода форм применение криволи-

нейных скелетов считается целесообразным. При этом криволинейный скелет пространственного циркуляра определяется как множество кривых, на которых лежат центры образующих циркуляр шаров. А скелет исходной трёхмерной области определяется как скелет аппроксимирующего эту область пространственного циркуляра.

Разработан и реализован алгоритм, осуществляющий построение криволинейного скелета в рамках предлагаемого подхода. Работа алгоритма состоит из двух частей: построения начального приближения скелета и итеративной подгонки этого приближения, минимизирующей численное значение погрешности аппроксимации пространственным циркуляром.

Для построения начального приближения скелета используются двумерные скелеты нескольких плоских проекций анализируемых моделей. Подобный метод обычно используется в задачах восстановления трёхмерного изображения по стереопаре.

Литература

Местецкий Л.М.. (2009) Непрерывная морфология бинарных изображений: фигуры, скелеты, циркуляры // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.

Cornea, Silver (2007) Curve-skeleton properties, applications, and algorithms // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, P. 530-548, May/June, 2007.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧЕК ПОВОРОТОВ ПАЛЬЦЕВ ПРИ СОЗДАНИИ ШАБЛОНА ЛАДОНИ

И.Г. Бакина

Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова

В данной работе рассматривается задача определения точек поворотов пальцев по серии снимков ладони. Данная задача является частью более общей задачи по созданию шаблона ладони, используемого при решении задачи распознавания личности по форме ладони. Ранее (*Бакина, 2010*) был предложен алгоритм создания такого шаблона, в котором ладонь представлялась моделью гибкого объекта (*Местецкий, 2009*) с размеченными кончиками и основаниями пальцев. Точки поворотов пальцев задавались эвристически. Однако они могут быть определены более корректно по серии снимков ладони, а качество распознавания (по критериям FRR и FAR) улучшено.

Пусть дана серия из n снимков ладони одного человека (в разных положениях): $F_1, F_2, \dots, F_n$. Необходимо определить координаты точек поворотов пальцев O_j^i на каждом изображении, где i – номер изображения ($i=1, \dots, n$), а j – номер пальца ($j=1, \dots, 4$). Большой палец не рассматривается.

Рассмотрим некоторое изображение ладони F_i (рис. 1). По методу, предложенному в (Бакина, 2010), можно построить его шаблон T_i и определить кончики пальцев P_j^i и основания R_j^i , $j=1, \dots, 4$. Также была введена несимметричная функция $\mu = \mu(T_1, T_2)$, определяющую степень похожести шаблона T_1 на шаблон T_2 .

Будем считать, что точка поворота j -ого пальца находится на его оси $P_j^i R_j^i$. Обозначим ее через O_j^i . Тогда задача сводится к нахождению набора па-

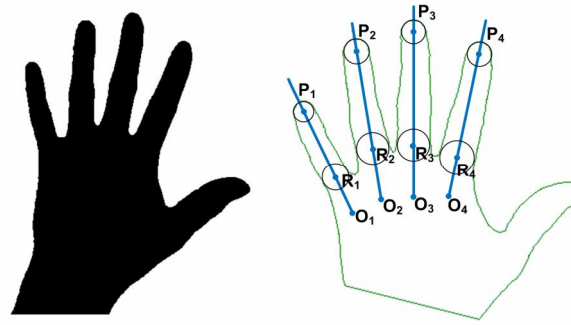


Рис. 1. Изображение ладони (слева) и разметка шаблона (справа) параметров $L=(L_1, L_2, L_3, L_4)$, где $L_j=|P_j^i O_j^i|$ – расстояние от кончика пальца до его точки поворота. Тот факт, что шаблон T_i зависит от L , будем обозначать как $T_i(L)$.

Пусть $M(L)=\sum \mu(T_i(L), T_j(L))$ по всем $i \neq j$, $i, j=1, \dots, n$. Смысл $M(L)$ – суммарная степень похожести шаблонов ладони человека при выбранном значении L . Понятно, что чем меньше $M(L)$, тем более похожи шаблоны ладони человека. Тогда можно поставить следующую оптимизационную задачу: $M(L) \rightarrow \min$ по всем $L \in \mathbb{R}^4$. На практике параметр L_j принимает значения из небольшого диапазона $[0.25|P_j^i R_j^i|, 0.35|P_j^i R_j^i|]$. Данная задача решалась с помощью метода Нелдера-Мида (Nash, 1990). Начальный симплекс брался внутри указанного параллелепипеда.

Эксперименты были проведены на базе, содержащей изображения ладоней 24 человек. Три ладони каждого человека были отнесены в обучение. По ним проводилось определение точек поворотов пальцев. Остальные ладони (от 1 до 3 для каждого человека) были отнесены в контроль. Далее проводилась оценка качества верификации (по критериям FRR и FAR). При верификации использовалось простое пороговое правило, m – величина порога. На рис. 2 представлены результаты проведенных экспериментов. При определении точек поворотов пальцев по серии снимков ладони удалось снизить величину ошибок FRR, а также ERR с 4 до 2%.

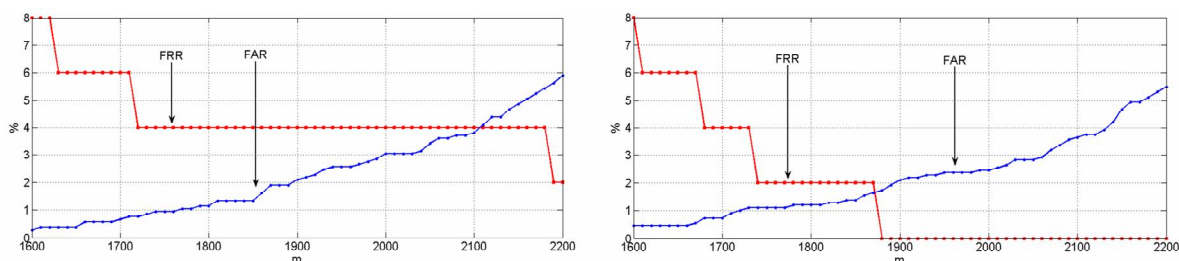


Рис. 2. Результат верификации при эвристическом задании точек поворотов пальцев (слева) и при их определении по серии снимков ладони (справа)

Литература

- Бакина И.Г. (2010)* Идентификация личности по форме ладони и голосу // Доклады 8-ой международной конференции “Интеллектуализация обработки информации ИОИ-2010”. Республика Кипр. 2010. С.438-441.
- Местецкий Л.М. (2009)* Непрерывная морфология бинарных изображений: фигуры, скелеты, циркуляры // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.288 с.
- Nash J.C. (1990)* Compact Numerical Methods for Computers: Linear Algebra and Function Minimisation // Second Edition. Adam Hilger, 1990.

РАСПОЗНАВАНИЕ ДВУХ- И ТРЕХМЕРНЫХ ЖЕСТОВ ЛАДОНИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СКЕЛЕТНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЕЕ СИЛУЭТА

А.В. Куракин¹, Л.М. Местецкий²

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Московский государственный университет им. Ломоносова

Распознавание жестов имеет много потенциальных практических применений и является активно развивающейся областью компьютерного зрения. Успешное продвижение в решении этой задачи позволит упростить взаимодействие пользователя с компьютером, а так же разработать механизмы для понимания компьютером языка жестов глухонемых.

Одной из частных задач в этой области является распознавание жестов человеческой ладони. В литературе рассматриваются различные подходы к решению данной задачи. В некоторых подходах для слежения за ладонью используются различные приспособления, такие как специализированные перчатки и маркеры. Другой класс методов не использует никаких приспособлений, а оперирует только изображением ладони, полученным с одной или нескольких камер.

Метод, рассматриваемый в данной работе, принадлежит ко второму классу - распознавание жестов выполняется посредством анализа изображений руки, полученных с одной или двух веб-камер.

Процесс распознавания состоит в бинаризации изображения ладони с целью выделения ее силуэта, построении непрерывного скелета полученного силуэта (Местецкий, 2003) и анализа скелетного представления ладони.

Скелетное представление значительно упрощает анализ формы ладони, по сравнению с другими методами и позволяет эффективно определять такие характеристики ладони, как количество видимых пальцев, координаты кончиков пальцев, оснований пальцев и координаты центра ладони. Пример ладони с построенным скелетом и помеченными кончиками и основаниями пальцев, а так же с помеченным центром ладони приведен на рисунке 1.

В случае, когда используется одна веб-камера, определение количества видимых пальцев и их взаимного расположение используется в демонстрационной программе для управления объектами на экране компьютера.

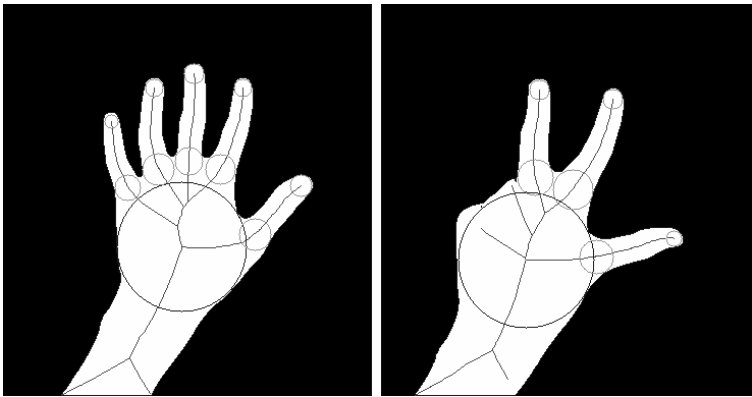


Рис. 1. Примеры построенного скелета силуэта ладони и его разметки

А использование двух веб-камер позволяет оценивать положение руки в трехмерном пространстве. При этом сначала каждый кадр из стереопары обрабатывается индивидуально, с целью определения положения кончиков пальцев. Затем устанавливается соответствие между пальцами ладони, видимыми на обоих кадрах, и, используя формулы проективной геометрии, выполняется вычисления трехмерных координат каждого из видимых пальцев (рис. 2).

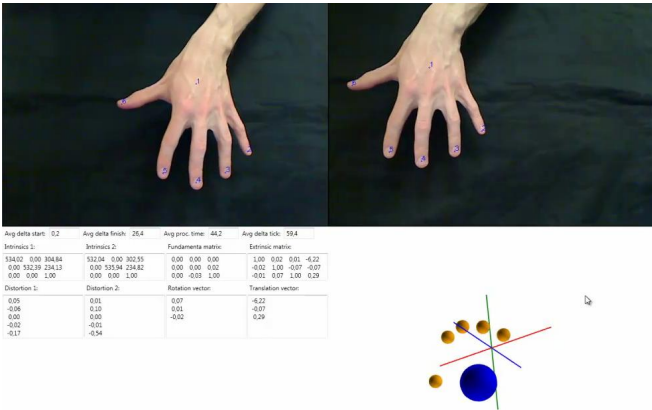


Рис. 2. Пример определение трехмерных координат кончиков пальцев

Литература

Местецкий Л.М. (2009) Непрерывная морфология бинарных изображений: фигуры, скелеты, циркуляры. // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 288 с.

СРАВНЕНИЕ И ПОДГОНКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ АНАЛИЗА 3D ПОРТРЕТОВ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ЛИЦ

Н.Ф. Дышкант

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Задачи анализа и обработки трехмерных изображений объектов из реального мира все чаще возникают в разных прикладных областях, связанных с распознаванием образов. Одним из способов получения моделей таких объектов является использование трехмерных сканеров. Современные сканеры позволяют в режиме реального времени получать объемный портрет объекта в виде облака точек, принадлежащих его поверхности. Необходимость анализа и распознавания объектов в реальном времени ставит новые высокие требования к алгоритмам обработки и сравнения трехмерных объектов. В работе рассматривается актуальная задача построения мер сходства поверхностей, которые могут быть адаптированы для конкретных приложений, и разработки методов сравнения поверхностей, имеющих высокую вычислительную эффективность.

Предлагаются меры для сравнения поверхностей и эффективный подход к их вычислению. В качестве приложений был рассмотрен ряд задач анализа трехмерных моделей человеческих лиц: количественная оценка асимметрии 3d модели лица, сегментация 3d модели лица на статические и динамические области по трехмерной видеопоследовательности, построение пространственной модели лица и челюстей для задач ортодонтии, оценка некоторых методов реконструкции 3d модели лица. Исходные данные были получены 3d сканером Broadway компании Artec Group.

Особенностью постановки рассматриваемой задачи является представление сравниваемых поверхностей конечными нерегулярными облаками точек, которые в общем случае могут иметь разную плотность (быть получены разными сканерами). Каждая трехмерная модель лица рассматривается как функция высот, заданная в узлах плоской триангуляционной сетки. При этом используются триангуляции Делоне.

Предложенный подход к вычислению меры поверхностей включает (N.F. Dyshkant, 2010):

- построение триангуляций Делоне для обеих сеток и аппроксимацию каждой поверхности кусочно-линейной функцией двух переменных;

- вычисление значений первой функции в узловых точках второй сетки на основе локализации узлов второй сетки в первой триангуляции и наоборот;

- вычисление меры сходства на основе сравнения значений обеих функций в узлах обеих сеток.

При больших различиях в плотности двух сеток возникают ситуации, когда несколько плотно лежащих узлов одной сетки лежит внутри одной большой треугольной грани второй сетки. В этом случае ошибки при интерполяции поверхностей будут приводить к большим ошибкам при вычислении мер для сравнения. Для этого случая предложена новая мера, позволяющая учитывать разницу только между теми узлами двух сеток, которые находятся близко друг от друга. Критерием для выбора таких пар узлов является соседство узлов разных сеток в общей триангуляции Делоне (Л.М. Местецкий, Е.В. Царик, 2004), построенной на объединении множеств узлов двух сеток. Для реализации этого предложен алгоритм перечисления «интерфейсных граней» – треугольников общей триангуляции, объединяющих узлы из разных сеток. Алгоритм линейен по общему количеству узлов в худшем случае.

Для подгонки поверхностей рассматривается оптимизационная задача для значения меры различия между поверхностями. Параметрами оптимизации являются сдвиги модели вдоль осей координат и повороты вокруг них.

Предложенный подход обоснован доказательствами и проверен вычислительными экспериментами с помощью разработанной программы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 09-07-92652-ИНД_а, № 10-07-00609-а).

Литература

Л.М. Местецкий, Е.В. Царик (2004) "Триангуляция Делоне: рекурсия без пространственного разделения сайтов" // Труды конференции "ГрафиКон'2004", М.: Изд. отдел ф-та ВМК МГУ, 2004, С. 267-270.

Artec Group (2007): 3D Scanning Technologies. М., 2007. URL: <http://www.artec-group.ru>.

N. F. Dyshkant (2010) "An algorithm for Calculating the Similarity Measures of Surfaces Represented as Point Clouds" // Pattern Recognition and Image Analysis: Advances in Mathematical Theory and Applications, Vol.20, N4, 2010. P. 495-504.

Секция № 5
ОБНАРУЖЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ В
СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ
ПОДСЕКЦИЯ: ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ

Ведущий – Н.В. Ким

ФОРМИРОВАНИЕ ОБУЧАЮЩЕГО МНОЖЕСТВА ВЕКТОРОВ ПРИ-
ЗНАКОВ ДЛЯ АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ
И ЛОКАЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУППЫ НА-
ЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ ВИЗИРНОЙ
СИСТЕМЕ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

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

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

В докладе рассматривается задача формирования обучающего множества векторов признаков для алгоритма автоматического обнаружения и локализации изображений элементов группы наземных объектов (Себряков и др., 2011), основанного на методах оконно-разностных функций (ОРФ) и опорных векторов (С. J. C. Burges, 1998).

ОРФ изображения объекта представляют собой разности некоторых интегральных характеристик полей яркости, а также полей их спектральных и текстурных параметров для минимального описывающего изображение объекта прямоугольника и его окрестности. Линейная комбинация ОРФ образует индикаторную функцию (ИФ). На первом этапе алгоритм обеспечивает формирование множества прямоугольных областей-претендентов, центры которых соответствуют максимумам ИФ, а на втором – определение координат вершин минимальных описывающих прямоугольников (МОП) изображений элементов группы (решение задач обнаружения и локализации).

Решение задачи различения двух классов осуществляется в работе (Себряков и др., 2011) при помощи составного классификатора, построение которого осуществляется на этапе обучения алгоритма. Составные части этого классификатора решают задачу различения двух классов с использованием обучающего множества векторов признаков (ОМВП).

При решении задач обнаружения и локализации диапазоны значений геометрических и энергетических характеристик условий наблюдения предполагаются известными. Для этих условий наблюдения с помощью оптикоэлектронной визирной системы (ОЭВС) с известными характеристиками пространственного и энергетического разрешения экспериментально получена выборка прямоугольных растровых полутоновых изображений. Она называ-

ется далее множеством наблюдаемых кадров (МНК). Множество наблюдаемых кадров с указанными оператором координатами вершин МОП изображений элементов группы разделяется на две части. Одна из них используется для подготовки ОМВП и называется обучающим множеством кадров (ОМК). Другая часть используется для получения оценок показателей качества обнаружения и называется тестовым множеством кадров (ТМК).

Предлагаемые в статье алгоритмы сокращения размерности ОМК и ОМВП основаны на методе репрезентативной выборки (*Г. Крамер, 1975; С.З. Кузьмин, 1974*).

Разработанные алгоритмы сокращения размерности обучающего множества наблюдаемых кадров и обучающего множества векторов признаков позволяют исключить из рассматриваемых выборок наименее информативные элементы путем оптимального разбиения обучающих множеств методом *k*-медоидов и формирования сокращенных множеств из медоидов полученных кластеров. Показана возможность уменьшения размерности обучающего множества кадров $\sim$ в 10 раз и уменьшения размерности обучающего множества векторов признаков $\sim$ в 20 раз при практическом сохранении заданных показателей качества обнаружения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 09-08-13588-офи-ц).

Литература

- Себряков Г.Г. , В.Н Сошников, И.С. Кикин, А.А. Ишутин.* Двухэтапный алгоритм обнаружения и локализации наземных объектов в монохромных оптикоэлектронных системах навигации и наведения летательных аппаратов, основанный на методах оконно-разностных функций и опорных векторов // «Вестник компьютерных и информационных технологий», № 2, 2011.
- Крамер Г.* «Математические методы статистики» // Изд-во «Мир, М., 1975.
- Кузьмин С.З.* «Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации, // М., «Советское радио», 1974.
- Burges C. J. C.* A tutorial on support vector machines for pattern recognition // Data Mining Knowl. Disc. 2, 1–47 (1998).

ПОИСК ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКИ ФОРМИРУЕМЫХ КОНТУРНЫХ ЭТАЛОНОВ

Ю.Б. Блохинов, А.С. Чернявский

ФГУП «ГосНИИАС», Москва

Центральной проблемой в совершенствовании систем навигации летательных аппаратов является разработка и реализация алгоритмов обработки изображений и распознавания образов, обеспечивающих надежную автома-

тическую селекцию выбранного объекта наземной сцены и определение координат этого объекта при ограничении времени решения в бортовой вычислительной системе. Априорная информация о сцене (количество, размеры объектов и их взаимное расположение) используется для формирования эталонного изображения сцены (ЭИ) или ее эталонного описания в виде некоторой структуры данных. По фотоснимкам формируется текущее изображение сцены (ТИ). Сопоставление ТИ и ЭИ позволяет решить задачу локализации объектов сцены и сборки сцены. В данной работе подробно рассматривается постановка задачи и особенности практической реализации подхода, базирующегося на указанных выше положениях.

В качестве основных, наиболее стабильных, признаков изображений объектов используются их геометрические характеристики – форма и размеры объектов, параметры их взаимного расположения. Предполагается, что трехмерная модель известна, поэтому эталоны могут быть сгенерированы динамически, с учетом расстояния до цели и углов съемки. Эталонное описание сцены содержит только реберные (скелетные) изображения объектов. Предлагается алгоритм сопоставления ЭИ и ТИ, реализующий процедуры автоматического обнаружения, селекцию заданного объекта и определение его координат. Алгоритм (Гнилицкий, 2010) включает в себя следующие этапы:

- Предварительная обработка ТИ, устранение или снижение интенсивности шумов
- Построение поля градиентов яркости ТИ и нормалей к ЭИ. Вычисление функции сходства ТИ и ЭИ. Нахождение набора наиболее вероятных положений каждого объекта сцены
- Отбраковка ложных обнаружений объекта на основе априорной информации о сцене (сборка сцены)

В данной работе демонстрируются результаты применения алгоритма обнаружения трехмерных объектов на ТИ, представляющих собой снимки земной поверхности, полученные в видимом и инфракрасном диапазоне. Приводятся оценки вероятности и точности обнаружения объектов. Обсуждается вопрос субпиксельного уточнения положения объектов.

Использование контурных эталонов повышает устойчивость поиска объектов. Алгоритм позволяет проводить быстрый поиск по эталону, который может формироваться прямо во время облета сцены. Такая концепция приносит большую гибкость по сравнению с использованием статического дискретного набора эталонных изображений.

Литература

Гнилицкий В.В., Инсаров В.В., Чернявский А.С. (2010) Алгоритмы принятия решения в задаче селекции объектов на изображениях наземных сцен // Изв. РАН. Теория и системы управления, 2010. № 6, С. 143–151.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯХ

Д.В. Комаров, Ю.В. Визильтер, О.В. Выголов

ФГУП «ГосНИИ Авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС»), Москва

Доклад посвящен разработке алгоритма автоматического обнаружения взлетно-посадочной полосы (ВПП) на видеоизображениях, обеспечивающего информационную поддержку авиационной системы «улучшенного видения» (СУВ). СУВ является аппаратно-программной системой технического зрения, осуществляющей улучшенную визуализацию закабинной обстановки на основе обработки информации с датчиков различных спектральных диапазонов – телевизионного (ТВ) и инфракрасного (ИК).

Входными данными для алгоритма автоматического обнаружения ВПП являются цифровые изображения закабинной обстановки. На выходе алгоритм формирует флаг наличия/отсутствия ВПП на изображении, а также (в случае наличия ВПП) список координат охватывающего четырехугольника ВПП. Обнаружение ВПП осуществляется без опоры на текущую пилотажно-навигационную информацию (ПНИ) и априорные картографические сведения об аэродроме и ВПП.

Обнаружение ВПП осуществляется автоматически на максимально возможной дальности. По мере приближения к ВПП осуществляется слежение и постоянное уточнение ее места положения. При приближении к ВПП на достаточное расстояние для обнаружения стандартного маркера начала полосы, видимые координаты всех углов ВПП окончательно уточняются и соответственно визуализируются.

Разработанный модульный алгоритм автоматического обнаружения ВПП состоит из следующих основных процедур:

- Поиск линии горизонта;
- Поиск области интереса, содержащей объекты типа ВПП;
- Проверка наличия маркера начала ВПП;
- Определение продольных границ ВПП;
- Уточнение положения начала и конца ВПП;
- Пространственно-временная фильтрация оценок параметров положения и ориентации ВПП.

На этапе определения продольных границ ВПП применяется оригинальное *отнормальное преобразование Хафа (ОПХ)*, заключающееся в проецировании контуров изображения на предполагаемую горизонтальную плоскость в объектном пространстве (плоскость ВПП) и сборе их проекций на различные возможные направления в этой плоскости (рис.1) с учетом направлений градиентов. Предполагается, что продольные линии контуров ВПП “сходятся” в точке, близкой к наблюдаемой линии горизонта. Тогда вращение средней линии ВПП в плоскости ВПП соответствует перемещению точки схода вдоль линии горизонта, а сдвиг средней линии ВПП влево или в

право в плоскости ВПП соответствует сдвигу точки пересечения видимой проекции этой линии нижнего края анализируемого фрагмента.



Рис.1. Параметризация ортонормального преобразования Хафа (x_1 , x_2)

Алгоритм обнаружения ВПП реализован в виде программного модуля реального времени для прототипа авиационной СУВ. Тестирование модуля осуществлялось на модельных видеопоследовательностях ТВ диапазона. Тестирование показало принципиальную работоспособность алгоритма, и возможность обработки видеосигнала на БУП ИМА в реальном времени.

Дальнейшие работы по совершенствованию алгоритма обнаружения ВПП будут направлены на адаптацию алгоритма к реальным изображениям ВПП ИК диапазона. Кроме того, вероятность правильного обнаружения ВПП в сложных случаях может быть существенно повышена за счет использования дополнительной информации – текущей ПНИ, а также априорных сведений об аэродроме и структуре расположения ВПП в аэродромном комплексе.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОСАДКИ В МОРСКОЙ СРЕДЕ

А.Н.Липатов¹, А.Н.Ляш¹, В.С.Макаров¹, С.А.Антоненко², Г.В.Захаркин²

¹Учреждение российской академии наук Институт космических исследований РАН, Москва

²ООО «Евросервис 21 век», Москва

В статье представлен оптический датчик координат - устройство, представляющее собой сложный аппаратно-программный комплекс для определения координат положения движущегося объекта относительно неподвижных маркеров. Принцип построения такого датчика аналогичен звездным координаторам. Главным отличием от звездных координаторов является то, что работа проводится в мутной среде на фоне многих ложных помех при использовании активной подсветки мишени. Отраженный от маркеров свет попадает в оптический датчик, где происходит обработка изображения с целью

распознавания и выделения знаков на фоне засветки и помех. Алгоритмы датчика позволяют достоверно распознать маркеры. В приборной системе координат вычисляются координаты центров маркеров. Данные передаются в вычислительное устройство, управляющее процессом посадки. Также, оптический датчик координат передает и видеосигнал, предназначенный для визуального отображения на мониторе процесса посадки. Особенностью оптического датчика координат является то, что он предназначен для работы в водной среде.

В докладе приведены технические характеристики датчика, рассмотрены особенности его конструкции, алгоритмы обработки изображения и экспериментальные результаты.

ОТРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОНОМНОГО ВЫБОРА МЕСТА ПОСАДКИ КА «ФОБОС-ГРУНТ» ПО ТЕЛЕВИЗИОННЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Б.С. Жуков, С.Б. Жуков

Учреждение российской академии наук Институт космических исследований РАН

При посадке КА «Фобос-Грунт» на поверхность Фобоса по изображениям, получаемым двумя широкоугольными телевизионными камерами (ШТК), входящими в состав телевизионной системы навигации и наблюдения (ТСНН), будет строиться и передаваться в бортовой вычислительный комплекс (БВК) карта неоднородности поверхности, по которой в БВК может определяться пригодность места посадки, прогнозируемого по текущим траекторным измерениям, а в случае его непригодности – приниматься решение о перенацеливании КА на наиболее ровный участок заданного размера в поле зрения ШТК. Карта неоднородности строится по признаку относительной дисперсии яркости изображения с дополнительным учетом наличия теней и близости крупных неоднородностей. С этой целью обработка изображений ведется в движущемся окне, размер которого соответствует требуемому размеру посадочной площадки (~10 м) и подстраивается при снижении КА. Для более точного определения оптимального места посадки анализ проводится с перекрытием окон, которое увеличивается при снижении КА. На малых высотах проводится дополнительное загроубление изображений для того, чтобы избежать влияния текстуры реголита на контраст изображений.

Бортовое программное обеспечение, реализующее данный алгоритм, написано на языке Си и является частью программно-алгоритмического обеспечения (ПАО) режима «Посадка» ТСНН. Время выполнения операций по построению карты неоднородности на процессоре ADSP-21060 ШТК с тактовой частотой 24 МГц составляет около 0.1 с. Карта неоднородности пе-

редается в БВК вместе с репортажным кадром и результатами измерения высоты и бокового смещения один раз в 6 с.

Каждая камера ШТК работает независимо по идентичной программе.

Окончательная обработка ПАО «Посадка» проводилась на стенде ТСНН, где камеры ШТК под управлением контрольно-испытательной аппаратуры, моделирующей интерфейсы с КА, снимают выводимые на мониторы стенда изображения шероховатых поверхностей со структурой, которую можно ожидать на поверхности Фобоса. Масштаб и стерео параллакс снимаемых изображений подбирается так, чтобы он соответствовал реальной траектории посадки на Фобос.

На рис.1 показан пример одновременно получаемых двумя камерами изображений шероховатой поверхности, а также построенные по ним карты неоднородности с указанием оптимального места посадки. Поскольку камеры ШТК на КА развернуты друг относительно друга на 180° вокруг оптической оси, получаемые ими изображения и карты неоднородности также развернуты на 180° .

Тестирование показало, что карта неоднородности адекватно отображает опасные неровности поверхности типов, которые ожидаются на Фобосе (кратеры, борозды, большие камни) и позволяет выбирать наиболее однородную площадку заданных размеров, избегая близости к указанным неровностям.

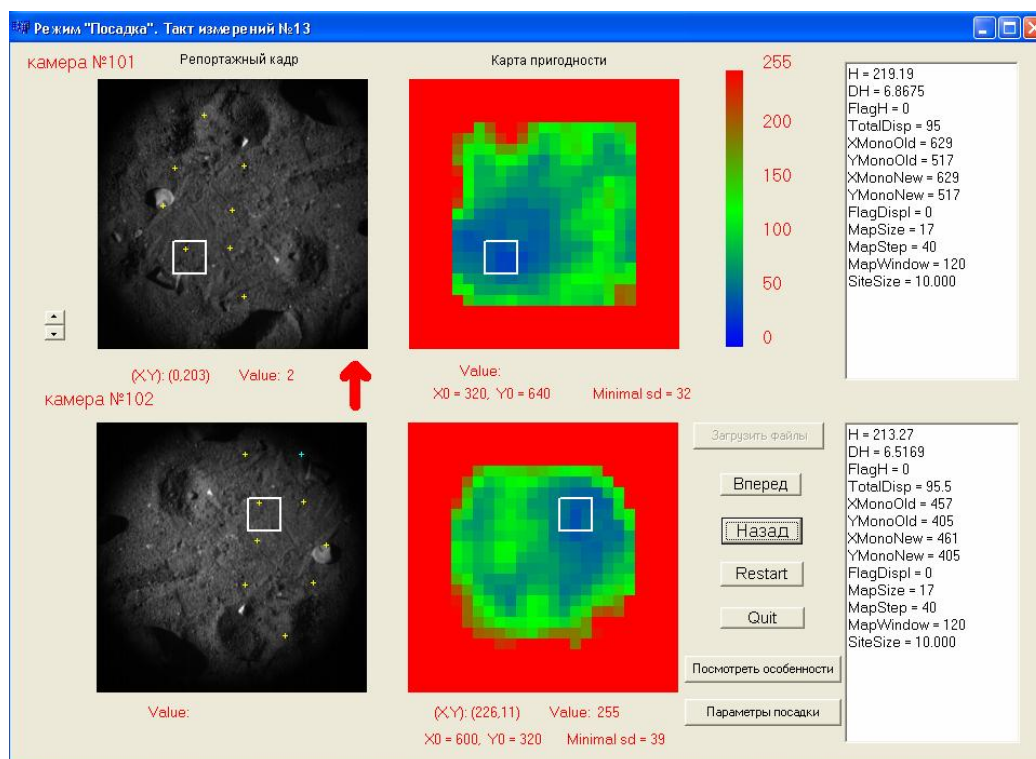


Рис.1. Окно программы визуализации файла посадки, показывающее полученные двумя камерами репортажные кадры (слева), соответствующую им карту неоднородности (в центре) и результаты измерений высоты и боковых смещений (справа)

Секция № 5

ПОДСЕКЦИЯ: ОБЩИЕ МЕТОДЫ

Ведущий – А.Ю. Мещеряков

ПОИСК ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА НАБЛЮДАЕМОЙ СИТУАЦИИ

Н.В. Ким, А.Г. Кузнецов

Московский Авиационный институт

В работе рассматривается задача повышения эффективности поиска объектов за счет управления поисковыми ресурсами на основе анализа наблюдаемой ситуации.

Сложность поиска объектов с помощью беспилотных летательных аппаратов (БЛА) связана с рядом факторов. Так, возможность обнаружения объектов зависит от взаимного расположения или траекторий движения БЛА и объекта, а также положения фоновых объектов, которые могут загоразживать или затенять искомый объект. При этом траектория полета БЛА имеет ряд пространственно - временных ограничений. Кроме того, признаки объекта должны быть достаточно информативными, наблюдаемыми и идентифицируемыми с помощью используемых датчиков и алгоритмов.

Неопределенность размеров и положения области присутствия объекта (области интереса) также затрудняет управление поисковыми ресурсами.

Одним из направлений повышения эффективности поиска является анализ наблюдаемой ситуации, основанный на формировании описаний ситуации. Эти описания должны включать определение объектов интереса и межобъектных отношений, существенных для выполнения поставленной задачи. В частности, объектами интереса являются объекты, которые могут загоразживать объект поиска.

В зависимости от решаемых задач при формировании описаний (даже одной наблюдаемой сцены) могут быть использованы различные отношения. Так, при решении задачи поиска навигационных ориентиров используются классификационные, признаковые и пространственные отношения, а для задач поиска мобильных малоразмерных объектов важными также являются каузальные отношения, характеризующие причинно-следственные связи, отражающие цель действий объекта поиска и пр.

Описания ситуаций могут быть реализованы различным образом: на основе специализированных языков, фреймов и пр. В представленной работе основой описаний ситуаций является набор реляционных баз данных (БД).

БД содержат описания объектов: их типы, признаки, отношения с соседними объектами, условия наблюдения, вероятности наблюдения и пр.

Стратегия поиска объектов определяется выделением в районе решения целевой задачи областей с максимальной априорной вероятностью нахождения искомого объекта. Вероятность нахождения объекта определяется исходя из его свойств, целевой функции и способов взаимодействия с остальными объектами сцены.

Области, подлежащие обследованию, можно разделить на наблюдаемые (видимые в поле зрения БЛА), наблюдаемые, но скрытые (в поле зрения БЛА, но загороженные другими объектами), и на ненаблюдаемые (вне поля зрения СТЗ БЛА). Полет БЛА происходит так, чтобы попасть в такую точку эффективного наблюдения и с таким углом курса, в которой бы обеспечивался минимальный размер скрытой области при максимизации области наблюдения.

Выбор точки эффективного наблюдения осуществляется на основе анализа описания наблюдаемой сцены, хранящейся в базе данных.

Реализация предлагаемого подхода к поиску объектов позволит эффективнее распределять поисковые ресурсы и, как следствие, увеличить скорость обнаружения.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ БОРТОВЫМИ СИСТЕМАМИ

С.М. Соколов, А.А. Богуславский

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Рассматривается задача распознавания известного объекта сложной формы, наблюдаемого с неизвестного расстояния в изменяющихся и априори недоопределённых условиях. На примере задачи автоматизации визуального мониторинга процессов сближения и стыковки космических кораблей с международной космической станцией предлагается компоновка алгоритмов верхнего и нижнего уровня обработки изображения успешно решающая поставленную задачу в масштабе реального времени на типовых вычислительных ресурсах, доступных в бортовом исполнении КА.

Алгоритмы распознавания изучаются достаточно давно, начиная с первых работ по машинному зрению, но в практических реализациях они сложны и требуют специализации для конкретной прикладной задачи. Последнее обстоятельство выводит многие известные решения из области экономической целесообразности или же оставляет решение задачи за рамками реального времени, диктуемого внешними по отношению к СТЗ процессами.

Мы называем наш подход «интеллектуальным», имея в виду, что в нём внимание сосредоточено на методах распознавания образов объектов на ос-

нове тех или иных представлениях/моделях о воспринимаемой сцене. В зрительной системе человека, во многих случаях успешно решающего задачи распознавания, подобного рода деятельность принято называть интеллектуальной.

В тех случаях, когда условия наблюдения относительно стабильны, традиционные схемы обработки решают поставленные задачи. Так были решены задачи мониторинга стыковок (Boguslavsky A.A., Sazonov V.V., Sokolov S.M. and other 2004, 2007). В условиях более сложной конфигурации и взаимного затенения объектов потребовалось усовершенствование алгоритмов обработки.

Центральной частью описываемых исследований было построение интеллектуальных (в указанном смысле) алгоритмов обработки зрительных данных, эффективно выбирающих маршрут по дереву распознавания, при ограничениях на время принятия решения. Основные компоненты нашего подхода:

- классификация и упорядочивание образов объектов интереса на основе наиболее общих и быстро вычисляемых характеристик (гистограммы, моменты);
- контроль вычислительных затрат на всех этапах работы со зрительными данными и использование в расчётах приоритетов признаков и моделей;
- объединение алгоритмов нижнего и верхнего уровней обработки (типа «снизу вверх» и «сверху вниз») на основе модели анализируемой сцены;
- одновременное использование в алгоритмах нижнего уровня контурных признаков и сегментированных областей изображений.

С применением этих приемов была построена схема обработки зрительных данных, разбивающая процесс распознавания объекта интереса на этапы. Сначала выполняется подбор алгоритма поиска признаков образа объекта интереса на текущем и ближайших кадрах видеопоследовательности. На следующем этапе, по результатам работы выбранного алгоритма, принимается гипотеза об обнаружении образа класса объектов из предусмотренного в системе набора. На основе этой гипотезы формируются прогнозные модели для прослеживания образа объекта на последующих изображениях. Третий этап заключается в прослеживании в течение заданного промежутка времени образ объекта интереса на последовательности кадров. Если объект прослеживается, то он считается распознанным, если же нет, то в рамках отпущенного времени проверяются следующие по приоритету гипотезы или образ объекта считается не распознанным.

Литература

Boguslavsky A.A., Sazonov V.V., Sokolov S.M. and other (2004) Automatic Vision-based Monitoring of the Spacecraft Docking Approach with the International Space Station. Proc of the First International Conference on Informatics in Control,

Automation and Robotics, Setúbal, Portugal , August 25-28, 2004 (ICINCO 2004), V. 2, P. 79-86.

Boguslavsky A.A., Sazonov V.V., Sokolov S.M. and other (2007) Automatic vision-based monitoring of the spacecraft ATV rendezvous/ separations with the International Space Station. Proc of the Fourth International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, Angers, France, May 9-12, 2007 (ICINCO 2007), V. 1, P. 284-291.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ВИОЛЫ-ДЖОНСА С ДВУХТОЧЕЧНЫМИ ПРИЗНАКАМИ ДЛЯ ПОИСКА АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ТРАВЕ

Ф.А. Корнилов, К.В. Костоусов, Д.С. Перевалов

Институт Математики и Механики УрО РАН, Екатеринбург

В настоящее время алгоритм Виолы-Джонса и его модификации являются самыми широко используемыми алгоритмами для поиска лиц на изображении. Одной из важнейших частей таких алгоритмов является набор признаков. Наиболее часто используемые наборы – признаки типа Хаара и локальные бинарные паттерны (Viola P., Jones M., 2002; Ahonen T., Hadid A., Pietikäinen M., 2004).

В работе вводится новый, очень простой, набор признаков, который состоит из разностей яркостей изображения в двух пикселах (x_1, y_1) и (x_2, y_2) , для всех возможных пар пикселей: $feature(x_1, y_1, x_2, y_2) = image(x_1, y_1) - image(x_2, y_2)$.

В работе исследуется работоспособность нового набора признаков на примере одной прикладной задачи поиска «ромашкоподобных» объектов в траве, в условиях, когда объект интереса частично загорожен. А именно, сравнивается качество работы алгоритма с новым набором признаков и с признаками типа Хаара, исследованными ранее в (Корнилов Ф.А., Костоусов К.В., Перевалов Д.С., 2010). Набор обучающих и тестовых изображений был искусственно сгенерирован путем наложения четырех слоев: слоя травы, слоя объекта интереса, слоя структурного шума, состоящего из посторонних объектов типа сучков и листьев, и слоя однородного гауссова шума. Для обучения и тестирования использовалось 600 и 2000 изображений соответственно.

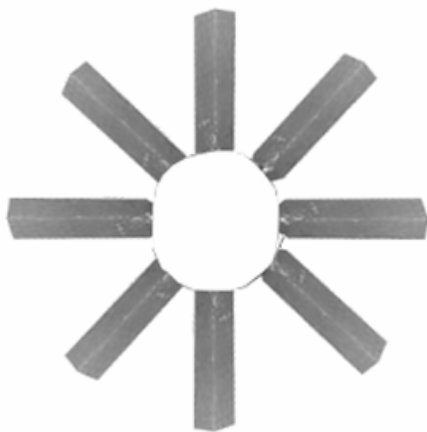


Рис. 1. Слева: объект интереса; справа: пример обнаружения объекта предложенным алгоритмом (белая окружность обозначает найденную локализацию объекта)

Тестирование показало следующие результаты: для нового набора признаков частота правильного обнаружения 85.7%, частота ложной тревоги 7.3%. Для классического набора признаков типа Хаара – результаты были соответственно 84.2% и 4.9%.

Полученные результаты показывают, что новый набор признаков в данной задаче дает качество результата, сопоставимое с признаками типа Хаара. В то же время, предложенный набор является значительно более простым и быстро вычислимым.

Работа выполнена при финансовой поддержке программ фундаментальных исследований Президиума РАН №09-П-1-1003, №09-П-1-1013 и гранта РФФИ №09-01-00523.

Литература

- 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.
- Viola P., Jones M.* (2002) Robust Real-time Object Detection. Int. J. of Computer Vision, N.2, Vol. 57, 2002, pp. 137-154.
- Ahonen T., Hadid A., Pietikäinen M.* (2004) Face Recognition with Local Binary Patterns // Computer Vision - ECCV 2004, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3021, Springer Berlin / Heidelberg, P. 469-481.

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЗАДАННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПРОИЗВОЛЬНОМ ФОНЕ

С.В. Мальцев, Г.Б. Южаков

ФГУП ЦНИИХМ

В работе приведен анализ работы алгоритма детектирования и предложены методы по улучшению качества его работы. В качестве основы рассматривается алгоритм, построенный на применении PHOG дескриптора (разновидности HOG дескриптора) [1, 2] и SVM классификатора [3].

Для поиска заданного объекта на изображении используется скользящее окно переменного размера, которое локализует область изображения. Для нее вычисляется дескриптор, характеризующий наличие искомого объекта внутри нее.

PHOG – дескриптор является нормализованной гистограммой, каждая ячейка которой равна сумме модулей градиентов, направленных в определенном диапазоне, посчитанная по заданному участку изображения. Участки выбираются согласно пирамидальному разбиению.

Алгоритм обучается на выборке, которая состоит из положительных и отрицательных гипотез, характеризующихся PHOG – дескрипторами. На основании их взаимного положения строится SVM классификатор.

В оригинальном алгоритме [2] величина элемента вектора дескриптора уменьшается с увеличением его номера, так как уменьшается площадь сопоставленного с ним фрагмента. В среднем для каждого уровня разбиения исследуемой области значение элементов вектора дескриптора становится меньше в 4 раза. Таким образом, роль более мелких деталей искомого объекта занижается, поэтому в работе произведена перенормировка вектора, которая увеличивает их роль.

Расстояния между дескрипторами гипотез и разделяющей гиперплоскостью имеют некоторое распределение. Предлагается совершить вероятностную калибровку, которая даст возможность более надежно судить о наличии искомого объекта на исследуемом участке изображения. В работе было выявлено, что распределение расстояний между гиперплоскостью и дескрипторами положительных гипотез близко к нормальному распределению.

Обучающая выборка положительных и отрицательных примеров составляется вручную и поэтому не достаточно полна. В работе произведено дополнение исходной выборки, автоматически найденными новыми отрицательными примерами, которые дают ложные срабатывания при первом обучении, что существенно повышает точность последующего обучения.

Как видно из графиков анализа качества работы алгоритма (рис. 1), описанные выше модификации существенно улучшают его работу, о чем свидетельствует растущая площадь под ними.

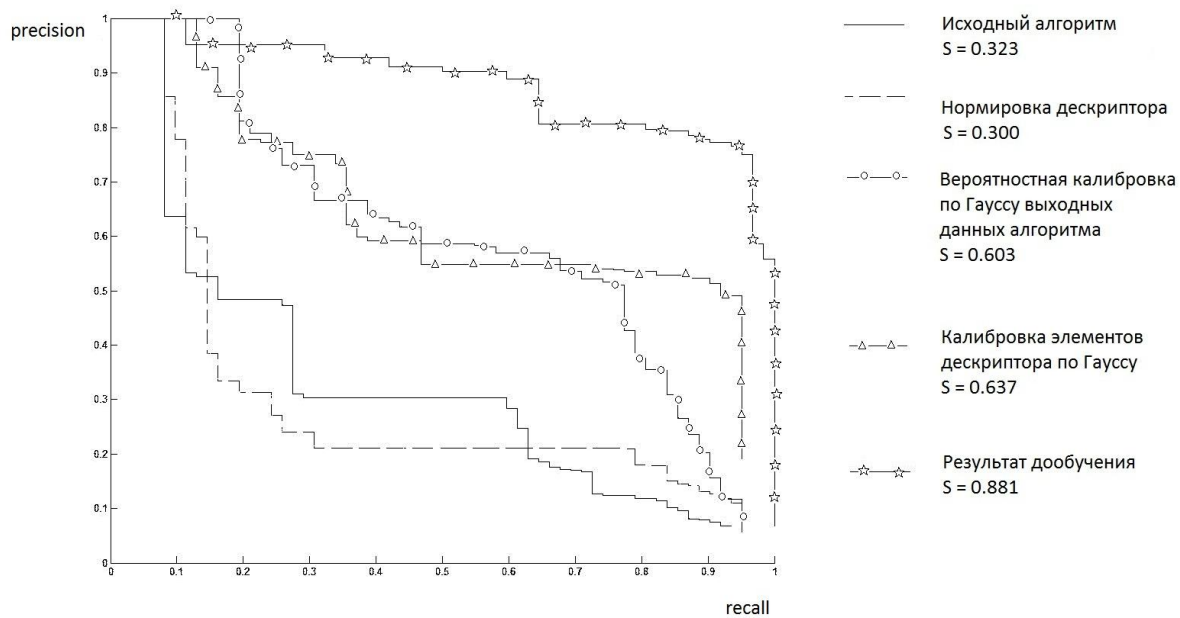


Рис. 1 Графики Precision-Recall характеризующие качество работы исследуемого алгоритма

Литература

1. Dalal N., Triggs B. (2005) Histograms of Oriented Gradients for Human Detection // Proceedings of CVPR'2005 P.886-893.
2. Bosch A., Zisserman A., Munoz X. (2007) Representing shape with a spatial pyramid kernel // Proceedings of CIVR'2007 P.401-408.
3. Burges J. (1998) A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition // Data Mining and Knowledge Discovery journal. 1998. V.2. P.121-167.

Секция № 6

АНАЛИЗ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ И ДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

ПОДСЕКЦИЯ: ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ

Ведущий – А.Н. Кропотов

АЛГОРИТМ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПО ДАННЫМ ВИДЕОКАМЕРЫ

П.А. Комаров

НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова

Рассматривается проблема определения положения мобильного робота при его передвижении по неизвестной местности, именуемая в зарубежной литературе как SLAM (Simultaneous Localization and Mapping).

В приложении к разработке мобильного робота задача SLAM формулируется в следующем виде. Имеется подвижная платформа с известной кинематической схемой и программно задаваемой динамикой движения. На платформе установлена видеокамера с известной матрицей внутренних параметров. Робот начинает движение из точки с известными координатами и движется среди объектов, имеющих размеры и текстуру, позволяющие обнаруживать на видеокдрах локальные особенности, пригодные для слежения. При этом элементы окружающей среды считаются неподвижными.

Алгоритм решения задачи можно разбить на несколько основных блоков:

1) Блок анализа изображения, поступающего с видеокамеры - выделяет особые точки (реперы).

В качестве реперов могут использоваться углы окружающих объектов, контрастные переходы или другие хорошо идентифицируемые элементы изображения. Для каждого выделенного репера рассчитывается уникальный дескриптор обеспечивающий возможность непрерывного слежения за его перемещением по полю зрения камеры.

Выходом этого блока являются углы, определяющие направление на репер, в системе координат связанной с видеокамерой.

2) В блоке построения модели, производится определение взаимного расположения реперов и мобильной платформы.

Изменения координат мобильной платформы описываются стохастическими уравнениями движения робота под воздействием управления и случайных внешних факторов.

Координаты реперов моделируются случайными величинами, имеющими неизвестные математическое ожидание и матрицу ковариации. Каждое

новое наблюдение репера несет дополнительную информацию о расположении его на карте и учитывается при пересчете вероятностные характеристики координат реперов.

Алгоритм построения модели окружающей обстановки реализуется в форме фильтра Калмана. В качестве входных данных используется выход блока анализа изображения, а результатом является стохастическая оценка координат мобильной платформы и наблюдаемых реперов.

3) Блок планирования движения и управления осуществляет расчет направления и скорости движения в соответствии с маршрутным заданием. Параметры управления также используются при предсказании положения робота.

Описанный алгоритм был реализован с использованием открытой библиотеки компьютерного зрения OpenCV и испытан на данных виртуального моделирования и на реальных данных, полученных при движении внутри здания. Испытания показали работоспособность алгоритма.

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПУТИ 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.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ПРОЕКТА “ФОБОС-ГРУНТ”

В.А. Гришин

Учреждение российской академии наук Институт космических исследований РАН

В настоящее время системы технического зрения все более активно применяются в задачах управления процессом посадки (Cheng et al., 2005; Montgomery et al., 2006; Trawny et al. 2007). На борту космического аппарата (КА) “Фобос-Грунт” установлена телевизионная система навигации и наблюдения (ТСНН). ТСНН решает целый комплекс задач, в число которых входит измерение дальности (высоты) до визируемой поверхности. Измерение высоты осуществляется стереоскопическим методом.

В состав ТСНН входят две пары телевизионных камер: широкоугольные (ШТК) и узкоугольные (УТК). Для работы в стереорежиме используются ШТК. Калибровка камер осуществляется на Земле. Однако вследствие длительного перелета в космосе (перегрузки на этапе выведения, температурные деформации и т.п.) точность калибровки может быть нарушена, что чревато появлением заметных ошибок измерения высоты (дальности). Кроме того, при этом могут иметь место ошибки установления соответствия, что приводит к грубым ошибкам измерения высоты.

В данной работе ставилась задача оценить влияние разброса конструктивных параметров ориентации и положения камер ТСНН на точностные характеристики и параметры алгоритмов обработки изображения в стереорежиме. Анализировалось влияние разброса следующих параметров: трех углов относительного поворота между камерами, величины стерео базы и двух углов, характеризующих поворот стерео базы относительно заданного положения.

Помимо определения ошибок измерения дальности (высоты) в зависимости от величины и наличия разбросов различных конструктивных параметров, определялось их влияние на положение и конфигурацию областей поиска соответствия. Конфигурация и размер областей поиска соответствия, которые задаются в алгоритмах установления соответствия, должна максимально точно соответствовать областям, в которых могут находиться искомые точки. При этом, если область поиска не покрывает всех точек изображения, где могут находиться искомые точки, то это может приводить к грубым ошибкам установления соответствия и, соответственно, грубым ошибкам измерения высоты. Если же область поиска покрывает все точки изображения, где могут находиться искомые точки, с большим запасом, то это приводит к необоснованному росту вычислительных затрат и также увеличивает вероятность возникновения грубых ошибок установления соответствия.

Вследствие особенностей системной архитектуры КА, съемка камерами стереопар происходит асинхронно с интервалом времени 5 мс. Поскольку

в процессе съемки КА совершает линейные и угловые перемещения, то были сделаны оценки ошибок измерения дальности, обусловленных угловым перемещением аппарата, его линейным перемещением, а также суммарные ошибки измерения дальности, обусловленные асинхронностью съемки. Оценки сделаны для разных сценариев посадки, разработанных в НПО им. С. А. Лавочкина и в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша.

В результате анализа полученных результатов был оптимизирован ряд параметров алгоритмов обработки информации в стереорежиме. Получены оценки максимальных ошибок измерений, порожденных конструктивно-технологическим разбросом углового и линейного положения камер. Показано, что ошибки, обусловленные асинхронностью моментов съемки, невелики, и ими можно пренебречь.

Литература

- Cheng Y., Johnson A., Matthies L.* (2005) MER-DIMES: A Planetary Landing Application of Computer Vision // IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2005). 2005. V. 1. P. 806-813.
- Montgomery J., Johnson A., Roumeliotis S., Matthies L.* (2006) The Jet Propulsion Laboratory Autonomous Helicopter Testbed: A Platform for Planetary Exploration Technology Research and Development // Journal of Field Robotics, 2006. V. 23. Issue 3-4. P. 245-267.
- Trawny N., Mourikis A., Roumeliotis S., Johnson A., Montgomery J., Ansar A., Matthies L.* (2007) Coupled Vision and Inertial Navigation for Pin-Point Landing // Proc. of the NASA Science and Technology Conference (NSTC'07). 2007. Paper B2P2.

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОРТОКОРРЕЛЯЦИОННОГО АСТРООРИЕНТИРОВАНИЯ ПРИМЕНительно К МЕЖСПУТНИКОВОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Ю.М.Афанасенков, Д.В.Васильев, А.В.Гапон, В.Н.Григорьев, В.В.Сумерин, Е.А.Фирсов

Научно-производственная корпорация «Системы Прецизионного Приборостроения»

В разрабатываемых системах космической межспутниковой связи используется лазерный луч с шириной порядка угловых секунд. Помимо очевидных преимуществ (малые затраты энергии при данной скорости передачи данных, высокая помехозащищенность и затруднительность перехвата), применение столь узкого луча сопряжено и с определенными трудностями. Прежде чем начнется обмен данными, спутники должны навестись друг на друга с точностью лучше угловой секунды. Для этого требуется знание простран-

ственной ориентации спутников, что достигается с помощью звездного датчика (астроориентатора).

В отличие от традиционно используемых астроориентаторов, в которых сначала происходит обнаружение ярких звезд по превышению некоторого порога, в данной работе предлагается работать непосредственно со звездным полем, во многом подобно тому, как ориентируется человек.

Структурная схема астроориентатора представляет многомерную следящую систему [1,4]. Она содержит ТВ-фотоприемник для регистрации текущих изображений (ТИ), запоминающее устройство для эталонных сигналов (ЭТ), дискриминатор ошибок слежения (ДС) за вектором сдвигов, который сравнивает ТИ и ЭТ. Он включен в контур обратной связи, компенсирующей ошибки механическим и электронным способом.

Совместная обработка поля ориентиров позволяет направлять ось фотоприемника сразу туда, где согласно расчетному целеуказанию ожидается наличие спутника-партнера, невидимого в начале сеанса связи [2,3,5,6]. Для этого назначают координаты нужной точки на эталонной картине звездного поля, которую формируют, используя каталоги с фотометрическими параметрами. Субпиксельная точность ориентирования, слабо зависящая от разрешающей способности приемной фотоматрицы, достигается применением беспойсковых ортокорреляционных дискриминаторов сдвига сигналов и выбором алгоритмов обработки, которые обеспечивают возможность бесступенчатых измерений сдвигов изображения на непрерывной шкале значений независимо от шага его пространственной дискретизации [1,3,4]. Используя фильтрацию сигналов и приспособленные базисы разложения для сжатия текущего и эталонного изображений удастся реализовать широкую область захвата для автоматического входа ориентатора в режим слежения за направлением, которое служит центром эталонного поля. Используя обработку ряда кадров и зная закон движения спутника, можно снижать влияние шумов и повышать точность ориентирования, достигаемую системой уже на стадии «автозахвата» за время регистрации 2-3-х ТВ-кадров.

Представленная совокупность методов позволяет достичь необходимой точности наведения при малых аппаратно-вычислительных затратах и занимаемой памяти.

Литература

1. Васильев Д.В. Фрагменты корреляционной теории в разработках прецизионных быстродействующих систем технического зрения. Конференция ИКИ РАН «Техническое зрение в системах управления мобильными объектами — 2010», 16-18 марта.
2. Фирсов Е.А. Развитие и применение корреляционных методов обработки изображений в быстродействующих оптико-электронных следящих системах. (Диссертация канд. техн. наук). - М.: МФТИ (ГУ), 2007
3. Гапон А.В. Теория и применение инвариантных ортокорреляционных алгоритмов автозахвата направления по изображению в оптико-электронных следящих системах (Диссертация канд. техн. наук). - М.: МФТИ (ГУ), 2009

4. Васильев Д.В., Мишин В.В. Инвариантные дискриминаторы сдвига изображений. //Электромагнитные волны и электронные системы, Т. 12, №7, 2007, С. 35–43. – М.: Радиотехника.

5. Фирсов Е.А. Корреляционный астроориентатор для космических аппаратов. //Электромагнитные волны и электронные системы, Т. 12, №7, 2007, С. 44–48.

6. Васильев Д.В., Сумерин В.В., Фирсов Е.А., Гапон А.В. Автозахват направления по изображению с использованием метода скользящей фильтрации. //Электромагнитные волны и электронные системы. Вып. 07'2007. С. 49–52.

СЛЕЖЕНИЕ ЗА ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ РАЗДЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ДВУХ СПЕКТРАЛЬНЫХ КАНАЛАХ

П.В. Бабаян, С.А. Смирнов

Рязанский государственный радиотехнический университет

Системы технического зрения, предназначенные для слежения за объектами по данным видеонаблюдения, получили широкое применение как в военных, так и в гражданских областях. В последнее время в таких системах всё чаще используются мультиспектральные датчики, фиксирующие изображения наблюдаемой сцены в нескольких спектральных диапазонах.

Эффективность использования мультиспектральных датчиков связана с тем, что неблагоприятные условия наблюдения редко проявляются сразу во всех спектральных диапазонах. Очевидно, что в таких условиях появляется возможность повысить надежность слежения за объектами.

В данной работе для слежения за объектами используется концепция на основе раздельной обработки изображений в двух спектральных каналах: инфракрасном и телевизионном. При этом в каждом канале используется корреляционный алгоритм слежения со сглаживанием эталона (*Алпатов Б. А., Селяев А. А., Степашкин А.И., 1985*). По окончании обработки очередной пары изображений выполняется оценка работоспособности алгоритма слежения для каждого канала (*Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Смирнов С.А., 2009*). В качестве текущего измерения координат объекта берется измерение, полученное из канала, обладающего лучшим показателем работоспособности. Это измерение используется также для коррекции процесса слежения в канале, имеющем худший показатель работоспособности.

В канале, имеющем худший показатель работоспособности, возможны два варианта коррекции:

– перезапуск алгоритма слежения, при котором для целеуказания используются координаты, полученные в наиболее работоспособном канале;

– замена текущих координат объекта на координаты, полученные в наиболее работоспособном канале.

При первом варианте коррекции в канале, имеющем худший показатель работоспособности, происходит полная смена эталона, что может приводить к потерям объекта при кратковременном заслонении, а также из-за быстрого накопления ошибки оценивания координат. При втором варианте в канале с худшим показателем работоспособности осуществляется сглаживание эталона. Недостаток этого варианта проявляется в условиях длительного пропадания или заслонения объекта.

Результаты экспериментальных исследований позволяют сделать выводы об эффективности предложенного подхода. Его существенным преимуществом также является возможность построения двухспектральной системы слежения за объектами без существенной переработки созданного ранее программного и аппаратного обеспечения. Отметим, что подход может быть распространен на случай большего числа спектральных диапазонов и большего числа базовых алгоритмов слежения.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (госконтракт № 14.740.11.0284).

Литература

Алпатов Б. А., Селяев А. А., Степашкин А.И. (1985) Цифровая обработка изображений в задаче отслеживания движущегося объекта // Изв. вузов. Сер. Приборостроение. 1985. №2. С. 39-43.

Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Смирнов С.А. (2009) Автоматическое слежение за объектами при отсутствии априорных сведений о фоноцелевой обстановке // Цифровая обработка сигналов. 2009. №3. С. 52 -56.

Секция № 6

ПОДСЕКЦИЯ: ОБЩИЕ МЕТОДЫ

Ведущий - А.Ю. Мещеряков

АЛГОРИТМ МНОГОКАМЕРНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ

Н.В. Птицын, И.Е. Ермолаев

ООО «Синезис»

Разработан алгоритм многокамерного сопровождения целей для мониторинга протяженных объектов. На вход алгоритма поступает поток мета-

данных от видеоаналитики, встроенной в телевизионную или тепловизионную камеру, содержащий признаки целей в поле зрения данной камеры. Признаки целей включают пространственные и временные координаты цели, а так же характеристики ее формы. Результатом работы алгоритма являются обобщение координаты цели в глобальной системе координат на карте (рис. 1).

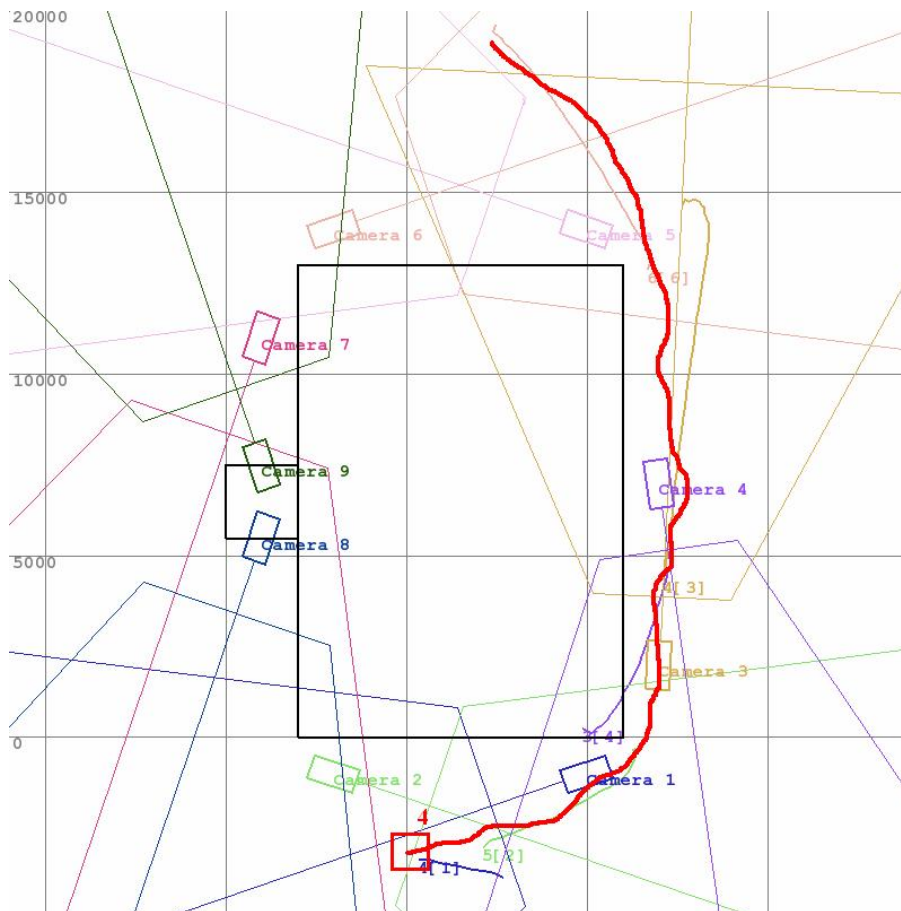


Рис. 1 Построение цельной траектории движения человека на карте с использованием многокамерной видеоаналитики

- С практической точки зрения, разработанный алгоритм позволяет:
- 1) повысить точность детектирования целей и уменьшить число ложных срабатываний за счет корреляции метаданных видеоаналитики смежных телевизионных и тепловизионных камер;
 - 2) сопоставить образ сопровождаемой цели, наблюдаемый одновременно на телевизионной и тепловизионных камерах;
 - 3) исключить повторные срабатывания видеоаналитики при переходе цели из зоны наблюдения одной камеры в зону наблюдения другой камеры;
 - 4) отобразить цельную траекторию движения человека на карте охраняемого объекта по результатам видеоанализа сразу по всем камерам;
 - 5) применять правила к многокамерной траектории на карте для более точного распознавания поведения человека и поиска событий в архиве;

б) автоматически выбирать оптимальный ракурс наблюдения за человека по мере его перемещения от камеры к камере.

В процессе первоначальной калибровки системы многокамерного сопровождения производится привязка расположения камеры к карте. Наиболее оптимально это осуществлять при помощи точечной калибровки (на сцене, отображаемой камерой, выбирается набор точек с известными глобальными координатами). В процессе этой калибровки для каждой камеры определяется матрицей преобразования, которая позволяет однозначно осуществлять преобразование экранных координат объекта в глобальные.

Алгоритм многокамерного сопровождения включает шаги:

1. Рассчитываются параметры выборочной функции распределения пространственной и временной координаты цели отдельно для каждой камеры. Предполагается, что функция имеет нормальный закон распределения. Причем дисперсия координаты цели вдоль оптической оси камеры в глобальной системе координат обычно существенно больше дисперсии по перпендикулярному ей направлению. Дисперсия по времени определяется точностью синхронизации часов, встроенных в камеру.

2. Рассчитывается перекрытие выборочных функций распределения по всем камерам.

3. Производится поиск локального экстремума, полученной функции перекрытия, в окрестности сопровождаемой цели.

В ходе проведенных исследований создана опытная зона многокамерного сопровождения из 9 камер. Получена обобщенная траектория движения цели по данным нескольким камерам (рис. 1). Задачей будущих исследований является оценка эффективности и точности разработанного алгоритма.

ИЗМЕРЕНИЕ КООРДИНАТ ОБЪЕКТА В ВИДЕО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЦЕНКИ ФОНОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Б.А. Алпатов, А.Б. Фельдман

Рязанский государственный радиотехнический университет

Работа посвящена сравнению двух алгоритмов измерения координат объекта, наблюдаемого в последовательности изображений. Первый алгоритм основан на минимизации разностного критерия сходства

$$F_n(a, b) = \sum_{(i, j) \in H_n} |l(i + a, j + b, n) - \bar{h}(i, j, n)|, \quad (1)$$

в котором $l(i, j, n)$, $\bar{h}(i, j, n)$ соответственно наблюдаемое изображение и прогнозируемое изображение объекта в n -м кадре; H_n – конфигурационное множество объекта. Данный алгоритм хорошо зарекомендовал себя в прак-

тических приложениях, но в присутствии неоднородного по пространству фона может приводить к грубым ошибкам измерения координат.

Второй алгоритм синтезирован в рамках многоэтапного подхода к оцениванию параметров объекта при наличии неоднородного изменяющегося во времени фона (Алпатов, 1994). Показано, что измерение координат в текущем кадре сводится к минимизации критерия

$$F_n^*(a, b) = \sum_{(i,j) \in H_n} (l(i+a, j+b, n) - \bar{h}(i, j, n))^2 - \sum_{(i,j) \in H_n} (l(i+a, j+b, n) - \bar{g}(i+a, j+b, n))^2 \quad (2)$$

где $\bar{g}(i, j, n)$ – прогнозируемое изображение фона. Нетрудно заметить, что критерий (2) учитывает как сходство участка наблюдаемого изображения с эталонным изображением объекта, так и отличие наблюдаемого изображения от соответствующего участка фона. Использование критерия (2) связано с увеличением вычислительных затрат по сравнению с (1), что помимо прочего обусловлено необходимостью получать в реальном времени оценку фоновое изображение при наличии геометрических искажений. С применением известных алгоритмов оценивания параметров геометрических преобразований в видеопоследовательностях (Алпатов и др., 2007) последняя задача может быть эффективно решена на базе современных вычислительных средств. Для повышения надежности измерения координат объекта интереса в присутствии близкорасположенных похожих объектов предлагается модифицировать (2) следующим образом:

$$F_n^{**}(a, b) = \sum_{(i,j) \in H_n} (l(i+a, j+b, n) - \bar{h}(i, j, n))^2 - \sum_{(i,j) \in H_n} (l(i+a, j+b, n) - \bar{s}(i+a, j+b, n))^2 \quad (3)$$

где $\bar{s}(i, j, n) = \hat{r}(i, j, n) \cdot l(i, j, n) + (1 - \hat{r}(i, j, n)) \bar{g}(i, j, n)$ и $\hat{r}(i, j, n) \in \{0, 1\}$ – результат выделения движения в текущем кадре, из которого исключены точки, принадлежащие объекту интереса.

Для проведения экспериментальных исследований использовался тестовый набор, состоящий из 58 видеосюжетов, полученных в видимом и ближнем ИК диапазонах. Фон представлял собой пересеченный городской ландшафт. Размер объектов интереса на разных сюжетах варьировался от 5x10 до 20x40 элементов разложения. На ряде сюжетов вблизи объекта интереса наблюдались похожие на него посторонние движущиеся объекты. В ходе исследований анализировалось число кадров до срыва слежения N_i , где $i=1$ для критерия (1) и $i=2$ для критерия (3). Для непосредственного сравнения алгоритмов использовалась величина $\Delta N = N_2 - N_1$. Экспериментальные исследования, результаты которых представлены в таблице 1, подтверждают высокую эффективность подхода к измерению координат объекта, основанного на использовании оценки фона и выделении посторонних движущихся объектов.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований

	$\Delta N < -25$	$-25 \leq \Delta N < -5$	$-5 \leq \Delta N \leq 5$	$5 < \Delta N \leq 25$	$\Delta N > 25$
--	------------------	--------------------------	---------------------------	------------------------	-----------------

Число сюжетов	2	4	15	1	36
---------------	---	---	----	---	----

Исследования проводились при финансовой поддержке Министерства образования и науки (госконтракт № 02.740.11.0002).

Литература

Алпатов Б.А. (1994) Оптимальное оценивание параметров движущегося объекта в последовательности изображений // Автометрия, 1994. №2. С. 32–37.
Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Стротов В.В. (2007) Анализ точностных характеристик методов слежения за фоновым изображением для бортовой видеоинформационной системы // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. Рязань, 2007. №. 20. С. 3–10.

ИНДЕКСНЫЙ ПОДХОД И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ К ПРОБЛЕМЕ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ДВИЖУЩИМИСЯ ОБЪЕКТАМИ

М.Н. Сергейчук, А.А. Домунян

ИПУ имени Трапезникова РАН

Задача нахождения соответствующего эталона является актуальной проблемой, находящей практическое применение во многих задачах компьютерного зрения и, в частности, в видеонаблюдении.

Целью данной работы является исследование возможности практического применения представления информации в индексной форме [2] для решения задачи слежения за целями [1].

Используемый алгоритм решения задачи нахождения соответствующего эталона построен исходя из концепции индексной памяти, предложенной А.М.Михайловым в статьях [1-3].

Решение задачи нахождения соответствующего эталона другими методами

Существует немало алгоритмов решения задачи нахождения соответствующего эталона. Например, в [6] предложена модификация Full Search подхода связанная с использованием результатов рассмотрения предыдущих шаблонов.

Традиционно производительность алгоритмов решения задачи нахождения соответствующего эталона сравнивается с Full Search подходом. В [4] получено ускорение до 200 раз в зависимости от исходных данных. Соответствующая функция из Open Computer Vision Library дает ускорение до 80 раз.

Таким образом, можно считать успехом, если удастся получить ускорение порядка сотни раз.

Также существующие методы снижения размерности данных, такие как хэширование или кодирование, среди которых можно выделить метод вэйвлетов, можно рассматривать как способы решения задачи нахождения признаков, и, признавая их эффективность, можно рассматривать их не как конкурентов а как партнеров в том смысле что можно выделять признаки цели, например, с помощью вэйвлетов, а распознавать полученный вектор признаков с помощью индексной памяти.

Решение задачи нахождения соответствующего эталона индексным методом.

Формальное определение индекса приведено в [1].

Вкратце: пусть мы запомнили X шаблонов, при чем каждый шаблон характеризуется вектором из Y свойств. Тогда для заданного свойства у $\{x_y\}_z$ означает множество всех запомненных шаблонов у которых значение свойства у равно z .

Пусть у нас есть рассматриваемый объект z (z - это вектор свойств). Тогда задача нахождения соответствующего эталона решается следующим образом:

$$\{x\} = \bigcap_Z \{x_y\}_z$$

В случае если распределение запомненных шаблонов по значениям признаков равномерно с шириной Z , то экономия вычислений по сравнению с Full Search подходом составляет в Z раз.

Полученные результаты.

При используемом динамическом диапазоне 1 байт (256). Удалось получить ускорение по сравнению с Full Search подходом в 3 раза. Показано что в реальных изображениях распределение шаблонов по значениям признаков отличается от равномерного (например, рис. 2).



Рис. 1 Обработываемое изображение

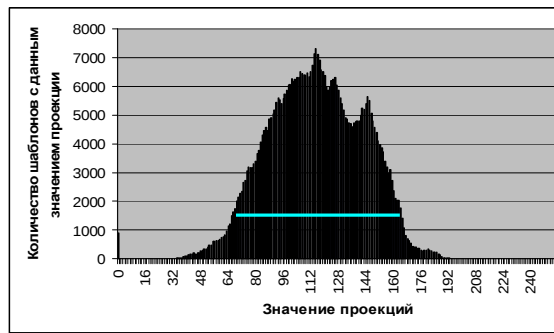


Рис. 2 Гистограмма совокупного распределения признаков запомненных шаблонов

Заключение.

В докладе представлена практическая реализация алгоритма индексной памяти в применении к задаче видеонаблюдения, которая работает в реальном времени.

Показано что реальная экономия машинного времени (всего в 3 раза) ниже теоретической [3] и объясняется невыполнением некоторых введенных предпосылок, а именно: время обработки единицы памяти индексным методом больше чем время обработки единицы памяти Full Search методом, а также тем, что концепция динамического диапазона как меры экономии используемой информации не соответствует действительности.

Показано что индексный подход эффективно решает задачу нахождения соответствующего эталона в случае больших размерностей признаков (например, 3 признака с динамическим диапазоном 1 байт каждый), с помощью которых описываются запомненные шаблоны

Литература

1. MIKHAILOV A.M. *Real-time target tracking using neural cortex technology*. ANNIE 2001. Proceedings of the Artificial Neural Network in Engineering Conference. V.11.
2. MIKHAILOV A.M. and POK Y.M. *Artificial Neural Cortex*. 2001. Proceedings of the artificial Neural Network in Engineering Conference. V.11, pp.113-120.
3. MIKHAILOV A.M. *Biologically Inspired Digital Cortex Architecture and its Formalism* Singapore 2006
4. Tombari, F. Mattoccia, S. Di Stefano, L. *Template Matching Based on the L_p Norm Using Sufficient Conditions with Incremental Approximations*. 2006 Video and Signal Based Surveillance, 2006. AVSS '06. IEEE International Conference, p.20. ISBN: 0-7695-2688-8

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СЦЕН ПО ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

И.М. Волков, Г.А. Жигов, А.И. Чуличков

Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова

В докладе для исследования изменяющейся со временем сцены по последовательности ее изображений используются методы морфологического анализа, предложенные проф. Ю.П. Пытьевым и представленные в работах (Пытьев, 1984; Пытьев, Чуличков, 2010). Методы были разработаны для решения задач анализа сцен по их изображениям (таких, как поиск объектов известной формы, выделение отличий в сценах и т.п.), полученным при неизвестных и изменяющихся условиях наблюдения. Использование этих методов для анализа видеопоследовательностей предъявляет особые требования к их быстродействию.

В стандартных морфологических методах рассматривается множество V всех изображений, получаемых от данной сцены при всех возможных условиях наблюдения, и правило узнавания сцены (или объекта сцены) на предъявленном изображении f состоит в проверке его принадлежности этому множеству: $f \in V$ означает, что изображение f можно получить от заданной сцены при некоторых условиях регистрации. Если изображение рассматривается как элемент некоторого метрического пространства, то проверка условия $f \in V$ может быть решена в терминах проекции $P_V f$ изображения f на множество V . Проекция $P_V f$ определяется как изображение из множества V , наиболее близкое к f . Равенство $f = P_V f$ эквивалентно включению $f \in V$. Успешное применение морфологических методов обусловлено существованием конструктивного правила вычисления проекции $P_V f$ для ситуаций, когда сцена на разных изображениях из V представлена в одном и том же ракурсе. Множество V (или операция P_V проецирования на него) называется «формой изображения сцены».

В работе рассматриваются задачи анализа изменяющейся сцены по набору ее изображений, полученных в последовательные моменты времени. Построена математическая модель динамической формы изображения $V(t)$. Предложен быстрый алгоритм вычисления проекции $P_{V(t)} f(t)$.

При построении проектора $P_{V(t)}$ используется математическая модель видеопоследовательности, учитывающая, что условия изменения освещения не могут существенно измениться, а фрагменты поля зрения, изображающие движущиеся объекты сцены, не могут существенно смещаться за время между двумя кадрами.

На основе алгоритма вычисления проектора $P_{V(t)}$ разработаны методы анализа динамических сцен по видеопоследовательности, в частности – ме-

тоды слежения за движущимся и изменяющимся объектом на изменяющемся фоне.

Для слежения за таким объектом последовательно решаются следующие задачи:

1. Выделение новых объектов путем выделения отличий текущего полученного изображения от изображения фона.
2. Определение «области интереса», основанное на анализе размеров новых объектов и скорости их перемещения.
3. Поиск нового местоположения объекта.
4. Обновление модели формы объекта.
5. Обновление модели формы фона.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 11-07-00338-а).

Литература

Пытьев Ю.П. Задачи морфологического анализа изображений. // В сб. «Математические методы исследования природных ресурсов Земли из Космоса». М.: Наука. 1984. С.41-83.

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

Секция № 4

ПОДСЕКЦИЯ: РАЗЛИЧНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Ведущий – В.А. Гришин

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБУЧАЕМЫХ АЛГОРИТМОВ БЫСТРЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

А.Ю. Дорогов

ОАО «Информационные телекоммуникационные технологии» («Интелтех»),
Санкт-Петербург

Разработку алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ) безусловно, можно считать одним из выдающихся достижений второй половины 20 века. Появление алгоритма БПФ стимулировало интерес и к другим видам спектральных преобразований. В задачах фильтрации, сжатия и выделения информативных признаков широкое применение нашли такие преобразования как Адамара-Уолша, Хаара, Виленкина-Кристенсона, Хартли, Наклон-

ное, Вейвлет и другие, также обладающие быстрыми алгоритмами. Несмотря на отличия по видам функций оказалось, что большинство алгоритмов быстрых преобразований имеют подобную структуру и отличаются друг от друга не больше чем значениями коэффициентов базовых операций. Осознание этого факта привело к идее построения обобщенных спектральных преобразований наделенных быстрым алгоритмом.

Теоретическая основа быстрых алгоритмов долгое время базировалась на всевозможных теоремах факторизации, которые доказывали возможность разложения матрицы спектрального преобразования в произведение слабо заполненных матриц, где каждая матрица соответствует одному слою быстрого алгоритма. Это породило всплеск работ по теоремам факторизации. На этом пути исследователи столкнулись с тем обстоятельством, что существует множество различных разложений для одного и того же спектрального преобразования. Когда число теорем всевозможных теорем факторизации превысило десятки, стало понятным, что этот путь является тупиковым. Тем не менее, поток теорем не закончился и до сих пор. Проблема была чисто методическая и заключалась в смешивании понятий структуры и топологии быстрого преобразования. Структура является устойчивым системным инвариантом свойственным всему классу быстрых алгоритмов, а топология это не более чем допустимая реализация системного инварианта в связях между базовыми операциями.

Возможность перестройки значений весовых коэффициентов и многослойная структура алгоритма роднит быстрые перестраиваемые преобразования с многослойными нейронными сетями прямого распространения. Иногда используют термин – ортогональные нейронные сети. Условие ортогональности влечет за собой совпадение размерностей входного и выходного вектора для каждого слоя алгоритма. Если отказаться от этого условия, то снимается ограничение и на равенство размерностей, причем как оказалось структуру быстрого алгоритма при этом можно сохранить. Предложенная автором парадигма быстрых нейронных сетей (БНС) наследует структурную регулярность алгоритма БПФ, но расширяет ее возможности за счет отказа от ортогональности и жесткой схемы топологической реализации. В рамках данной парадигмы быстрые линейные перестраиваемые преобразования являются частным случаем БНС, и отличаются от последних линейными функциями активации и нулевыми смещениями в нейронах.

Типичной задачей для перестраиваемого преобразования является настройка на заданную систему базисных функций, например базис Фурье, Адамара-Уолша и др. Классические системы базисных функций, как правило, имеют аналитическую форму, поэтому настройка преобразования также выполняется в аналитическом виде.

Для построения оптимальных фильтров важной задачей является реализация базисов приспособленных к одной или нескольким функциям. Разработанные автором алгоритмы настройки имеют заведомо известное число шагов (определяемое количеством слоев нейронной сети) и принципиально не имеют проблем сходимости и устойчивости для процесса обучения. В основе

алгоритмов настройки лежит доказанное свойство структурной фрактальности БНС. Фрактальные свойства позволяют реализовать регулярные фрактальные последовательности как многослойные БНС. Фрактальность порождает и особые методы настройки БНС для реализации оптимальных фильтров. Идея метода настройки перестраиваемого преобразования к одной или нескольким функциям основана на представлении каждой функции заданного набора в виде фрактального произведения, отвечающего мультипликативной форме представления элементов матрицы быстрого преобразования.

Представленные в докладе теоретические основы построения алгоритмов быстрых перестраиваемых преобразований с возможностью обучения по априорной информации позволяют создать высокоэффективные технические средства для адаптивной обработки сигналов и изображений в реальном масштабе времени.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГИОН-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СХЕМЫ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ БЕЗ ПОТЕРЬ И С ОГРАНИЧЕННЫМИ ПОТЕРЯМИ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

И.М. Книжный

Учреждение Российской академии наук Институт космических исследований РАН

Актуальность использования сжатия изображений в системах технического зрения связана с необходимостью сохранения и передачи больших объёмов видеоданных, возникающей в процессе эксплуатации подобных систем.

Специфика систем технического зрения, в частности – необходимость дальнейшей математической обработки сжатых изображений и ограниченность вычислительных ресурсов кодера – предъявляют особые требования к используемым для сжатия алгоритмам.

Получившие широкое распространения методы сжимающего кодирования JPEG и JPEG2000, использующие схемы частотного преобразования (соответственно DCT и DWT), ориентированы, прежде всего, на визуальное восприятие изображений. Специфические артефакты сжатия и отсутствие ограничений на абсолютную величину ошибки (отличие в значениях пикселей оригинального и восстановленного изображений) ограничивают применение подобных методов сжатия в системах технического зрения. В стандартах сжатия JPEG и JPEG2000 предусмотрены также режимы сжатия без искажений (lossless mode), но по эффективности в этих режимах они значительно уступают схемам, использующим адаптивные предсказатели.

Построенные на основе адаптивных контекстных предсказателей схемы сжатия JPEG-LS (*Weinberger J. и др.*) и CALIC (*Wu X., Memon N.*) позволяют сжимать изображения без потерь или с ошибкой, гарантированно не превосходящей по абсолютной величине заданного уровня (near-lossless), отличаются сравнительно высокой производительностью и относительно низкой

ресурсоёмкостью, однако, для типичных чёрно-белых полутоновых изображений глубиной 8 bpp обеспечиваемый ими коэффициент сжатия в режиме lossless редко превосходит 2. Один из самых эффективных кодеров такого типа, BMF, построенный на основе метода PPM, выигрывает у JPEG-LS в среднем 5-10% по степени сжатия, проигрывая ему в производительности более чем в 20 раз. Использование режима near-lossless с равномерно распределённой ошибкой в диапазоне ± 2 позволяет увеличить коэффициент сжатия в среднем вдвое, однако, восстановленное с такой ошибкой изображение может оказаться непригодным для дальнейшей математической обработки в системах технического зрения.

Для повышения коэффициента сжатия без заметного увеличения ошибки восстановления был разработан метод сжатия изображений без искажений и с ограниченной ошибкой, обеспечивающий сжатие с заданным уровнем потерь в зависимости от степени значимости ROI (region of interest) от lossless для области ROI-0 до near-lossless с уровнем потерь N для области ROI- N . Предложенный метод сжатия построен на основе адаптивного предсказателя, использует простую и быструю схему контекстного моделирования и адаптивную однопроходную схему статистического сжатия на основе кода Голломба (Бабкин В.Ф., Книжный И.М.), обеспечивающую более высокую эффективность сжатия, чем использованная JPEG-LS схема кодирования Голломба-Райса, и вдвое превосходящую по производительности схему адаптивного арифметического кодирования, использованную CALIC. В случае, когда площади ROI-0, ROI-1 и ROI-2 составляли соответственно 25, 40 и 35% от общей площади изображения, полученный при сжатии серии тестовых изображений средний коэффициент сжатия составил 2.78^x против 1.92^x при использовании режима lossless.

Литература

- Бабкин В.Ф., Книжный И.М. Об адаптивном коде Голломба для длин серий //Тез. докл. 10-го симп. по проблеме избыточности в информац. системах, 25 июня – 1 июля 1989. ч. 2. Ленинград, 1989. С. 23-26.
- Weinberger J., Seroussi G., Sapiro G. LOCO-I: A low complexity lossless image compression algorithm //ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 document No 203, 1995.
- Wu X., Memon N. Context-Based, Adaptive, Lossless Image Coding //IEEE Trans. on Communications. 1997.V. 45. No 4. P. 437-444.

ТУННЕЛЬНЫЙ МИКРОСКОП КАК СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ НАНОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ

В.А. Карташев, В.В. Карташев

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

Получение изображений нанорельефа с высоким пространственным разрешением представляет собой важный современный метод исследования свойств поверхности. Широко распространенным способом измерения нанорельефа является сканирование туннельным микроскопом при постоянной величине туннельного тока. Система управления поддерживает такую высоту до поверхности, чтобы величина туннельного тока оставалась постоянной.

В этом режиме сканирования полученные измерения содержат информацию не о рельефе поверхности, а о траектории движения зонда. Необходимыми условиями того, чтобы она совпадала с рельефом, является пренебрежимо малый по сравнению с точностью позиционирования диаметр конца иглы. На практике острие иглы имеет конечные размеры, поэтому получить реальное изображение рельефа поверхности подложки можно, только если известна геометрия острия. Учет параметров формы и размеров острия иглы позволяет увеличить разрешающую способность зондового микроскопа и получить истинные соотношения между размерами наблюдаемых объектов в поле зрения.

В работе рассматривается проблема обработки изображения поверхности, полученного от сканирующего туннельного микроскопа с учетом конечного ненулевого радиуса закругления зонда. Цель работы – построить модель зонда СТМ и с ее помощью восстановить форму рельефа поверхности. Также рассматривается проблема представления результатов измерений в цветовой модели «высота–цвет из палитры». Показано, что она, вообще говоря, является некорректно поставленной, так как могут быть нарушены условия существования и однозначности ее решения. Предложены различные способы решения задачи, обеспечивающие лучшие условия визуализации нанообъектов по сравнению с условиями, имеющимися в настоящее время.

В работе описан разработанный программный комплекс, который реализует функции интерактивного подбора формы иглы и восстановления формы рельефа поверхности. Использование комплекса позволило улучшить точность измерения формы и размеров малых нанообразований в несколько раз (с 1-2 нм до 0,4-0,5 нм), а также уточнить геометрию нанообразований размером в несколько десятков нанометров.

Учет формы и размеров острия иглы при интерпретации измерений приводит к тому, что преобразованное изображение очищается от различных шумов и артефактов, которые визуально воспринимаются скорее как несуществующие объекты. Отсутствие таких объектов при учете геометрии острия иглы связано с тем, что их существование противоречит физическим принципам сканирования.

Литература

Карташев В.В., Карташев В.А. (2010) Определение формы и размера острия иглы туннельного микроскопа // Нано и микросистемная техника. М.: Новые технологии, 2010. №10. С. 7-10.

Миронов В.Л. (2004) Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: Техносфера, 2004. 114 с.

Bukharaev A., N. Berdunov, D. Ovchinnikov et al (1998) Three-dimensional probe and surface reconstruction for AFM using a deconvolution algorithm (1998) / Anastas Bukharaev, Nikolai Berdunov, Denis Ovchinnikov, Kev Salikhov // Scanning Microscopy. 1998. V. 12, No 1. P. 225-234.