

## Применение видеотехнологий и распознавания образов в медицине

И. В. Жуков, А. А. Городнов,  
М. Р. Мочалов, А. Н. Подувалов,  
Г. М. Скрипка, А. Л. Сорокин,  
С. В. Сорокин, А. Д. Черевань

*Изложены разработки лаборатории, базирующиеся на двух основных технических решениях и позволяющие на их основе реализовать ряд перспективных прикладных технологий. Это методика быстрого поиска в больших базах данных изображений, подобных заданному, по свойствам самих изображений, таким как цвет, текстура и форма объектов (контентно-ориентированный поиск). Вторая разработка – интеллектуальный визуальный датчик – малогабаритное устройство, аналогичное видеокамере, но с возможностью встроенной автономной обработки получаемых изображений, сравнимой по производительности с современными ПК.*

### *Контентно-ориентированный поиск*

Контентно-ориентированные системы поиска изображений – КОСПИ (известные под аббревиатурой CBIR) – служат для селекции из больших коллекций (баз данных) тех изображений, которые наиболее похожи на заданный образец.

В таких системах изображение представляется в виде унифицированного для всех изображений набора числовых признаков (векторов признаков), отвечающих за цвет, текстуру и форму содержащихся в нем объектов. Степень подобия изображений интерпретируется как расстояние между векторами признаков в многомерном пространстве. Компактность набора признаков позволяет в сотни раз уменьшать объем данных, подлежащих хранению и передаче по сетям связи, и таким образом осуществлять быстрый поиск, в том числе и с привлечением сетевых технологий.

Одна из реализаций такой технологии разработана по проекту МНТЦ № 2191 "Разработка многоаспектной системы распознавания образов" в 2003 году. Целью проекта являлась разработка библиотек алгоритмов для создания прообраза системы быстрого поиска изображений, похожих на изображение, заданное в качестве образа для поиска. Предполагаемое использование – электронная коммерция – поиск в электронных магазинах товаров по заданному образу.

В рамках этой работы были сформулированы общие требования к процедурам выделения признаков в смысле независимости их от формата изображения, т. е. от глубины представления цвета, размерности матрицы и от аспектного отношения. Разработан алгоритм сегментации, где в основу разделения объектов или отделения объекта от фона положен принцип автоматической сегментации объектов методом анализа HLS-представления цветного изображения. Разработаны библиотеки выделения признаков, характеризующих:

- форму объектов – полигональная аппроксимация, контурные моменты, коэффициенты Фурье-представления и др.;

- цвет объектов и/или фона – использованы центральные нормализованные моменты и моменты  $X_y [1]$  для GrayScale и R, G и B- плоскостей изображения;

– текстуру объектов и/или фона – спектральный анализ посредством библиотеки обработки изображений IPL (Image Processing Library), разработанной фирмой "Intel" совместно с ВНИИЭФ [2].

Разработан быстрый алгоритм вычисления расстояния Махаланобиса, позволяющий существенно повысить скорость поиска похожих векторов в базе данных. Отладка алгоритмов проведена на нескольких тысячах изображений. Такие изображения моделировали в лаборатории, а также брали как из коллекций художественных фотографий, так и из Интернета в виде образцов товаров магазинов типа Walmart, Dillards и других.

На рис. 1 видно, что из тестовой базы данных, содержащей более 4000 изображений с самыми разнообразными объектами, достаточно уверенно селективируются изображения объектов, похожих на заданный образец поиска (левое верхнее изображение). Более подробное описание можно найти в работах [3–5].

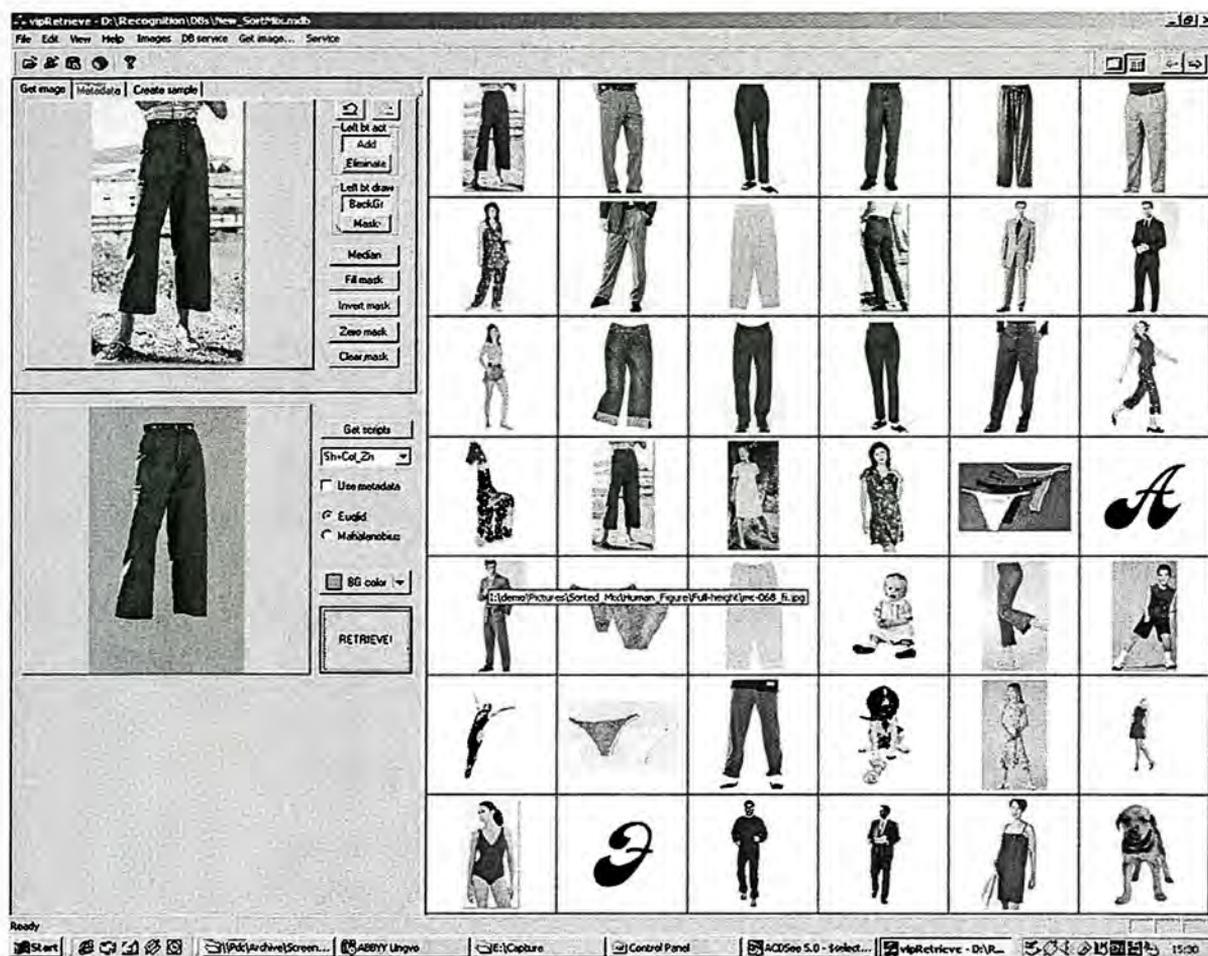


Рис. 1. Интерфейс демонстрационной программы в режиме поиска

Разработанная технология открывает также перспективу создания в Интернете поисковых систем нового типа, в которых поиск производится на основе графического образца, а не текстовых дескрипторов, как в большинстве действующих систем.

Механизм контентно-ориентированного поиска изображений достаточно универсален (рис. 2) и может быть применен для решения совершенно разных классов задач в различных сферах человеческой деятельности:

- системы безопасности и криминалистика – автоматизированный поиск лиц по базам данных фотографий, сравнение отпечатков пальцев, радужки глаза;
- медицина – диагностика, основывающаяся на сравнении рентгенограмм и томограмм, изображений ран и симптомов кожных заболеваний, глаз и т. д.;
- промышленность и технология – сравнение образца с эталоном (например, отбраковка на конвейере) или поиск аналогов (например, форма кузова автомобиля);
- дизайн – подбор материалов по цвету, фактуре.



Рис. 2. Механизм контентно-ориентированного поиска

### Интеллектуальный визуальный датчик

Интеллектуальный визуальный датчик (ИВД) конструктивно представляет собой объединение двух сложных электронных компонентов – высококачественной цифровой видеокамеры и полнофункционального компьютера, ориентированного на обработку потоковых данных. Важной составляющей ИВД является динамически загружаемое специализированное программное обеспечение (рис. 3).

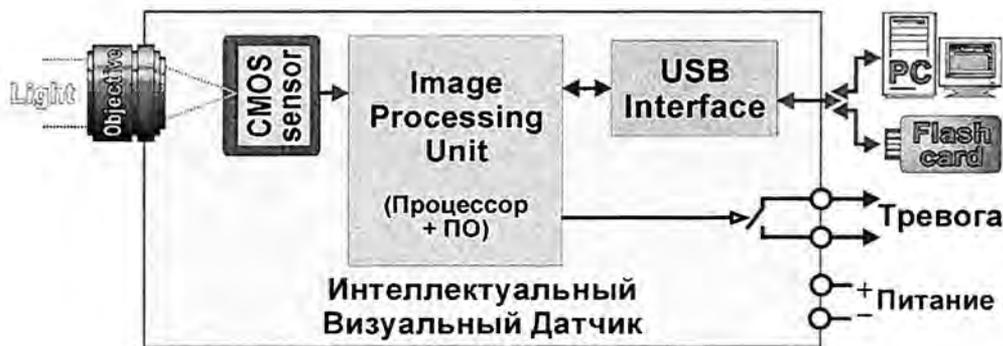


Рис. 3. Структура ИВД

Такая идеология построения ИВД наделяет его совершенно уникальным набором свойств, среди них:

- производительность современного персонального компьютера;
- возможность динамической загрузки и использования любого встроенного алгоритма, необходимого для решения конкретной задачи;
- возможность работать (через информационный канал) в качестве абонента информационных систем – как локальных, так и распределенных.

ИВД с описанными свойствами может быть применен в разнообразных системах, основанных на использовании видеотехнологий. Например, таких как:

- "машинное зрение". Система может состоять из произвольного количества (в том числе и из одного) ИВД, выполняющих свою задачу автономно либо в составе сложной системы;
- "безопасность". Совокупность произвольного количества ИВД способна стать базовой (системообразующей) частью локальных или интегрированных систем безопасности с распределенной архитектурой любого масштаба. Единичный ИВД может представлять собой законченную одноканальную систему безопасности (охрана жилища, офиса и т. д.);
- "физические исследования". Регистрация разнообразных периодических (различной длительности, скважности) и однократных сигналов.

Предложение по созданию интеллектуального видеодатчика прорабатывалось при разработке различных систем. Например, при разработке предложений по созданию системы мониторинга потенциально опасных объектов [6]. Для проверки осуществимости идеи в лаборатории проведено макетное моделирование ИВД. Полученные результаты подтверждают реализуемость и эффективность предложенного решения.

### ***Комплексное применение КОСПИ и ИВД***

Построение систем с использованием КОСПИ и ИВД рассмотрено на примере некоторых медицинских приложений, которые были предложены в [7].

Одно из перспективных применений контентно-ориентированного поиска – это медицинская диагностика, основывающаяся на изображениях или отображаемых в графической форме наборах данных, которые также могут рассматриваться как разновидность изображения. В качестве примера можно назвать рентгенограммы, флюорограммы, томограммы, кардиограммы, окулограммы, энцефалограммы, ангиограммы, изображения ран и симптомов кожных заболеваний, глаз и т. д. Сюда же в полной мере относятся изображения в медицинской микроскопии, такие как кровь, спермограмма, картина кристаллизации биологических жидкостей (сыворотка крови, моча, слюна, слеза), изображения сетчатки и другие изображения, связанные с глазными заболеваниями. Реализация подобной технологии предоставила бы лечащему врачу по полученной, например, рентгенограмме легких нового пациента быстро найти похожие случаи, сопровождаемые любыми метаданными, такими, например, как поставленный диагноз, способ лечения и полученные результаты, в национальном или интернациональном масштабе.

Применение ИВД сможет дополнить рассмотренные выше приложения в тех случаях, когда изображение-образец для поиска должно быть получено непосредственно на месте нахождения пациента. Такое устройство должно найти применение в полевой медицине, а в ряде случаев позволит снять необходимость или уменьшить частоту очных консультаций врача, что немаловажно для жителей районов, отдаленных от медицинских центров. ИВД, например, может использоваться для дистанционного контроля заживления ран, кожных и некоторых глазных заболеваний. Возможно построение специализированной модели устройства или насадки к нему, обеспечивающей возможность получения определенных видов микроизображений в бытовых условиях или в условиях сельского медпункта, например, картины кристаллизации биологических жидкостей.

Наличие информационного канала в ИВД позволяет организовать передачу данных посредством подключения к телефонным или беспроводным сетям связи. Передача исходных данных в разных технологиях может осуществляться как лечащему врачу, так и непосредственно службам автоматического информационного поиска. Передача же результатов поиска в специализированных базах данных в зависимости от требуемой их формы также может осуществляться как

врачу, так и непосредственно пациенту. Конечно, ответственная диагностика без участия врача на сегодняшний день недопустима, но нам кажется, что технически возможна и полезна предварительная автоматическая диагностика наличия или отсутствия некоторых болезненных состояний, которая в ряде случаев позволит снять необоснованное беспокойство пациента и угрозу последствий, вызываемых беспокойством как таковым.

Возможно оснащение ИВД встроенными или выносными датчиками не визуальной информации, например, микрофоном и термометром, что позволит получать дополнительную информацию, имеющую диагностическую ценность, например, регистрацию частоты и наполнения пульса, спектрального аудиоанализа чистоты дыхания и т. д. Возможна дистанционная предварительная диагностика на основе тепловых изображений.

В условиях медицинского учреждения можно представить ряд возможных самостоятельных применений ИВД в качестве "умного" регистрирующего прибора. Например, одним из применений, на реализацию которого уже поступили заявки, является оценка психофизиологического состояния человека путем регистрации движений глаз (включая саккадические) в ответ на тестовые раздражители. Аналогичным образом ИВД может автономно оценивать визуальные данные по ходу ангиографического обследования.

В целом предоставляемые с применением КОСПИ и ИВД возможности по оперативной дистанционной доставке и высокой скорости изображений должны существенно расширить возможности диагностики и лечения на основе прецедента.

### Список литературы

1. Hu M. K. Visual pattern recognition by moment invariants // IRE Transactions on Information Theory. 1962. Vol. IT-8. P. 179–187.
2. Intel Corporation. Image Processing Library. Reference Manual. Order Number 663791-004 <http://developer.intel.com>
3. Zhukov I. V., Mochalov M. R., Poduvalov A. N. et al. A system for images retrieval resembling the given sample // Доклад на 6-м открытом российско-немецком семинаре "Распознавание образов и понимание изображений", 25–30 августа 2003 г., Катунь, Алтайский край.
4. Жуков И. В., Мочалов М. Р., Подуवाल А. Н. и др. Система поиска изображений, подобных заданному // Доклад на семинаре МНТЦ "Развитие экспертно-криминалистических технологий в России", 9–11 декабря 2003 г., Москва.
5. Gorodnov A. A., Zhukov I. V., Mochalov M. R. Color image segmentation based on its HLS-presentation analysis // Доклад на 6-м семинаре МНТЦ "Science and computing", 15–17 сентября 2003 г., Москва.
6. Жуков И. В., Мочалов М. Р., Скрипка Г. М. и др. Использование телевизионных технологий для контроля доступа при обеспечении сохранности и безопасности ДМ и выявления нештатных ситуаций // Доклад на российско-американском семинаре "Безопасность и сохранность ядерных боеприпасов при демонтаже", 2004, Снежинск.
7. Жуков И. В., Мочалов М. Р., Подуवाल А. Н. и др. Применение видеотехнологий и распознавания образов в медицине // Доклад на конференции по электронной и дистанционной медицине (Med-e-Tel 2005), 6–8 апреля 2005 г., Люксембург.

## **Video Technology and Image Recognition Complex Application**

I. V. Zhukov, A. A. Gorodnov, M. R. Mochalov, A. N. Poduvalov, G. M. Skripka,  
A. L. Sorokin, S. V. Sorokin, A. D. Cherevan

*The article presents the developments of the laboratory based on two principal technical solutions, which provide means for a series of promising applied technologies implementing. This is a technique of fast retrieving from large databases of images similar to a preset one by the image inherent features such as object color, texture and shape (content-oriented search). The second development is Smart Visual Sensor – a small-size device similar to a video camera, but possessing an embedded capability for the acquired images autonomous processing, comparable by the effectiveness with modern PCs.*