



Применение современных технологий анализа маркетинговой деятельности с использованием данных сети Интернет [2, 3] и мультиагентных технологий моделирования [4, 5] для прогнозирования востребованности лекарств позволит существенно повысить эффективность стратегических решений. Рис. 2 описывает возможности представления знаний предметной области.

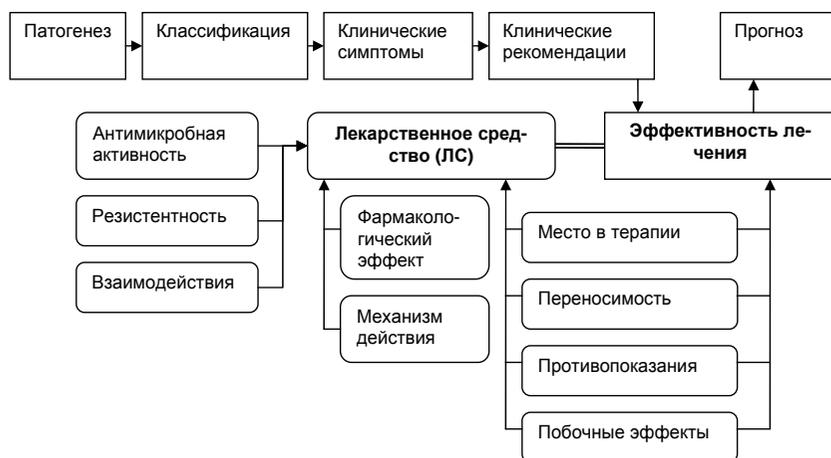


Рис. 2. Концептуальная схема Онтологии фармацевтического маркетинга

Предложенное решение позволяет реализовать эффективный инструмент поддержки принятия решений по планированию фармацевтической деятельности.

### Литература

1. Лапшин, В.А. Онтологии в компьютерных системах.– М.: Научный мир, 2010. – 224 с.
2. Орлов А. Ю., Иващенко А. В. Организация виртуального сообщества в сети Интернет // Информационные технологии №8, 2008 с. 15 – 19
3. Иващенко А.В. Интервально-корреляционный анализ ритмичности взаимодействия в интегрированной информационной среде предприятия / Системы управления и информационные технологии, 2010, № 1(39) – с. 32 – 36
4. Ivaschenko A., Minaev A. Multi-agent solution for a self mediator sensor network // Proceedings of the European Simulation and Modeling Conference 2014 (ESM 2014), FEUP, Porto, Portugal, EUROSIS-ETI. – pp. 209 – 212
5. Ivaschenko A., Lednev A. Auction model of P2P interaction in multi-agent software // Proceedings of the 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence ICAART 2013, Barcelona, Spain. – Volume 1. – p. 431 – 434



М.А. Ионкин, Н.Ю. Ильясова

### ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ СОСУДОВ ГЛАЗНОГО ДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Выделение центральных линий сосудов помогает врачу произвести диагностику таких заболеваний, как гипертония, сахарный диабет, атеросклероз, инсульт и группу сердечно-сосудистых заболеваний [1], а также наиболее распространённую причину слепоты – ретинопатию. Такая диагностика до сих пор местами проводится вручную, и потому актуальна её автоматизация и совершенствование. Тем не менее, уже существуют зарубежные приборы (например, компании Navitel), использующие сведения о центральных линиях сосудов изображения глазного дна. Использование вейвлет-преобразования для сегментации сосудов глазного дна представлено, например, в работе [2].

Выделение центральных линий представляет собой нетривиальную задачу, в которой необходимо учитывать множество параметров, обусловленных как внешними по отношению к объекту исследования причинами (например, освещённость, разрешение фотоаппарата), так и индивидуальными особенностями объекта, например уникальным расположением нездоровых мест. Применение вейвлет-преобразований к обработке изображений вызвано их большой гибкостью: можно подобрать такой вейвлет и такие его параметры, при котором выделение центральных линий будет выполняться оптимальным образом.

Дискретное двумерное вейвлет-преобразование в целом подобно двумерному дискретному преобразованию Фурье. Различие заключается в виде базисной функции и в степени информативности при обработке локальных особенностей изображений [3]. Непрерывные вейвлеты удобны для теоретического описания, но, как правило, существенно более сложны в реализации. Стефан Маллат [4] определяет одномерный вейвлет как нормированную функцию  $\psi$  с нулевым средним, локализованную в окрестности нуля. Многомерные вейвлеты также должны быть локализованы.

Тривиальный подход выполнения многомерного вейвлет-преобразования – суперпозиция одномерных преобразований по каждой компоненте многомерного вейвлета. Однако, такой способ плохо подходит для извилистых линий: он хорошо обнаруживает лишь линии, параллельные осям координат. Поэтому, для более качественного детектирования извилистых сосудов используют вейвлеты, один из параметров которого есть угол. Применение преобразования с определенным углом выделяет линии, направленные приблизительно в том же направлении, что и заданный угол. В данной работе предлагается использовать



двумерное вейвлет-преобразование  $W$ , применяемое к функции  $f$ , описывается в работе [1] уравнением (1):

$$W_{\psi}^f(b, a, \vartheta) = c_{\psi}^{-1/2} a^{-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \psi^*(r_{-\vartheta}(x-b)a^{-1}) d^2x, \quad (1)$$

где  $\psi: \mathbf{R}^2 \rightarrow \mathbb{C}$  – используемый вейвлет;  $b \in \mathbb{R}^2$  – смещение вейвлета;  $a \in \mathbb{R}^+$  – параметр масштаба;  $\vartheta \in [0, 2\pi)$  – угол поворота;  $c_{\psi} \in \mathbb{R}$  – нормализующая константа;  $r_{\vartheta} = \begin{pmatrix} \cos \vartheta & -\sin \vartheta \\ \sin \vartheta & \cos \vartheta \end{pmatrix}$  – матрица поворота;  $\psi^*$  – сопряжение (для комплексных функций);  $x \in \mathbb{R}^2$  – аргумент преобразуемой функции.

Было разработано программное обеспечение, позволяющее использовать для преобразования следующие вейвлеты: Морле, Добеши (со 2-го по 10-й порядки) и вейвлет, согласованный с моделью сосудов [3]:

$$\psi(x, y) = \begin{cases} (1 - y^4)e^{-y^4/4}, & |x| < d; \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad (2)$$

где  $d$  – некоторое положительное число.

После выполнения вейвлет-преобразования, для каждой точки выходного изображения определялись углы, в которых выходная функция достигала наибольшего значения. Эти углы затем использовались для построения поля направлений изображения.

Знание таких углов позволяет определить (с погрешностью дискретизации) толщину сосудов: для этого достаточно найти длину отрезка, перпендикулярного направлению в заданной точке, для которого функция яркости схожа с функцией яркости в заданной точке. Хороший контраст образа на некоторых масштабах позволяет точно определить толщину сосуда.

На рис. 1 отображено исходное тестовое изображение и результат его вейвлет-преобразования. На рис. 2 аналогичное преобразование для изображения глазного дна.

На рисунке 3 представлены вейвлет-образы, полученные с использованием вейвлета Морле.

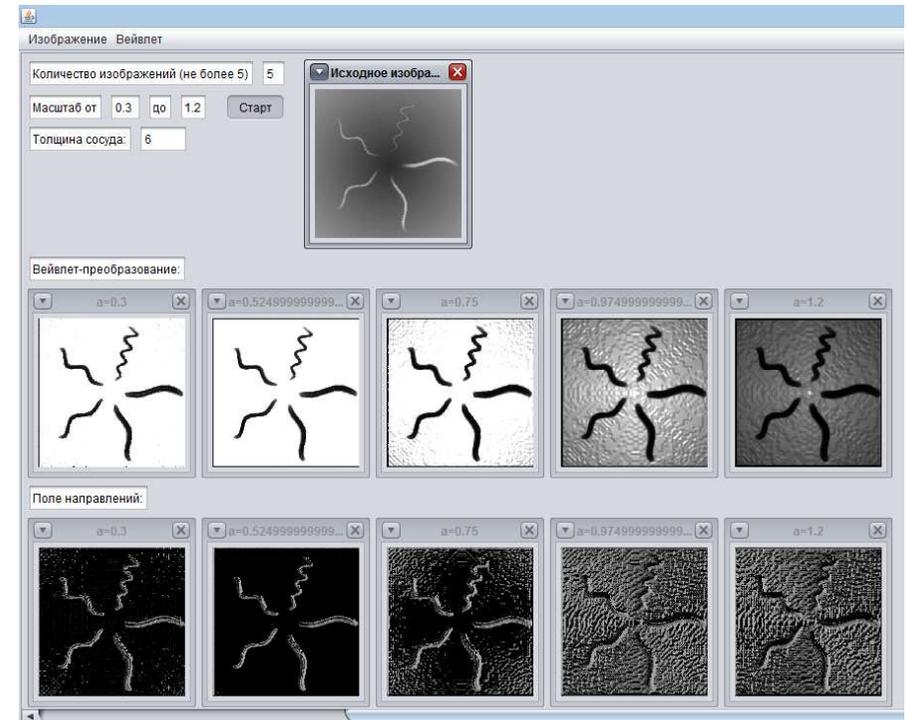


Рис.1. Пример формирования вейвлет-образов (верхний ряд изображений) к исходному (сверху) и соответствующих им полей направлений (нижний ряд)

В результате исследований было создано программное обеспечение, реализующие указанные выше вейвлет-преобразования, позволяющие сформировать поле направлений, выделить зоны сосудов и оценить их толщину. Экспериментальные исследования показали, что вейвлет-преобразование, использующее вейвлет, согласованный с моделью сосудов позволяет более эффективно производить выделение сосудов, по сравнению с вейвлетами Добеши и Морле. Цель дальнейших исследований – выделение на изображении глазного дна отличных от сосудов объектов [5], в частности, макулы, экссудат, с использованием вейвлет-преобразования для решения задачи автоматизации выделения областей интереса при проведении лазерной коагуляции глаза.

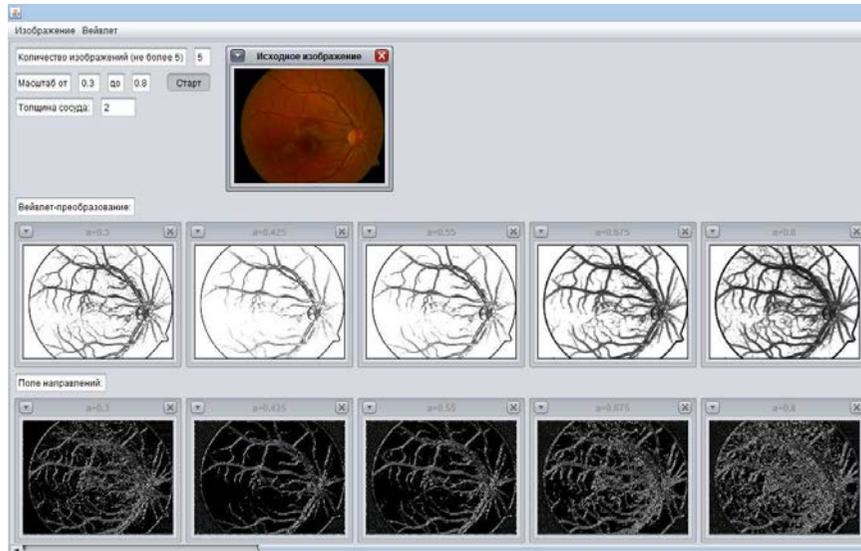


Рис.2. Выполнение преобразования над изображением глазного дна с использованием вейвлета, согласованного с моделью сосудов

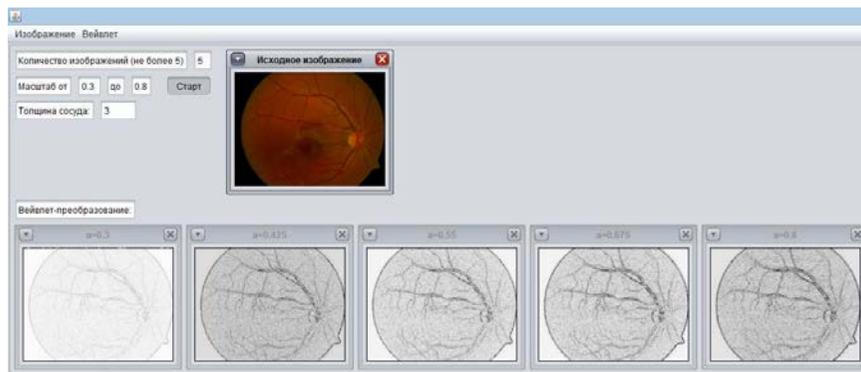


Рис.3. Результат работы вейвлета Морле

### Литература

1. Blood vessels segmentation in nonmydriatic images using wavelets and statistical classifiers / J. J. G. Leandro, J. V. B. Soares, R. M. Cesar and H. F. Jelinek. // *Computer Graphics and Image Processing, 2003. SIBGRAPI 2003. XVI Brazilian Symposium on*, 2003, pp. 262-269. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1241018&isnumber=27822>.

2. Fathi A., Naghsh-Nilchi AR. Automatic wavelet-based retinal blood vessels segmentation and vessel diameter estimation // *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 8, no. 1, pp. 71–80, 2013. URL:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1746809412000663>.

3. Ильясова Н.Ю., Куприянов А.В., Храмов А.Г. Информационные технологии анализа изображений в задачах медицинской диагностики. – М.: Радио и связь, 2012. – 424 с.

4. Mallat S. *A Wavelet Tour of Signal Processing*. 3 edition. Academic Press, 2008. 700 p.

5. A. Achuthan, M. Rajeswari, D. Ramachandram, M. E. Aziz, and I. L. Shuaib. Wavelet energy-guided level set-based active contour: A segmentation method to segment highly similar regions // *Computers in biology and medicine*, vol. 40, no. 7, pp. 608–620, 2010. URL:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010482510000697>.

А.В. Кузьмин

### ДИНАМИЧЕСКАЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕРДЦА

(Пензенский государственный университет)

Сердце человека представляет сложную систему, его рассмотрением с различных точек зрения занимаются различные науки. В настоящее время уровень развития информационных технологий позволяет строить развитые компьютерные системы, решающие прикладные задачи с использованием различных методов симуляции и отображения работы сердца, каких-то его аспектов. В числе этих задач:

- неинвазивная диагностика (моделирование и визуализация состояния сердца);

- интерактивное обучение (хирургические тренажеры, интерактивные атласы и др.);

- мониторинг (отображение состояния сердца);

- другие задачи (разработка игровых приложений и т.п.).

В основе создаваемых приложений лежит моделирование работы сердца в том или ином виде. В зависимости от задач выбирается конкретный тип математической модели, воспроизводящий определенный аспект работы сердца.

Можно условно разделить используемые модели разделить на классы:

- модели мгновенного состояния объекта;

- модели, описывающие развитие объекта во времени.

Рассматривая первый тип моделей, следует, в первую очередь, определиться с задачами моделирования.

Для неинвазивной диагностики сердца наиболее значимым является моделирование его электрической активности, так как наиболее распространенным на сегодняшний день является электрокардиографический