

Инструментарием исследования КМ является методы и средства ИТ, реализующие заявленные на предыдущих этапах методы представления, анализа и извлечения знаний.

Таким образом, методика построения прототипа объекта экспериментальных исследований позволит унифицировать процессы создания программных комплексов для ведения исследовательских экспериментов. Что является предпосылкой создания среды, располагающей средствами удобной разработки таких комплексов.

Библиографические ссылки

1. Тезисы итоговой конференции по результатам выполнения мероприятий ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2012 годы по приоритетному направлению «Информационно-коммуникационные системы» за 2008 год / Автономное учреждение

Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий, Ханты-Мансийск, 2008. – С. 168.

2. Федеральный портал по научной и инновационной деятельности. – URL: <http://www.sci-innov.ru>

3. Трухин А. В. Виртуальные компьютерные лаборатории // XIV Междунар. конференция-выставка «Информационные технологии в образовании» (ИТО-2004) [Электронный ресурс] / Информационно-коммуникационные технологии в образовании. – URL: <http://www.ict.edu.ru>

4. Моделирование процессов управления виртуальным экспериментом / С. Ж. Козлова [и др.] // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: Материалы Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. С. У. Увайсова. – М.: МИЭМ, 2011. – С. 117–119.

5. Тузовский А. Ф., Чириков С. В., Ямпольский В. З. Системы управления знаниями (методы и технологии) / под общ. ред. В. З. Ямпольского. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с.

6. Дегтярев Ю. И. Системный анализ и исследование операций. – М.: Высш. шк., 1996. – 335 с.

S. Z. Kozlova, PhD in Education, Associate Professor, Tchaikovsky Technology Institute (branch) of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

To Technique of Prototyping the Object of Experimental Research

The paper gives key statements of knowledge formalization technique to develop a prototype object of experimental research. The author considers a virtual laboratory complex as a prototype example.

Key words: object of research, prototype, computer model.

УДК 004.89

А. В. Кучуганов, кандидат технических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

А. Н. Соловьёва, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ОПИСАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОГРАНИЧЕННОМ ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ*

Описывается метод автоматической вербализации изображений путем построения и заполнения нечеткого концептуального графа, представляющего геометрические понятия и отношения. Переход от результатов распознавания к словесному описанию упрощается за счет использования лингвистических переменных для описания вершин и дуг графа. Метод реализован в программной системе построения словесного портрета человека по заданной паре фотографий в фас и профиль.

Ключевые слова: словесный портрет, вербализация изображений, лингвистические переменные, нечеткий нагруженный граф.

Вербализация – это словесное описание пред-метов, процессов, явлений окружающего мира. Автоматизация получения высокоуровневого описания содержания изображений повышает эффективность общения с компьютером, а также упрощает многие трудоемкие практические задачи. Целью разработки предлагаемого метода вербализации является автоматическое получение гибкого, полного и подробного словесного описания содержания растровых изображений на ограниченном естественном языке. Метод рассматривается на

примере построения словесного портрета человека по заданной паре фотографий.

Коммерческие системы идентификации по изображениям лица (Папилон-Полифейс [1], ИПС «Портрет-Поиск» [2] и др.) обладают средствами распознавания лиц и характерных точек лица; при этом словесное описание необходимо задавать вручную в явном виде. Применительно к данному классу систем предлагаемый метод позволяет расширить возможности распознавания объектов и полностью автоматизировать построение словесного описания.

© Кучуганов А. В., Соловьёва А. Н., 2012

Получено 09.10.12

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 11-07-00632-а, 11-07-00783-а), ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (проект № 16.740.11.0423 от 03 декабря 2010 г).

Системы поиска изображений по содержанию (CBIR – Content-Based Image Retrieval), как правило, выполняют низкоуровневую обработку изображений, не учитывающую информацию о структуре сцены, либо используют вручную заданные аннотации или контекст использования изображения. Преимуществом предлагаемого метода является возможность в дополнение к низкоуровневым характеристикам учитывать семантический уровень, что повышает эффективность поиска и позволяет добиться независимости от освещения и оттенка.

В ряде исследований рассматривается использование лингвистических переменных для описания пространственных отношений между объектами сцены [3], оценки глобальных характеристик изображения [4]. Предлагаемый метод позволяет выполнить более глубокий анализ, перейти от лингвистического

описания отношений между объектами к характеристикам составных объектов. При этом он не требует подбора множества обучающих примеров за счет настроенного на предметную область детального описания структуры объектов.

Векторизация изображений

Для построения словесного портрета используются фотографии человека в фас и профиль (однотонный фон, освещение со стороны фотоаппарата). Обработка заданных изображений заключается в выделении контуров, цветовой кластеризации, построении скелетонов для областей (рис. 1). Для выделения контуров используется оператор-анализатор локальных областей, использующий принципы многоуровневой обработки, рекурсивности, адаптации к разрешающей способности, биоинспирированные алгоритмы и др. [5]

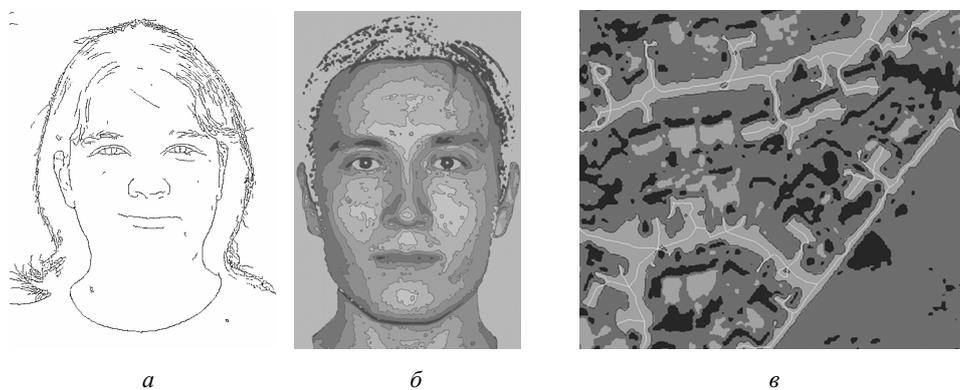


Рис. 1. Обработка входных изображений: а – выделение контуров; б – выделение цветowych областей и градиентов интенсивности; в – построение скелетонов цветowych областей для выделения дорог на аэрофотоснимке

Полученные контуры и границы цветowych областей векторизуются и аппроксимируются. Цепочки примитивов образуют граф примитивов $G_{Prim} = \langle V_{Prim}, E_{Prim} \rangle$, где $V_{Prim} \subset \mathbb{R}^2$ – вершины, соответствующие конечным точкам отрезков; E_{Prim} – ребра, соответствующие отрезкам. Свойства физических объектов, воспринимаемых глазом, и взаимосвязи между ними задаются графом объектов $G_{Obj} = \langle V_{Obj}, E_{Obj} \rangle$, где V_{Obj} – характерные элементы; E_{Obj} – дуги, реализующие четкие и нечеткие отношения. Распознавание заключается в сопоставлении вершин графов верхнего и нижнего уровней. Словесный портрет формируется за счет обращения к характеристикам физических объектов [6].

Поиск характерных элементов

Распознавание характерных элементов (точек, контуров, областей) выполняется на основе результатов векторизации и формализованных правил, описывающих априорное представление о структуре объектов в виде набора пропорций и закономерностей в расположении контуров и границ цветowych областей.

Вершинам графа объектов сопоставлен набор качественных признаков: *форма* (круглая, треугольная, извилистая, вытянутая); *наклон* (вертикальный, скошенный в определенную сторону); *цвет* (корректность подбора значения зависит от параметров съемки); *особые признаки* (наличие родинок, морщин).

Описание взаимосвязей между характерными элементами осуществляется на основе четкого отношения принадлежности, образующего древовидный подграф G_{Obj} , а также ряда нечетких отношений $\{R_i\}_{i=1}^m$, таких что $\forall (v_1, v_2) \in V_{Obj} \times V_{Obj} : \mu_{R_i}(v_1, v_2) \in [0, 1]$, где μ_{R_i} – функция принадлежности: отношения *расстояния* (близко, далеко и др.); отношения *направления* (выше, слева от); отношения *положения* (параллельно, перпендикулярно, скошено к); отношения *симметричности* относительно заданной оси (вертикальной оси симметрии лица); соотношения *размера* (больше, меньше и др.); отношения *формы* (уже, более круглый и др.); *тоновые* и *цветовые* отношения (темнее, краснее и др.).

Для описания качественных признаков вершин $\{Q_i(v_0)\}_{i=1}^n$ и нечетких отношений – «признаков дуг» $\{L_i(v_1, v_2)\}_{i=1}^m$ используются лингвистические переменные [7], множества значений и функции совместимости которых определяются типами характерных элементов $v_0, v_1, v_2 \in V_{Obj}$. Часть значений признаков, обобщающих априорные представления о структуре объектов, задается экспертом и образует правила распознавания (рис. 2). Расчет значений других признаков производится в ходе распознавания и построения словесного портрета.

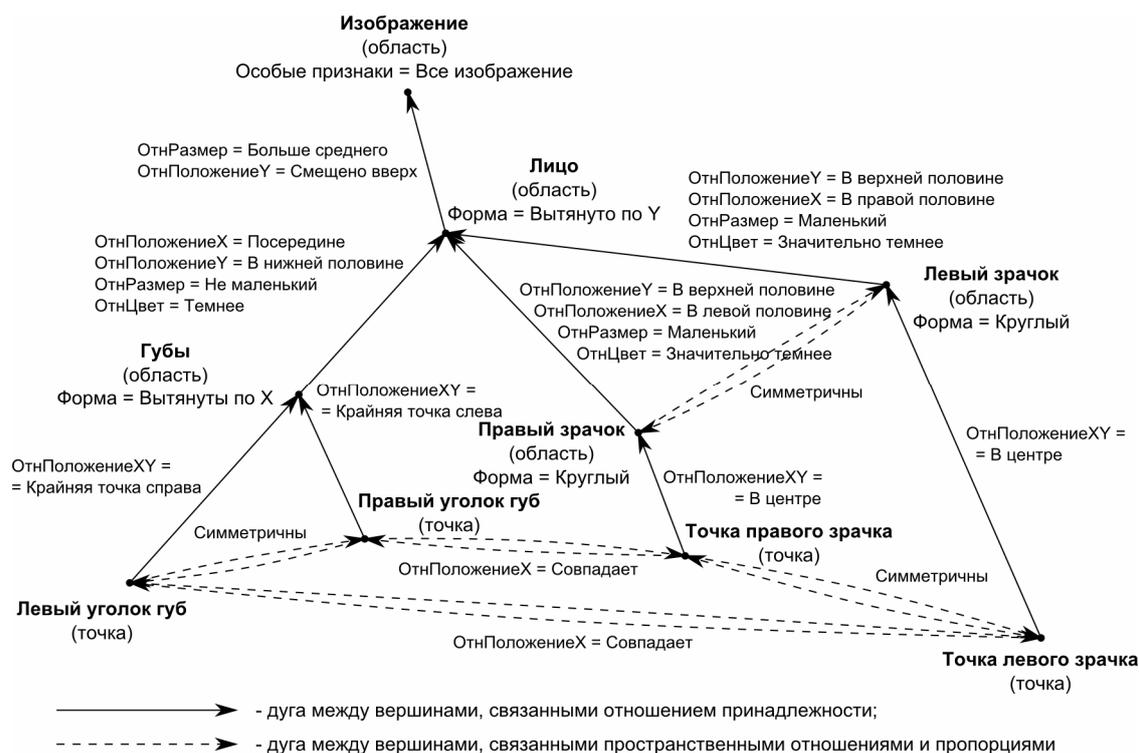


Рис. 2. Частично заполненный граф объектов

Левые части продукционных правил распознавания (*Если <условие>, то <действие>*) представляют собой конъюнкции предикатов, описывающих отдельные свойства физических объектов и связей между ними: $\{\langle f_i, A_i \wedge B_i \rangle\}_{i=1}^{N_{el}}$, где f_i – характерные элементы, доступные для распознавания;

$$A_i = \bigwedge_{j=1}^{N_V} (Q_j(f_i) = T_k^{Q_j}(f_i)) \text{ и}$$

$$B_i = \bigwedge_{k=1}^{N_E} (L_k(f_i, f_j) = T_p^{L_k}(f_i, f_j)) \text{ – конъюнкции}$$

утверждений о заданных значениях лингвистических переменных, характеризующих признаки вершины f_i или дуги между вершинами f_i и $f_j, j \neq i$, соответственно; N_V и N_E – количество заданных экспертом признаков характерного элемента и признаков связи; $T_k^{Q_j}$ и $T_p^{L_k}$ – множества формулировок значений признаков Q_j и L_k ; N_{Q_j} и N_{L_k} – количество формулировок, применимых к описанию элемента f_i и связи между f_i и f_j соответственно; $k \in \{1, \dots, N_{Q_j}\}$; $p \in \{1, \dots, N_{L_k}\}$.

Процесс дозаполнения графа объектов организован в несколько проходов, в процессе которых выполняется обработка четких и нечетких отношений, а также согласование результатов распознавания по всему набору изображений. При необходимости выполняются операции по уточнению и модификации областей и контуров и вспомогательные построения (опорные прямые и точки). Использование сложной системы взаимосвязей повышает надежность распознавания и позволяет адаптировать правила к помехам изображений. Пример распознавания характерных элементов лица приведен на рис. 3.



Рис. 3. Результаты распознавания характерных элементов: а – выделенные области лица, зрачков и губ; б – сетка антропометрических точек

Переход от нечеткого графа к словесному описанию изображений

Представление информации об объектах с помощью лингвистических переменных упрощает переход к словесному описанию. Новизна предлагаемой технологии вербализации заключается в организации сведений о результатах обработки изображений и нечетких функциях, описывающих геометрические параметры, в виде базы данных, что позволяет рассматривать словесное описание как сформированный по ней итоговый отчет или результаты SQL-запросов. При этом доступны все уровни информации о содержании изображений – от координат точек отрезков до высокоуровневых признаков составных объектов, что позволяет получать структурированные многоуровневые словесные описания.

Для каждого из распознанных физических объектов доступны значения основных признаков, применяющихся в словесном описании.

1. Относительный признак *размера* (в 3, 5 и 7 градациях). Функции совместимости лингвистических значений различаются в зависимости от характерного элемента, что объясняется особенностями восприятия человека.

2. Относительный признак *положения*, позволяющий учитывать симметрию объектов и другие особенности их относительного размещения.

3. Признаки *цвета* и *текстуры*, относительные или абсолютные (с учетом соотношений различных цветовых компонент). Особенное значение имеют для анализа аэрофотоснимков при определении типов объектов.

4. Абсолютные признаки *формы* (для областей) и *наклона* (для контуров).

5. *Составные признаки*, реализованные отдельными алгоритмами, настроенными на предметную область (морщинистое лицо, наличие бороды).

Расчет совместимости для значений признаков может заключаться как в вычислении числового значения в определенном интервале (отношения размеров), так и в проведении логического вывода (при анализе формы или составных признаков). В последнем случае каждому значению признака сопоставляются продукционные правила. В таблице приведен пример правил для признака *форма лица* [8]. Для определения ширины лица в плоскости скул, ширины нижней челюсти и лба выполняются вспомогательные построения – горизонтальные сечения области *лица* на соответствующих уровнях.

Продукционные правила для признака «форма лица»

Признаки	Форма лица
Очертания(<i>Лицо</i>) = Плавные \wedge \wedge Соотношение(РазмерПоХ(<i>Лицо</i>), РазмерПоУ(<i>Лицо</i>)) = Примерно равны	Круглое
ОтнРазмерПоХ(ЛинияЛба(<i>Лицо</i>), ЛинияСкул(<i>Лицо</i>)) = Больше \wedge \wedge ОтнРазмерПоХ(ЛинияЛба(<i>Лицо</i>), ЛинияНижнейЧелюсти(<i>Лицо</i>)) = = Значительно больше	Треугольное

Результаты запросов с помощью шаблона отчета преобразуются в форму, близкую к традиционному словесному портрету. В результате обработки фотографий, представленных на рис. 3, получено следующее словесное описание: *Лицо овальное. Лоб высокий. Брови дугообразные, длинные, низкие, темные. Длина глазной щели малая. Большое расстояние между наружными углами глаз. Положение глаз горизонтальное. Глаза темные. Нос короткий, широкий. Рот прямой, малый. Углы рта горизонтальные. Скулы средние. Подбородок прямой, угловатый, широкий. Губы широкие. Верхняя губа малая. Волосы темные. Линия роста волос прямая.*

Качество словесного портрета определяется возможностью восстановить по нему описанное лицо. Смоделировать этот процесс позволяет подсистема построения скульптурных портретов по заданным фотографиям [9], которая является расширением разработанной программной системы построения

словесного портрета. Параллельно выполняется параметризация типовой 3D-модели по распознанным характерным элементам, контурам и границам цветовых областей, а также по словесному описанию. Полученные модели сопоставляются.

Заключение

Предлагаемый метод описания растровых изображений с помощью нечеткого графа позволяет охватить несколько уровней представления содержания изображения: 1) графические примитивы (отрезки и дуги); 2) контуры и границы цветовых областей; 3) физические (значимые) объекты; 4) составные физические объекты. Это дает возможность выполнять подробный и разносторонний анализ геометрических параметров изображенных объектов.

Эксперт может уточнять правила и настраивать их для конкретных условий съемки, используя привычную терминологию и запросы на языке, близком к естественному. Представление правил распознавания в виде нечеткого графа позволяет делать выводы о составных и сложных для распознавания элементах, а также высказывать предположения об объектах, отсутствующих на снимке.

На основе предложенных методов разработана программная система, включающая в себя модули автоматического распознавания характерных точек лица, составления словесного портрета по заданным фотографиям, синтеза 3D-моделей на основе заданных фотографий и трехмерного каркаса [6, 9].

Описанная технология вербализации растровых изображений может найти применение в образовательной, исследовательской и проектной деятельности (поиск изображений по словесному описанию), ГИС (дешифрирование аэрофотоснимков и анализ картографических изображений), юриспруденции, истории.

Библиографические ссылки

1. Система идентификации по изображениям лица ПАПИЛОН-Полифейс [Электронный ресурс] / Миасс: Система Папилон. – URL: <http://www.papillon.ru/rus/229/>
2. Универсальная информационно-поисковая система «Портрет-Поиск» [Электронный ресурс]. – Томск, BARS International & Portland, 2007. – URL: <http://distrib.portret.tomsk.ru/Otzyv/2007-booklet-1.pdf>
3. Linguistic Description of Relative Positions in Images / P. Matsakis [et al.] // TSMC Part B (IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics). – Aug. 2001. – Vol. 31. – No. 4. – P. 573–588.
4. Li Q., Hu H., Shi Zh. Semantic Feature Extraction Using Genetic Programming in Image Retrieval // Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'04). – Vol. 1. – P. 648–651.
5. Kuchuganov A. V. Recursions in tasks of images analysis // Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA-9-2008). – Vol. 1. – P. 365–367.
6. Кучуганов А. В., Соловьева А. Н. Алгоритмы вербализации изображений на примере словесного портрета человека // Изв. Волгогр. техн. ун-та : межвуз. сб. науч. ст. – 2012. – № 4(91). – С. 60–64.
7. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М. : Мир, 1976. – 165 с.

8. Зинин А. М., Кирсанова Л. З. Криминалистическая фотопортретная экспертиза : учеб. пособие / под ред. В. А. Снеткова, З. И. Кирсанова. – М. : ВНКД МВД СССР, 1991. – 88 с.

9. Solovyova A. N., Kuchuganov A. V. Using Contours and Colour Region Boundaries of Photographs in Sculptural Portrait Design // Proceedings of the 19th International Conference on Computer Graphics and Vision "GraphiCon'2009". – P. 315–316.

A. V. Kuchuganov, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

A. N. Solovyova, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Image Content Description by Restricted Natural Language

The paper describes a method for automatic image verbalization by means of constructing and filling a fuzzy conceptual graph that represents geometric concepts and relations. The conversion of the recognition results to the verbal description of the image is simplified by using linguistic variables to describe the nodes and the arcs of the graph. The method is implemented in a software system of verbal description synthesis using the face and the profile photographs of a person.

Key words: verbal description, image verbalization, linguistic variables, fuzzy weighed graph.

УДК 517.958:52/59

Ю. В. Ганзий, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

М. М. Салахов, студент, Камский институт гуманитарных и инженерных технологий, Ижевск

Н. В. Митюков, доктор технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Е. Л. Бусыгина, кандидат физико-математических наук, Камский институт гуманитарных и инженерных технологий, Ижевск

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СТРЕЛЫ

Работа посвящена определению коэффициента аэродинамического сопротивления поражающего элемента типа стрелы. В среде ANSYS CFX произведен расчет и сравнение с экспериментальными данными.

Ключевые слова: аэродинамика, поражающие элементы, дозвуковое обтекание, стрела.

Как правило, при моделировании полета снарядов и ракет участком, определяющим важнейшие внешнебаллистические параметры (дальность, кучность и прочие), является область высоких скоростей. Погрешности начального участка, например, при выходе изделия из транспортно-пускового контейнера, с успехом компенсируются при дальнейшем полете. В связи с этим такой важный аэродинамический параметр, как коэффициент аэродинамического сопротивления c_x для диапазона низких скоростей, как правило, получается за счет аппроксимации более высокоскоростных данных, т. е. работает на пределе или за пределом его научно обоснованной применимости. Однако в последнее время появилось множество низкоскоростных поражающих элементов: стрелы и болты для бесшумного оружия антитеррористических подразделений, элементы разрывных частей и т. п., для которых дозвуковой режим является единственным режимом полета. Проведение точного и апробированного моделирования динамики полета поражающего элемента для определения аэродинамических коэффициентов на дозвуковых скоростях позволит оптимизировать конструкцию стрелы и технологические процессы ее

изготовления уже на ранних стадиях проектирования, когда проведение натурного эксперимента еще невозможно.

Общие соображения

Несмотря на отсутствие аэродинамических данных по стрелам, в литературе тем не менее существует ряд фрагментарных указаний по данному вопросу. В первую очередь это теория спортивной стрельбы из лука. Так, в работе Тутевича [1] приведен график коэффициента подъемной силы c_y и аэродинамического сопротивления c_x в функции от угла атаки (рис. 1). Очевидно, предполагается, что влияние угла атаки на c_x стрелы гораздо большее, чем скорость. Причем при $\alpha = 0$ $c_x \approx 2$ (рис. 1).

С другой стороны, при проведении баллистических экспериментов с репликой лука и стрел народа Ханты авторами было принято, что $c_x \approx 2$, что дало неплохую сходимость с экспериментом [2]. При моделировании пневматических орудий, снаряд, который отдаленно напоминает стрелу, авторами были найдены результаты стрельб, произведенных Военно-морским флотом США, показавшие, что на малых скоростях $c_x \approx 1,6 \dots 1,8$ [3].