

УДК 004932+621.396

ОБРАБОТКА ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СППР

В.В. Вишневский, В.Г. Калмыков

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины

e-mail: kvg@immsp.kiev.ua

Одной из основных функций всякой СППР является представление информации лицам, принимающим решение (ЛПР), операторам системы – в виде, наиболее подходящем для максимально быстрого и полного ее восприятия, и преобразование для выработки качественного решения. В процессе функционирования в качестве активного элемента системы – ее оператора или ЛПР – человек может использовать информацию, в основном, трех видов: визуальную, слуховую и тактильную. В настоящее время в СППР рассматриваются в основном вопросы отображения и обработки визуальной информации.

Пока что не существует систем машинного зрения, возможности которых были бы сравнимы с возможностями зрительного восприятия человека. В то же время объем визуальной информации, подлежащей восприятию в процессе функционирования СППР, таков, что удовлетворительное решение задач СППР, включающих восприятие визуальных данных, их оценку и принятие решения, либо требует очень большого (неприемлемого) количества ЛПР, либо неприемлемым получается время, необходимое для принятия решения. Следовательно, вопросы использования в СППР средств обработки визуальной информации с целью:

- обеспечения поиска в хранилищах и потоках информации, имеющей непосредственное отношение к решаемой задаче;
- предварительной обработки визуальной информации к виду, подходящему для максимально быстрого и полного ее восприятия;
- автоматической/автоматизированной обработки визуальной информации с целью подготовки предварительного решения или множества возможных решений, из которых ЛПР может выбрать подходящее.

Для оптимального восприятия оператором, ЛПР визуальной информации часто используются специальные методы ее представления. Например, в СППР управления сложными объектами пульт управления объектом содержит, как правило, не сам объект, его упрощенную схему (мнемосхему). Каждому узлу или блоку управляемого объекта, так же как и его состоянию на этой схеме ставят в соответствие их условные обозначения, которые хорошо воспринимаются ЛПР. Примером такой СППР может служить система управления СПРИНТ-РВ на блоке 5 Нововоронежской АЭС [1]. Использование специальных методов построения мнемосхемы объекта позволяет не загружать зрительное восприятие ЛПР излишней, в смысле управления, визуальной информацией. Изображения, предлагаемые ЛПР в процессе принятия решения, подготовлены специально и отличаются высоким качеством. Невозможно представить, чтобы оператору АЭС предлагались, например, слабоконтрастные изображения, искаженные помехами и мешающими параметрами. Подобные подходы возможны, если информационная модель объекта управления содержит преимущественно условно постоянную информацию, например, мнемосхему объекта.

Современное состояние развития компьютерной науки и техники позволяет рассматривать возможность создания СППР, которые предусматривают использование произвольной, искаженной помехами мультимедийной, в частности, визуальной информации об объектах существенно изменчивой формы. Для оптимального восприятия оператором произвольной мультимедийной информации и последующего принятия решения она должна быть преобразована с учетом физиологических особенностей зрительного восприятия. В частности, одной из важнейших и естественных особенностей зрительного восприятия человека является его способность сегментации поля зрения на объекты, отличающиеся от фона оптической плотностью, цветом, текстурой, пр. Основной характеристикой всякого объекта является его форма, определяемая контуром – границей между объектом и фоном.

Контур, в свою очередь, воспринимается человеком как последовательность отрезков прямых и дуг кривых линий. Форма полутоновых и цветных объектов определяется, кроме того, функцией оптической плотности с учетом цвета, текстуры внутри каждого из объектов. Эти особенности зрительного восприятия человека отражены в структурной модели изображения, созданной в ИПММС в ходе выполнения научно-исследовательской работы "Ефективні методи та засоби економного кодування бінарних та півтонових зображень" [5] и развитой в последующих работах.

Структурная модель дает возможность однообразного по форме представления произвольных изображений. Такие же представления, но расширенные произвольную аудио-визуальную информацию представлены в стандарте MPEG-7. Официально новый стандарт называется "Multimedia Content Description Interface" (интерфейс описания мультимедиа-данных) [2] и не является продолжением ряда стандартов MPEG.

Важнейшей особенностью стандарта MPEG-7 является описание объектов в поле изображения, которое отображает особенности человеческого восприятия. То есть в стандарте предусмотрены дескрипторы, описывающие:

- положение, масштаб и угол поворота объекта в поле зрения, количество контуров, образующих объект,
- формы контуров и структурное описание контуров,
- цветовые и текстурные характеристики объектов и др.

Поэтому информационные технологии, реализованные в рамках стандарта MPEG-7, позволят существенно расширить возможности, предоставляемые ЛПП в процессе принятия решения. В будущем, – это обеспечение в режиме реального времени поиска разнообразной мультимедийной информации. Например, по графическому фрагменту – получение набора изображений, содержащих данный фрагмент – это могут быть карты местности, медицинские препараты, разнообразные устройства и их детали.

Состояние реализации задач и технологий в рамках стандарта MPEG-7 можно оценить как начальное. В то же время многие известные фирмы адаптируют свои технологии обработки мультимедийной информации к стандарту MPEG-7, например, (Pioneer, Ricoh, Toshiba, Hitachi, NTT DoCoMo).

Наибольшую трудность представляют собой задачи приведения к структурной модели произвольных изображений, заданных в растровом виде, искаженных помехами. В общем случае эта задача еще не решена. Однако в отдельных, достаточно многочисленных случаях преобразование изображений позволяет существенно повысить качество принятия решений в СППР.

В ИПММС ведутся разработки информационных технологий, использующих структурный анализ формы визуальных объектов, искаженных помехами, который не противоречит стандарту MPEG-7, и может быть достаточно легко к нему адаптирован.

Таковыми объектами являются изображения медицинских препаратов, форма которых очень изменчива, но, в то же время, именно в форме и содержится диагностическая информация, достаточно уверенно определяемая специалистами при визуальной оценке. Как правило, изображения медицинских препаратов искажены помехами. Примерами таких классов изображений являются электрокардиограммы, графики систем Онкотест, диагностические изображения, получаемые по методу Кирлиан и т.д. Изображения медицинских препаратов используются в процессе принятия решений в телемедицинских диагностических системах, которые являются частными случаями реализации СППР.

Прежде всего, изображения медицинских препаратов, характеризующие один и тот же диагноз, отличаются аффинными преобразованиями: положением и/или углом поворота в поле зрения, масштабом по одной или обоим осям координат. Изображения, которые получены в процессе функционирования таких систем, далеко не всегда могут быть достаточно высокого качества. Часто это связано с тем, что аппаратура, применяемая для получения изображений медицинских препаратов, используется на предельных режимах. К тому же невозможно постоянно поддерживать все экземпляры аппаратуры, расположенные

на значительном удалении от диагностического центра, в одинаково хорошем состоянии. Указанные свойства изображений значительно снижают возможность их быстрого и полного восприятия экспертами с целью выработки качественного решения при минимальных затратах времени. В то же время именно в процессе анализа больших количеств таких изображений могут быть получены новые знания о состоянии здоровья групп населения, усовершенствованы методы исследования.

Время обработки и принятия решения, так же как и количество экспертов в системах телемедицинской информации, как правило, ограничено. Без автоматической обработки, вручную обработка таких объемов визуальной информации перестает быть эффективной: снижается качество обработки, возрастает количество ошибок. Автоматический или автоматизированный анализ таких изображений требует использования самых современных средств обработки визуальной информации, в том числе, наукоемких технологий искусственного интеллекта, распознавания образов, нейротехнологий.

К настоящему времени в ИПММС разработаны методы, алгоритмы и программы обработки изображений, которые могут быть использованы в СППР:

- распознавание контуров бинарных изображений как последовательности отрезков цифровых прямых и дуг цифровых кривых;
- представление контуров бинарных изображений как последовательности кривых Безье;
- представление экспериментальных данных кривыми Безье;
- выделение контуров нечетко ограниченных объектов полутоновых изображений;
- нейросетевая классификация контуров бинарных изображений, представленных кривыми Безье.

Перечисленные средства обработки изображений использованы в телемедицинских информационных системах, которые разрабатываются в ИПММС.

В качестве примера можно привести метод представления экспериментальных данных кривыми Безье [3].

Очень часто экспериментальные данные являются искаженной помехами реализацией определенного процесса, вполне определяемого некоторой неизвестной функцией вида $y = f(x)$. В большинстве случаев экспериментальные данные такого рода представляют в виде графиков. Графики, отображающие один и тот же процесс, характеристику некоего объекта могут существенно отличаться друг от друга масштабами, количеством использованных измерений, уровнем помех, и пр. В то же время особенности формы кривой графика характеризуют параметры отображаемого объекта или процесса. С точки зрения структурной модели или стандарта MPEG-7 график представляет собой объект, характеризующийся незамкнутым контуром. Другие характеристики изображения отсутствуют.

Автоматическая (автоматизированная) обработка таких графиков предполагает сопоставление их форм, чтобы установить, характеризуют ли различные графики одни и те же или различные процессы или объекты. Для решения этой задачи необходимо определить набор параметров для каждого предъявленного графика, характеризующих форму кривой данного графика, инвариантных относительно изменения масштаба, количества измерений, уровня помех.

В общем виде решение поставленной задачи может рассматриваться как определение кривой, максимально приближенной к кривой предъявленного графика, заданной функциями $x(t)$, $y(t)$, которые представляют собой полиномы n -ной степени от параметра t :

$$\begin{aligned}x(t) &= a_0 t^n + a_1 t^{n-1} + \dots + a_{n-1} t + a_n, \\y(t) &= b_0 t^n + b_1 t^{n-1} + \dots + b_{n-1} t + b_n.\end{aligned}\tag{1}$$

Выбор n – степени полиномов зависит от сложности аппроксимируемых кривых.

Реализация такого подхода позволяет отобразить все существенные особенности формы графика, исключив влияние помех. Вместо описаний графиков в пространстве сигналов можно рассматривать аппроксимирующие их полиномы в пространстве их

коэффициентов. Существенными преимуществами такого описания является его инвариантность относительно количества измеренных сигналов в каждом графике, масштаба.

На рис.1 показаны примеры экспериментальных данных: представленные в виде графиков спектрограммы препарата крови больных онкологическим заболеванием одинаковой локализации (желудок). Несмотря на очевидные различия спектрограмм по уровням сигналов, помех, формы кривых имеют несомненное сходство. Специфичным свойством приведенных графиков является форма соответствующих им кривых, которая может соответствовать диагнозу. Решение этой задачи предполагает дополнительные исследования, которые должны основываться на обработке большого количества экспериментальных данных.

Непосредственное использование статистических методов распознавания для автоматизированной постановки диагноза в данном случае не представляется возможным из-за большой изменчивости значений масштаба (десятки раз), и, также, конфигурации функции реализующей один и тот же образ. Поэтому представилось целесообразным для каждого графика найти некоторую подходящую кривую Безье, полиномиальные коэффициенты которой, после приведения к одному масштабу, могут быть использованы как параметры образа, инвариантные к изменениям масштаба, количества измерений. Примеры спектрограмм и аппроксимирующие их кривые Безье приведены на рис. 2. Результат достигался в большинстве случаев за 15 - 40 итераций (в особенно сложных случаях - до 300) уровня помех.

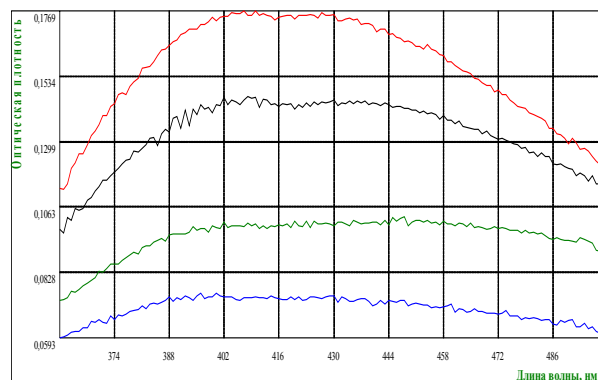


Рис.1 Примеры спектрограмм препарата крови больных онкологическим заболеванием одинаковой локализации (желудок).

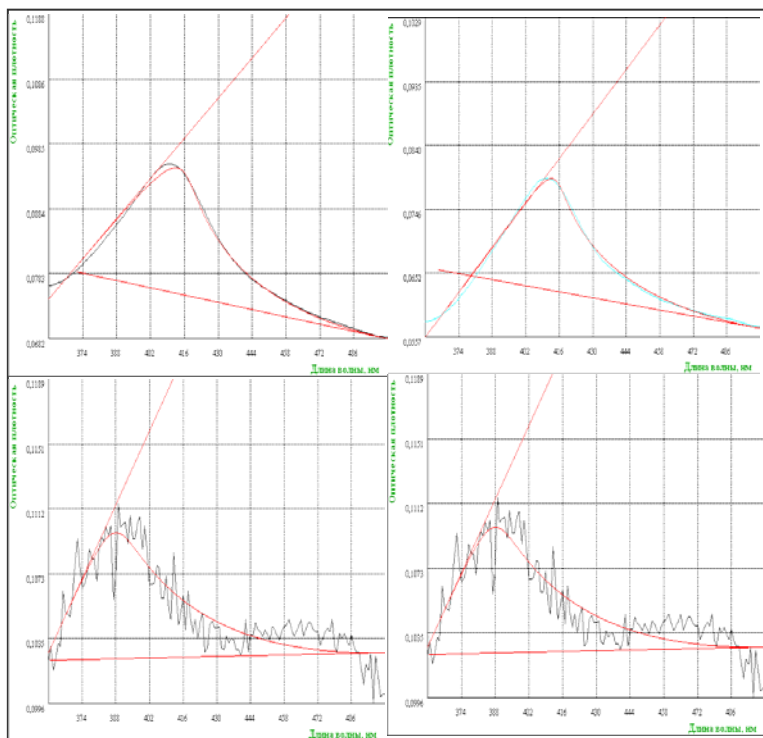


Рис.2 Спектрограммы препаратов крови и их аппроксимация кривыми Безье; локализация – печень

Как видно из рисунков, аппроксимирующие кривые Безье дают удовлетворительное приближение.

Замена исходных спектрограмм аппроксимирующими кривыми существенно повышает качество восприятия экспертом информации об экспериментальных данных. Эксперт может оценивать как исходное изображение, так и аппроксимирующую его кривую. Однако, обработка больших массивов данных невозможна без решения задач их компьютерной обработки, в числе которых обязательно должны быть решены задачи автоматической или автоматизированной классификации спектрограмм по их форме с использованием методов распознавания образов, например, статистических

методов распознавания, в частности, нейросетевой классификации [4]. Те спектрограммы, для которых автоматическое принятие решения не вызывает сомнения, не будут рассматриваться экспертами (ЛПР). В то же время внимание экспертов будет в полной мере привлечено к рассмотрению к сколько-нибудь сомнительным случаям. Это позволит оптимизировать работу системы как в смысле качества принятия решения, так и в смысле использования ограниченных ресурсов экспертов.

Другим примером повышения качества изображений с целью их дальнейшей автоматической (автоматизированной) обработки может служить предварительная обработка изображений медицинских препаратов, полученных по методу Кирлиан. С точки зрения структурной модели или стандарта MPEG-7 эти изображения представляют собой полутоновые изображения. На рис. 3 показано изображение медицинского препарата, и результат его предварительной обработки. Интересующими врача диагноста (ЛПР) объектами на исходном изображении, существенно искаженном помехами, являются Кирлиан – отображения пальцев руки. Посредством специальных алгоритмов и программ автоматически определены параметры границ внутренних и внешних областей объектов в виде эллипсов, после чего соответствующие им объекты на исходном изображении могут быть отдельно вычленены и подвергнуты дальнейшей автоматической обработке. Программы обработки изображений Кирлиан разработаны в рамках создания телемедицинской системы Т.Н. Романенко и являются предметом отдельной статьи. Автоматическое/ автоматизированное выполнение указанных работ, как и в предыдущем примере, освобождает эксперта от утомительной и рутинной работы, позволяет оптимизировать работу системы.

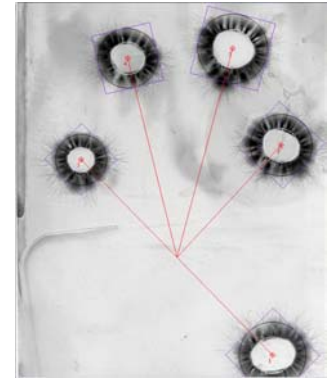


Рис.3 Изображение медицинского препарата, полученного по методу Кирлиан – зафиксированное свечение пальцев ладони – и его предварительная обработка

Выводы.

Использование методов распознавания образов и автоматической обработки изображений в СППР может оптимизировать работу СППР, за счет автоматического выполнения операций по поиску визуальной информации, предварительной обработке, формированию предварительных решений, предоставляя ЛПР принятие окончательного решения.

Литература

1. Башлыков А.А., Ильинский А.Н., Якман О.Б. Интеллектуальный пользовательский интерфейс системы "СПРИНТ-РВ", реализуемый средствами когнитивной графики в среде "КОГРА" <http://www.tasmo.ru/rus/download/kogra.doc>
2. MPEG-7 Overview <http://www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>
3. Романенко Т.М., Вишневский В.В., Калмиков В.Г. Апроксимация экспериментальных данных кривою Безье. // Праці Восьмої Всеукраїнської міжнародної конференції УкрОБРАЗ'2006, - Київ: 2006, С. 144-147.
4. Куссуль М.Э. Кодирование контуров, представленных кривыми Безье, в задачах нейросетевой классификации // Математичні машини і системи. - 2005 №4.
5. Ефективні методи та засоби економного кодування бінарних та півтонових зображень" Науковий звіт. 2000 р. ІПММС НАН України, Київ.