

Таким образом, для повышения уровня интеллектуализации Web-систем предлагается три модели пользователей, учитывающих различные отношения пользователей к услугам. Каждая из этих моделей обладает своими достоинствами и недостатками, но в то же время выбор моделей должен производиться исходя из задач, решаемых информационной системой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Хоанг Суан Батъ*. Концепция научно-образовательного портала // Труды VII Всероссийской научной конференции с международным участием "Новые информационные технологии. Разработка и аспекты применения". Таганрог, ТРТУ, 25-26 ноября 2004г. – Таганрог: Изд-во ПБОЮЛ В.А. Кравцов, 2004. – С. 362-363.
2. *Zadeh L.A.* From Computing with Numbers to Computing with Words From Manipulation of Measurements to Manipulation of Perceptions // IEEE Transactions on circuits and systems, January, 1999.
3. *Leszek Rutkowski*. FLEXIBLE NEURO-FUZZY SYSTEMS: Structures, Learning and Performance Evaluation. KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 2004.
4. *Fang Yuan, Huanrui Wu, Ge Yu*. Web Users' Classification Using Fuzzy Neural Network // KES 2004: 1030-1036. – <http://www.paper.edu.cn>.

**П.П. Кравченко, В.В. Щербинин, Н.Ш. Хусанов,
Р.В. Троценко, А.Н. Шкурко**

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ СЪЕМКИ В МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

С совершенствованием технических средств спектрофотометрической съемки расширяется область использования мультиспектральных изображений для решения задач автоматической и автоматизированной обработки данных с целью классификации или распознавания объектов. Выигрыш подобных систем по сравнению с системами, основанными на использовании трехцветных изображений, достигается за счет использования информации из спектральных плоскостей (спектральная плоскость – прямоугольная матрица, содержащая сведения об интенсивности светового излучения в каждом пикселе изображения в определенном узком диапазоне длин волн), находящихся, в том числе, за границами видимого диапазона длин световых волн. Более детальная информация, содержащаяся в мультиспектральных изображениях, может существенно повысить качество работы автоматических и автоматизированных алгоритмов классификации и распознавания объектов.

В настоящее время существует большое количество систем технического зрения (СТЗ), использующие информацию различных диапазонов длин волн: монохромный видимый + инфракрасный (ИК), трехцветный видимый + ИК, монохромный видимый + ближний/средний/дальний ИК и т.п. Они позволяют существенно повысить надежность и достоверность распознавания объектов по сравнению с использованием одного единственного видимого диапазона. Однако широкие (200 нм и более) спектральные интервалы приводят к усреднению некоторых информационных характеристик и снижают потенциальные возможности распознавания объекта. Рассматриваемые в данной работе мультиспектральные изображения характеризуются более мелким (возможно неравномерным) разбиением спектральных диапазонов на спектральные зоны (шириной 20-50 нм в видимой

области спектра и 100-300 нм в ИК-диапазоне), что позволяет выявить детали, неразличимые на указанных выше СТЗ.

Системы анализа мультиспектральных снимков находят свое применение в системах экологического, геоинформационного мониторинга, технического зрения и т.п. Следует также отметить перспективность применения мультиспектральной съемки для задач обнаружения объектов.

Источником мультиспектральных изображений при решении задач мониторинга поверхности Земли могут являться спутниковые кадровые спектрофотометры. Их основным достоинством является большая область охвата и возможность съемки в любой точке земного шара. Однако можно выделить и ряд существенных недостатков спутниковых систем как, например, низкая оперативность (в основном, за счет ожидания прохождения спутника над необходимым районом), низкое разрешение снимков, а также искажения, вносимые атмосферой. Эти недостатки ограничивают применение подобных систем в сферах, где, в первую очередь, необходима оперативность. Также данные системы зачастую неприменимы в задачах классификации объектов, где требуется высокое разрешение снимков.

Для мультиспектральной съемки подходят бортовые кадровые спектрофотометры, устанавливаемые на авиационную технику. Подобные приборы позволяют производить оперативную съемку заданных районов и получать снимки с достаточным для проведения классификации изображенных объектов разрешением.

Несмотря на все большее распространение аппаратуры мультиспектральной съемки, наблюдается существенная нехватка алгоритмов и программных средств обработки мультиспектральных изображений. Таким образом, исследования в области алгоритмов, основанных на использовании мультиспектральной съемки, являются на сегодняшний день актуальной задачей.

Следует отметить, что перед разработчиками систем, использующих мультиспектральную съемку, возникает ряд существенных проблем, ограничивающих исследователей в применении технологии мультиспектральной съемки. При этом основной проблемой получения исходных данных (мультиспектральных снимков) для проведения предварительных исследований является необходимость использования дорогостоящего оборудования. Следующая, не менее важная проблема, с которой сталкиваются исследователи данных мультиспектральной съемки – это ограниченный набор программных средств для обработки мультиспектральных изображений. Связано это, в первую очередь, с тем, что в вычислительных системах наиболее часто используются RGB-изображения и большинство существующих программных средств направленно преимущественно на их обработку.

В настоящее время существует ряд программных средств, предназначенных для обработки данных мультиспектральной съемки:

- 1) HyperCube (разработчик – US Army Topographic Engineering Center, USATEC) – предоставляет широкий набор средств по анализу и коррекции изображения (цветовые преобразования, анализ и коррекция гистограмм, геометрическое "склеивание"/комбинирование изображений). Поддерживает формат мультиспектральных данных. К специфическим операциям, которые можно выполнять над такими данными, можно отнести: анализ по методу главных компонент; просмотр псевдо-цветного изображения; просмотр в режиме "слайд-шоу"; кластеризацию выбранных участков изображения в соответствии с задаваемыми параметрами по одному из алгоритмов сопоставления спектральных характеристик пикселей изображения со спектральными эталонными кривыми из базы данных эталонных спектральных характеристик элементов ландшафта; соответствующую классификацию участков изображения. Особенностью программы является также возмож-

ность задания и выполнения операций над изображением и его отдельными плоскостями в виде формул.

2) MultiSpec (разработчик – Purdue Research Foundation) – обладает несколькими возможностями, по сравнению с HyperCube. Обработка мультиспектральных данных сконцентрирована, в основном, на их статистическом анализе и кластеризации. В то же время выводится детальная информация не только о результатах выполнения каждой процедуры, но и длительность ее выполнения, что позволяет оценивать трудоемкость выполнения тех или иных операций.

3) PimaView (разработчик – Integrated Spectronics Pty) – в значительной степени ориентирована на работу с библиотеками спектральных характеристик и анализ отдельных спектральных кривых, полученных со спектрофотометра, на предмет наличия тех или иных химических элементов.

4) ERDAS ViewFinder (разработчик – ERDAS) – программный продукт, ориентированный на выполнение стандартных для современных графических пакетов операций над изображениями (просмотр, контрастирование, фильтрация и т.п.), но поддерживающий при этом многоуровневые (мультиспектральные) форматы графических файлов, используемых в ГИС. Вообще, корпорация ERDAS Inc. является разработчиком широкого спектра приложений для ГИС.

Следует отметить, что существующие программы обработки мультиспектральных изображений используют в основном изображения спутниковой съемки, а, следовательно, ориентированы на попиксельную классификацию тестового изображения без учета геометрических связей между пикселями. Также отметим, что ни одна из представленных программ не поддерживает возможность синтеза мультиспектральных изображений.

При переходе от изображений, полученных при помощи спутниковых кадровых спектрофотометров, к изображениям, полученным с установленных на летательных аппаратах приборов, возникает еще одна серьезная проблема. На данных снимках объекты, которые необходимо распознать, представлены в большем масштабе и, соответственно, имеют большее количество различных деталей, которые могут изменяться при смене ракурса съемки. Так, например, одно и то же здание на снимках при пролете с севера на юг и с юга на север может выглядеть совершенно по-разному. В таких условиях задача распознавания объектов может показаться неразрешимой.

Основной информацией, на которую может опираться алгоритм распознавания в данных условиях, является информация о цвете объекта. Для трехцветных изображений в видимом диапазоне длин волн вероятность выделения объекта, слабо различимого на фоне, недостаточно высока для надежного распознавания. С другой стороны, при использовании мультиспектральной съемки, на снимках представлена более детальная информация, в том числе из невидимого диапазона световых волн (т.е. на снимках присутствует информация из области инфракрасного и ультрафиолетового спектров). На мультиспектральных снимках имеется возможность различения объекта и фона и, соответственно, осуществления распознавания объекта.

В рамках проведенных исследований разработан алгоритм распознавания объектов на мультиспектральных изображениях, частично решающий описанные выше проблемы.

Сущность разработанного подхода к решению проблемы распознавания объекта с учетом возможного изменения ракурса и действия помех заключается в использовании характерных для объекта и "нехарактерных" для фона признаков (шаблонов), построенных на основе статистических характеристик (гистограмм)

спектрального представления пикселей в пространстве признаков (квантованном яркостном пространстве).

Как уже было отмечено ранее, на снимках в некоторых спектральных диапазонах объект может не отличаться от фона. В этом случае подобное изображение в данном спектральном диапазоне не несет никакой полезной информации для алгоритма распознавания, а только увеличивает время его выполнения (за счет увеличения объема данных, которые необходимо обработать).

Для решения данной проблемы авторами были разработаны алгоритмы автоматического сокращения размерности мультиспектральных изображений (уменьшения числа значимых спектральных компонент). Алгоритмы основаны на 2-х основных подходах:

- ◆ первый подход позволяет выбрать заранее известное количество спектральных каналов, задаваемое конструктивными особенностями системы мультиспектральной съемки, основываясь на статистических характеристиках изображения;
- ◆ второй подход нацелен на выбор заранее неизвестного минимального числа спектральных каналов (по какому-либо критерию содержательности), комбинация которых позволит с наибольшей вероятностью решать задачу распознавания объекта при данных условиях съемки. В настоящее время реализован алгоритм, выбирающий спектральные компоненты по характеристике информационной избыточности (энтропии).

Для проведения экспериментальных исследований характеристик описанных алгоритмов обработки мультиспектральных изображений, а также для создания псевдо-мультиспектральных изображений на основе трехцветных RGB-изображений, был разработан специализированный программный комплекс, который состоит из трех программных модулей, разделенных по функциональному назначению:

- ◆ ImageConverter – программный модуль, предназначенный для синтеза мультиспектральных изображений и их предварительного анализа;
- ◆ ImageAnalyzer – программный модуль, предназначенный для анализа и обработки мультиспектральных изображений;
- ◆ ImageRecognizer – программный модуль, предназначенный для исследования алгоритмов распознавания и сокращения размерности.

Составляющие данного программного комплекса построены по технологии, основанной на использовании подключаемых модулей. Это означает, что основная функциональность программы вынесена в отдельные программные модули, которые могут подключаться и отключаться без перекомпиляции всей программы. Основным плюсом этого подхода является возможность практически неограниченного наращивания функциональности программ путем реализации специализированных подключаемых модулей в соответствии с документированным программным интерфейсом.

Программный модуль ImageConverter. Предназначен для преобразования трехцветных RGB-изображений в псевдомультиспектральные. Программа позволяет проводить преобразование в двух режимах – автоматическом и ручном. При использовании автоматического режима каждая точка RGB-изображения преобразуется в набор величин, соответствующих коэффициентам интенсивности светового излучения по различным цветовым плоскостям на основе аппроксимации кривой спектральных составляющих основных цветов. Основным недостатком этого способа является то, что полученное подобным образом псевдомультиспектральное изображение содержит то же количество информации, что и

исходное трехцветное изображение, а, следовательно, не позволяет судить о характеристиках мультиспектральных изображений. Тем не менее, подобные изображения могут быть использованы для тестирования алгоритмов распознавания и выделения наиболее информативных спектральных плоскостей.

При использовании ручного способа преобразования в псевдомультиспектральное изображение применяется метод, основанный на кластеризации изображения, т.е. выделения на изображении областей со схожими цветовыми характеристиками (кластеров), а затем присвоения каждому такому кластеру определенной спектральной характеристики из базы данных программы, которая содержит результаты спектрофотометрии различных материалов. Соответственно рассматриваемый подход позволяет получить мультиспектральное изображение, достаточно близкое к реальному. В данном режиме могут быть использованы различные алгоритмы кластеризации, которые реализуются в виде подключаемых модулей, а значит, могут быть легко изменены. В данной версии к программе прилагаются два алгоритма кластеризации: на основе гиперкубов и метода К-средних. База данных материалов программы основана на атласе Крино́ва и может быть легко дополнена новыми спектральными характеристиками.

Программный модуль ImageAnalyzer. Предназначен для обработки и анализа мультиспектральных изображений.

ImageAnalyzer обладает широкими возможностями просмотра мультиспектральных изображений по разным спектральным компонентам или в различном их сочетании и в различном масштабе в произвольном количестве окон просмотра. Также существует возможность просмотра псевдо-цветного RGB-изображения, построенного на основе коэффициентов восприятия цветовых компонент человеческого глазом.

Благодаря использованию подключаемых модулей данный программный модуль предоставляет большой набор функций по обработке мультиспектральных изображений. В качестве подключаемого модуля может быть оформлен любой алгоритм фильтрации, обработки или зашумления изображения. Причем подключаемый модуль может быть применен к выделенной части изображения, что также расширяет возможности программы.

Перечисленные выше особенности ImageAnalyzer позволяют использовать его в качестве тестового стенда для разработки и отладки алгоритмов автоматической и автоматизированной обработки мультиспектральных изображений.

Программный модуль ImageRecognizer. Основными задачами данного программного модуля является моделирование процесса распознавания объекта (возможно применение алгоритмов сокращения размерности), а также статистическая обработка результатов. В его состав входит подсистема проведения множественных экспериментов, которая позволяет проводить серии экспериментов по подготовленному заранее расписанию.

ImageRecognizer также основан на технологии подключаемых модулей, что позволяет использовать функции, задействованные в других программных модулях комплекса. Таким образом, пользователю предоставляется возможность оценить влияние различных процедур предобработки изображения на качество распознавания.

Заключение. Для проверки работоспособности разработанных алгоритмов были проведены экспериментальные исследования с использованием изображений, полученных при помощи специальной аппаратуры мультиспектральной съемки. В результате моделирования процесса распознавания на описанных выше программных средствах были сделаны следующие выводы:

- ♦ распознавание объекта на изображениях с разными ракурсами дает хорошие результаты, позволяя говорить об устойчивости предложенных алгоритмов к изменению геометрии объекта;
- ♦ наличие шума затрудняет распознавание объекта, особенно на изображениях с разными ракурсами, но, в то же время, представленные алгоритмы справляются с задачей распознавания объекта на искаженных изображениях, причем лучшие результаты наблюдаются при относительно небольшом количестве (3-5) спектральных компонент. Небольшой по интенсивности шум ($2.7\sigma \leq 15$, при 8-разрядных значениях интенсивности пикселей по каждой длине волны) слабо влияет на качественные характеристики распознавания. Увеличение мощности шума приводит к снижению достоверности распознавания объектов и, как следствие, может привести к ложному срабатыванию.

В целом же, следует отметить, что разработанный алгоритм показал приемлемые результаты, что позволяет говорить о возможности его использования в системах технического зрения.

С.В. Бобнев, Ю.И. Рогозов

ФУНКЦИОНАЛЬНО – ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДПРИЯТИЯ

Введение. Основной задачей статьи является поиск новых подходов к построению конструктивных моделей организаций различной специализации, позволяющих расширить возможности известных подходов. Проблема управления достаточно сложной организацией обычно рассматривается в контексте построения многоуровневых моделей, включающих, как минимум, три уровня: уровень производства, уровень управления подразделениями, уровень управления организацией (компанией) [1]. Наиболее сложной составляющей подобного моделирования является увязка математического аппарата и критериев оптимальности для различных уровней модели, т.к. они могут быть принципиально различными - от систем дифференциальных уравнения на нижнем уровне, до линейных целевых функций на верхнем. Важнейшим этапом составления модели производства является поиск элементов, являющихся индикаторами состояния системы в целом, т.е. адекватно отображающими жизненно важные показатели функционирования системы. Подобные величины должны также позволять математическую формулировку задачи оптимизации.

В настоящее время подобными показателями чаще всего выбирают стоимостные показатели [2-5]. Однако они адекватны только на верхнем уровне управления, где целью является максимизация глобальной прибыли. На уровне управления оборудованием стоимостные показатели явно неприменимы. Тем не менее, широко развивается унификация и математизация управления *бизнес-процессами*, для которых разрабатываются стандарты описания, универсальные программные средства и т.д. [4]. С другой стороны, разрабатываются подогнанные к конкретному предприятию MES-системы [2].