



МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ МНОГОМЕРНОГО ОБРАЗА СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

И. А. КОЧЕТКОВА¹

В.М. ДОВГАЛЬ¹

В. М. НИКИТИН²

Е. А. ЛИПУНОВА²

¹⁾ *Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова*

e-mail: IneSuan@gmail.com

e-mail: VMDovgal@yandex.ru

²⁾ *Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

e-mail: lipunova@bsu.edu.ru

e-mail: nikitin@bsu.edu.ru

Проводится описание алгоритма построения многомерного виртуального образа состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) пациента, используемого для решения задачи распознавания её патологий на основе исследования топологии взаимного расположения и коллизий пересечения двумерных образов состояния ССС. При этом двумерные образы состояния ССС формируются путём k -кратного проецирования построенного многомерного образа на плоскость, совпадающую с плоскостью экрана многоцветного видеомонитора.

Ключевые слова: информационная поддержка принятия решения, распознавание образов, визуализация, проекция, многомерный виртуальный образ, диагноз, геометрический метод, интерпретация.

Решение задачи распознавания (диагностики) состояния пациента в целом и его основных систем, включая сердечно-сосудистую систему, основывается на анализе и интерпретации имеющихся данных о текущем состоянии пациента и его истории болезни. В настоящей статье рассматривается один из возможных подходов к решению задачи автоматизации процедуры распознавания состояния ССС пациента по предварительно построенному многомерному виртуальному образу $AN(t)$. Инициативные исследования, проведенные авторским коллективом, показали возможность решения упомянутой выше задачи на основе геометрического метода формирования и распознавания многомерных образов сложных систем [1-3]. Одной из основных процедур данного метода является процедура формирования двумерного образа состояния ССС пациента ($A_2(t)$), представляющего собой проекцию $AN(t)$ на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора. Также показано, что визуализация $A_2(t)$ позволяет повысить эффективность обработки большого объема кардиологической, и физиологической информации, комфортность восприятия и наглядность представления текущего состояния пациента, а также исключить грубые ошибки диагностики.

Проведём детальный анализ процесса решения задачи определения текущего состояния ССС пациента, включая возможность автоматизации этого процесса, по результатам анализа $AN(t)$ и $A_2(t)$. Для этого допустим, что состояние пациента оценивается по некоторому конечному множеству N , неинвазивно и инвазивно измеряемых оцифрованных мгновенных значений различных клинических данных в физических величинах, которые можно представить как N -мерное пространство состояния [3]. В данном N -мерном пространстве строят виртуальные объемные модели различных нозологических форм болезней – V_i в виде M -геометрических мест точек, где M – количество заболеваний; $i=1; 2; 3...$ [2]. Координаты точек в каждом из M -геометрических мест можно представить как набор конкретных мгновенных значений различных клинических данных, описываю-



щих характерную клинико-морфологическую картину соответствующего заболевания. Для дальнейшего анализа состояния ССС каждую точку каждого V_i проецируют на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора, в следствии чего формируются двумерные модели различных нозологических форм болезней – B_{2i} , которые затем визуализируют. Делают заключение о состоянии ССС по результатам проверки выполнения условий:

$$A_2(t) \subset B_{2i} \text{ или } A_2(t) \not\subset B_{2i}. \quad (1)$$

Однако в N – мерном пространстве состояний объёмные образы заболеваний V_i могут совпадать по целому ряду клинических данных, в связи с этим может происходить совпадение или частичное пересечение B_{2i} друг с другом. Другими словами, возможна ситуация, когда мгновенное значение $A_2(t)$ находится в области пересечения двух и более B_{2i} . Это обуславливает неоднозначность принимаемых управленческих решений.

В предлагаемом подходе [3] исключение упомянутой неоднозначности принятия управленческого решения о конкретном текущем состоянии ССС осуществляют на основе формирования достаточной совокупности ($A_2^k(t)$) и совокупностей двумерных моделей различных нозологических форм болезней (B_{2i}^k). Данные совокупности $A_2^k(t), B_{2i}^k$ формируют путём соответствующих k -переносов начала координат N -мерного пространства состояния в выбранные экспертом точки на плоскости многоцветного экрана где $k=1; 2; 3; \dots j$ [2]. После каждого такого переноса начала координат формируют $A_2^k(t)$ и B_{2i}^k путём проецирования $AN(t)$ и V_i , описанным выше способом, на плоскость $\{X'; Y'\}$, содержащую новое начало координат (см. рис. 1). После каждого k -го переноса начала координат N -мерного пространства состояния ССС и формирования $A_2^k(t)$ и B_{2i}^k исследуют топологию взаимного расположения B_{2i} и коллизии пересечения $A_2^k(t)$ с B_{2i} . Принимают решение о достаточности совокупностей $A_2^k(t), B_{2i}^k$, по результатам проверки выполнения условий:

$$A_2^k(t) \subset B_{2i}^k \text{ или } A_2^k(t) \not\subset B_{2i}^k. \quad (2)$$

Прекращают формирование $A_2^k(t)$ и B_{2i}^k , когда $A_2^k(t)$ принадлежит только одному из B_{2i}^k или выполняется условие $A_2(t) \not\subset B_{2i}$. Отметим, что выбор положения точки начала при k -ом переносе координат осуществляют по результатам анализа топологии взаимного расположения и коллизий пересечения двумерных образов состояния ССС на k -1-ом этапах проецирования. Также прекращают процесс формирования совокупностей $A_2^k(t), B_{2i}^k$ в случае, если B_{2i}^k после $k+j$, где $j=1, 2, 3, \dots$, процедур проецирования остаются полностью или частично неразделёнными, а $A_2^k(t)$ принадлежит области их пересечения. В этом случае одним из возможных подходов достижения однозначного управленческого решения состоит в создании информационной избыточности путём увеличения числа независимых признаков, по которым будет оцениваться текущее состояние ССС.

Для примера, на рис. 1а иллюстрируется топология взаимного положения на плоскости $\{X', Y'\}$ двумерного образа состояний, соответствующая моменту времени $t_1 - A_2(t_1)$ относительно двух виртуальных двумерных моделей нозологических форм болезней – B_{21} и B_{22} при k -ом переносе начала координат N -мерного пространства состояния (см. рис. 1). Анализ рис. 1а показывает, что на момент времени t_1 после k -го переноса начала координат N -мерного пространства состояния не может быть однозначно определено заболевание так, как $A_2(t_1)$ попадает в область пересечения B_{21} и B_{22} . Для

исключения данной неоднозначности принятия решения о заболевании, осуществляют процедуру $k+1$ -го переноса координат в выбранную экспертом точку на плоскости $\{X', Y'\}$, после чего формируют описанным выше способом $A'_2(t_1), B'_{21}$ и B'_{22} . Топология взаимного положения двумерного образа состояний, соответствующая моменту времени $t_1 - A'_2(t_1)$ относительно двух виртуальных двумерных моделей нозологических форм болезней – B'_{21} и B'_{22} после $k+1$ переноса начала координат N -мерного пространства состояния иллюстрируется на рис. 1б. Анализ рис. 1б показывает, что на момент времени t_1 после $k+1$ переноса начала координат N -мерного пространства состояния виртуальные двумерные модели нозологических форм болезней – B'_{21} и B'_{22} пространственно полностью разделены, а $A'_2(t_1)$ принадлежит только B'_{22} . Такая топология взаимного положения B'_{21}, B'_{22} и $A'_2(t_1)$ позволяет поставить однозначный диагноз.

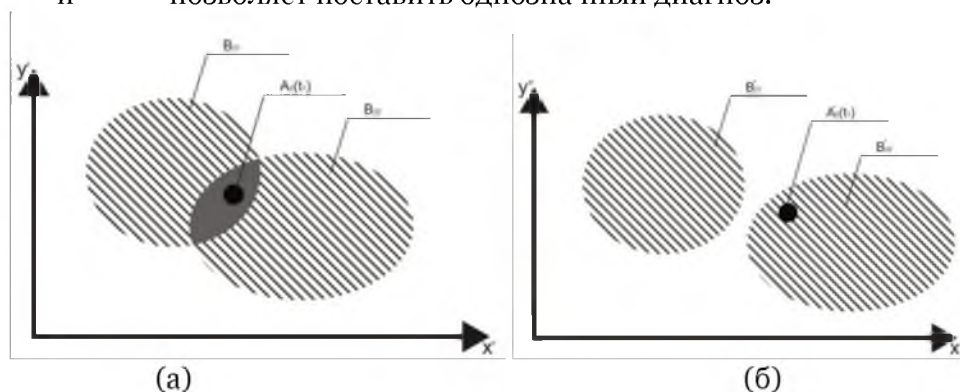


Рис. 1. Топология взаимного положения на плоскости $\{X', Y'\}$, совпадающей с плоскостью многоцветного экрана видеомонитора, двумерного образа состояний и двух виртуальных двумерных моделей нозологических форм болезней, соответствующая моменту времени t_1 : (а) – после k -го переноса начала координат N -мерного пространства состояния – $A'_2(t_1), B'_{21}$ и B'_{22} , соответственно; (б) – после $k+1$ -го переноса начала координат N -мерного пространства состояния –

$$A''_2(t_1) \text{ и } B''_{21}, B''_{22}, \text{ соответственно}$$

Для оценки динамики изменения состояния определяют значения величин $\Delta_\tau = A_2(t_1) - A_2(t_2)$ и $d\Delta_\tau/d\tau$ для заданного временного интервала. Полученные значения Δ_τ и $d\Delta_\tau/d\tau$, а также результаты периодической проверки выполнения условий $A_2(t) \not\subset B_{2i}$ и $A_2(t) \subset B_{2i}$ на заданном временном интервале позволяют не только оценить текущее состояние, но и сделать прогноз изменения этого состояния, включая возможность осуществления этой процедуры автоматически. Так, например, на рис. 2 иллюстрируется одно из возможных изменений топологии взаимного положения $A'_2(t_1)$ относительно $B'_{21}; B'_{22}$ за интервал времени $\Delta = t_2 - t_1$.

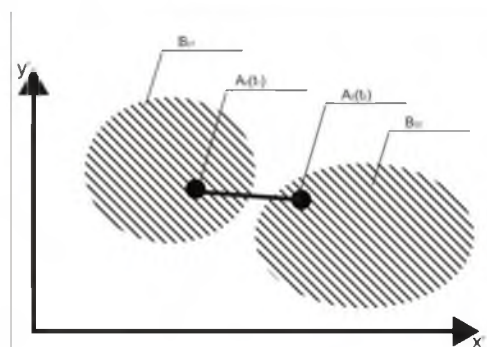


Рис. 2. Динамика изменения на плоскости $\{ X', Y' \}$ многоцветного экрана видеомонитора места локализации мгновенного положения двумерного образа состояний точки $A_2(t_i)$ относительно двух виртуальных двумерных моделей нозологических форм болезней – B'_{21} и B'_{22} за интервал времени $\Delta_t = t_2 - t_1$

На рис. 2 графически представлена динамика протекания процессов изменения состояния отображается как изменение места локализации точки $A_2'(t_i)$ где $i=1;2;3;...$, характеризующей состояние конкретного пациента, относительно сформированных двумерных моделей нозологических форм болезней – B'_{21} и B'_{22} за интервал времени $\Delta_t = t_2 - t_1$.

Таким образом, предлагаемый авторским коллективом метод формирования и визуализации многомерного образа состояния ССС пациента, можно рассматривать как новый подход к организации информационной поддержки принятия медицинских решений, включая раннюю диагностику, позволяющий автоматизировать оперативный контроль и анализ закономерности изменения возникающих в организме человека патологий.

Исследования проведены при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (2009-2013 г.г.), государственный контракт №16.740.11.0045 от 01.09.2010.

Литература

1. Кочеткова И.А. Способ формирования многомерного состояния сердечно-сосудистой системы и его визуализации / И.А. Кочеткова, В.М. Довгаль, В.М. Никитин, Е.А. Липунова (заявка на изобретение № RU 201111859 на выдачу патента, дата приоритета 27.04.2011).
2. Кочеткова И.А. Использование геометрических методов распознавания образов для поддержки принятия решений врача диагноста / И.А. Кочеткова // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-23, [текст]: сб. трудов XXIII Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 6. Секция 7 / под общ. ред. В.С. Балакирева. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. – С. 155-157.
3. Кочеткова И.А., распознавание протяженно-распределенных образов состояния сердечно-сосудистой системы пациента методом сечения парой параллельных гиперплоскостей / И.А. Кочеткова // Научное творчество XXI века [текст]: сб. трудов IV всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием: в 2 т. Т.2./ под общ. ред. Я.А. Максимова. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2011. – С. 97-98.



METHOD OF VISUALIZATION AND RECOGNITION OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM STATE BY ITS MULTIDIMENSIONAL IMAGE

I.A. KOCHETKOVA¹

V.M. DOVGAL¹

V.M. NIKITIN²

E.A. LIPUNOVA²

*¹⁾Belgorod Shukhov State
Technological University*

e-mail: IneSuan@gmail.com

e-mail: VMDovgal@yandex.ru

*²⁾Belgorod National Research
University*

e-mail: lipunova@bsu.edu.ru

e-mail: nikitin@bsu.edu.ru

Describe an algorithm for constructing multi-dimensional virtual image of the cardiovascular system (CVS) of the patient, which is used to solve the problem of recognition of its pathology based on the study of the topology and relative position of two-dimensional images of the intersection collision state CVS. This two-dimensional images are formed by states CVS k-fold multi-dimensional projection of the constructed image of the plane, which coincides with the plane of the display multicolor video monitor.

Key words: information support for decision-making, image recognition, visualization, multi-dimensional image, the diagnosis, the geometric method, interpretation.