

УДК 004.89

ОВЕРЛЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ПАЦИЕНТА В МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Крошилин А.В., Крошилина С.В., Жулёва С.Ю.

*ГОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет»,
Рязань, e-mail: alfzdrprog@mail.ryazan.ru, rgrta@rgrta.ryazan.ru*

Использование медицинских систем поддержки принятия решений в объемных, трудно формализуемых задачах в медицинских предметных областях характеризуется, как правило, неполнотой и нечеткостью исходной информации, а также сложностью нахождения компромиссного решения в случаях неразрешимости исходной задачи. Эффективным решением этих задач является использование современными технологиями интеллектуальной поддержки принятия медицинских решений с применением теории семантических сетей и теории нечетких множеств в сочетании с интуицией врача, принимающего решение, мнения экспертов предметной области при построении правил логического вывода. В статье излагаются особенности построения оверлейной модели пациента при автоматизированной оценке состояния здоровья пациентов в информационных системах на основе семантических сетей при построении предметной области. Применен аппарат нечетких множеств. Предложенная модель может быть адаптирована под разные предметные области.

Ключевые слова: медицинские системы поддержки принятия решений, нечеткая логика, построение модели, семантическая сеть

OVERLAY MODEL OF THE PATIENT IN MEDICAL SYSTEMS OF DECISION MAKING SUPPORT

Kroshilin A.V., Kroshilina S.V., Zhuleova S.Y.

*The Ryazan state radio engineering university, Ryazan,
e-mail: alfzdrprog@mail.ryazan.ru, rgrta@rgrta.ryazan.ru*

Use of of medical systems of decision making support in volume, difficult formalizable tasks in medical subject domains is characterized, as a rule, by incompleteness and an illegibility of initial information, and also complexity of finding of the compromise solution in cases of unsolvability of an initial task. The effective solution of these tasks is use by modern technologies of intellectual support of adoption of medical decisions with application of the theory of semantic networks and theories of indistinct sets in combination with intuition of the doctor making the decision, opinions of experts of subject domain at creation of rules of a logical conclusion. In article features of creation of overlay model of the patient at the automated assessment of a state of health of patients in information systems on the basis of semantic networks at creation of subject domain are stated. The device of indistinct sets is used. The offered model can be adapted under different subject domains.

Keywords: medical systems of decision making support, fuzzy logic, building to models, semantic network

В настоящее время медицинские учреждения, в частности диспансеры, в своей работе применяют различные автоматизированные информационные системы, позволяющие накапливать и хранить большие объемы медицинской информации, которая с успехом может использоваться при проектировании автоматизированных систем поддержки принятия медицинских решений (СППМР). Оценка состояния здоровья пациентов затруднительна в связи с неполнотой и нечеткостью как исходной информации, так и достигаемых целей [2, 4], что делает необходимым применение при построении таких систем теории нечетких множеств. Для решения задач подобного рода хорошо подходит теория семантических сетей на основе универсальных алгебр для формализации знаний предметной области в системе. Главная проблема при построении информационных СППМР – представление и использование знаний, которыми облада-

ют инженеры по знаниям, т.е. люди, имеющие существенный и положительный опыт при решении задач определенного класса. Также для системы необходимо построить модель пациента, которая будет определять текущее состояние пациента [4]. В связи с этим решаемая в предлагаемой работе задача, направленная на создание автоматизированной системы поддержки принятия медицинских решений, является актуальной.

Целью исследования является представление медицинской предметной области с помощью семантической сети и построение оверлейной модели пациента для формализации методики автоматизированной оценки состояния пациента на основе СППМР.

При построении СППМР на основе нечеткой логики [2] для понимания природы оценки состояния здоровья пациента за основу был взят набор обычных лечебных процессов, хранящийся в хорошо апробированной на практике базе данных [3, 1],

который затем был дополнен другими лечебными процессами, на которые наложены различные допущения и ограничения. Функционирование СППМР основывается на: модели предметной области, построенной медицинскими экспертами совместно с экспертами по знаниям; результатах опроса пациентов лечащим врачом; данных предварительного обследования пациентов; результатах измерений медицинской аппаратурой; формализованных медицинских выводах и закономерностях; моделях пациента и действий, производимых с пациентом [3, 5].

Представление предметной области на основе семантической сети

В СППМР семантическую сеть, соответствующую модели медицинской предметной области (ПрО), можно представить двойкой следующего вида:

$$S_{\text{ПрО}} = \{G, U\}, \quad (1)$$

где G – множество объектов ПрО (ситуация для анализа и набор действий); U – множество дуг, которые осуществляют связь объектов ПрО. Каждая из дуг представляет собой отношения между ситуациями или взаимную связь между ситуациями (указывается степень зависимости одной ситуации от другой), а также взаимосвязь ситуаций и действий из медицинской ПрО. Для наиболее адекватного представления реальной картины мира в системах представления знаний модель ПрО необходимо представлять на базе нечеткой логики с нечеткими объектами и отношениями между ними, для чего требуется определить нечеткий объект, задав при этом его неопределенные и фиксированные атрибуты, а также модель с соответствующими нечетким и четким множествами.

Следующим образом можно представить объект G_i семантической сети:

$$G_i = \{I, P, U_{G_i}\}, \quad (2)$$

где I – название объекта ПрО (заголовок ситуации для анализа или набора действий); P – множество понятий (медицинские показатели), связанных или входящих в объект; U_{G_i} – множество, которое содержит значения отношений между названием объекта I и понятиями P , при этом

$$U_{G_i} = \{T, U_{IP}^g\},$$

где T – тип объекта ПрО; U_{IP}^g – нечеткое подмножество, определяющее степень зависимости между понятием и объектом. Тип объекта T определяет два вида объекта ПрО: $T = \{t_1, t_2\}$, где t_1 – ситуация, t_2 – набор действий. Определим U_{IP}^g :

$$U_{IP}^g = \left(\mu_{U_{IP}^g}(P_j, I) \mid P_j \in P, I \in G_i \right), \quad (3)$$

где $j = 1 \dots n$; P_j – понятие, принадлежащее объекту G_i ; n – количество понятий в объекте. Согласно вышесказанному, объект ПрО G_i может быть поставлен в соответствие объекту \tilde{G}_i с фиксированными и неопределенными атрибутами:

$$\tilde{G}_i = \left\{ I_i, P_1, \dots, P_n, t_{P_1}, \dots, t_{P_n}, \left\{ \mu_{\tilde{G}_i}(I_i, P_1), \dots, \mu_{\tilde{G}_i}(I_i, P_n) \right\} \right\}, \quad (4)$$

где I_i – информационная часть i -го объекта; P_i – множество понятий, принадлежащих i -му объекту; t_{P_i} – тип объекта ПрО; $\mu_{\tilde{G}_i}(I_i, P_i)$ – отношение близости между понятием P_i и названием объекта I_i . Если исходить из предложенной схемы построения узла семантической сети интеллектуальной медицинской системы анализа статистической информации, зависимость между узлами будем строить на основе связей между понятиями, принадлежащими объектам ПрО. Представим нечеткое отношение следующего вида:

$$U_{P_{ij}} = \mu_s(P_i, P_j). \quad (5)$$

Это отношение определяет степень близости между понятиями. На его базе образуется нечеткое подмножество U_p :

$$U_p = \left\{ P_i, P_j, \mu_s(P_i, P_j) \mid P_i, P_j \in P; i, j = 1 \dots N \right\}, \quad (6)$$

где N – количество понятий в ПрО интеллектуальной медицинской системы анализа статистической информации.

Представление модели пациента

Под моделью пациента (МП) будем понимать знания СППМР о пациенте, используемые для организации процесса выборки и выдачи информации, необходимой врачу-пользователю. МП – модель актуального на настоящий момент состояния знаний (о пациенте и ситуации для анализа), представляет собой «идеальную» модель знаний о пациенте, включающую знания о ПрО, когнитивных механизмах и типичных ошибках [5]. МП должна включать следующие знания: общая характеристика пациента как физического и социального индивидуума, не зависящая от ПрО (возраст, пол, социальное положение, специальность, уровень образования и т.п.); значимость полученных рекомендаций из найденных наборов для пациента (т.е. насколько полно пациенту подходят рекомендации для дальнейших действий); история хранения информации о пациенте в системе. Требованием к начальному состоянию МП является полный набор формализованных знаний по

состоянию пациента до начала его обследования и лечения (включая данные анамнеза и данные истории болезни, если у пациента рецидив).

Первоначально модель пациента – пустое множество или множество понятий (или ситуаций для анализа), по которым пациенту необходимо получить рекомендации. Формирование модели происходит пошагово. Изначально на основании общей модели ПрО (модели знаний и умений инженера по знаниям в ПрО) осуществляется формулировка задачи, которая вместе с результатом решения и его анализом описывает ситуационную модель (оценка понятий, включенных в ситуацию для анализа). Индуктивным обобщением ситуационной модели является некоторый вариант частной модели пациента. При индуктивном обобщении используются знания пользователя. Затем частная модель пациента объединяется с текущей моделью, образуя новую модель пациента.

Существует несколько видов моделей пациента, различают фиксирующие и имитационные модели. Группа величин, которые характеризуют состояние знаний о пациенте, – это первый вид модели, а вторые воссоздают представления о пациенте в терминах ПрО.

Модель пациента, используемая в СППМР, представляет собой сетевую модель, которая является более гибкой. Она представляется графом, дуги которого соот-

ветствуют отношениям между понятиями, а узлы этого графа являются понятиями. Каждой дуге и узлу сопоставляется некоторый набор величин или величина, характеризующая степень значимости данного понятия в модели пациента, при этом допустимо наследование величин. Такая модель пациента получила название оверлейной (перекрывающейся), так как является подмножеством (перекрытием) модели эксперта-предметника (рис. 1).

Сетевая модель пациента в СППМР определяет множество ситуаций для анализа, подходящих пациенту, а также множество наборов действий (из базы знаний), рекомендованных пациенту согласно ситуациям для анализа и весовым оценкам понятий, а также все понятия из ПрО, определенные (оцененные) для этого пациента.

Если для пациента необходимо найти набор действий в базе знаний, то определяющим элементом модели будет множество ситуаций для анализа. В ситуации для анализа хранятся понятия с весовыми коэффициентами, которые определяют важность (значимость) понятия для пациента. Формирование модели пациента в указанном случае производится на основе ситуаций для анализа, понятий, включенных в данные ситуации, и набора действий, представленных в базе знаний. Начальное состояние модели пациента определяется в зависимости от типа работы СППМР (ознакомительной или поисковой).

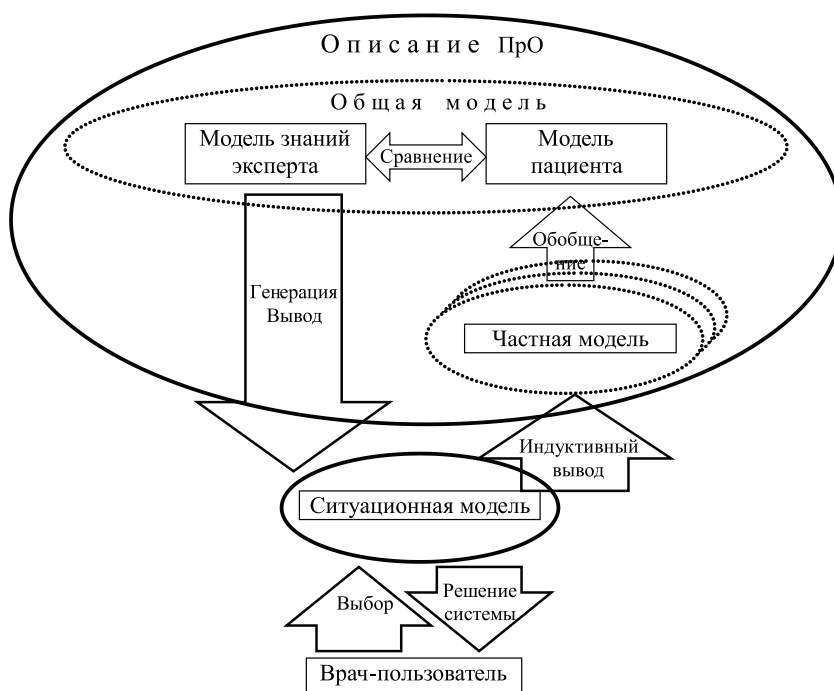


Рис. 1. Формирование оверлейной модели пациента

Ознакомительный тип – работа врача – пользователя системы, не ставящего перед собой конкретной задачи нахождения решения для конкретной ситуации и носящая характер ознакомления с СППМР, с ее предметными областями и ситуациями для анализа. В указанном случае модель пациента состоит из множества всех ситуаций для анализа интеллектуальной медицинской системы и множества всех понятий, включенных в них, с весовыми коэффициентами, равными единице.

Поисковый тип – работа врача-пользователя, имеющего конкретную ситуацию по пациенту, т.е. ситуацию для анализа согласно набору понятий, входящих в неё, с весовыми коэффициентами, и имеющего своей целью найти информацию (набор действий). Этот набор представляет собой первоначальную модель пациента (*МП*) – ситуации для анализа и множество понятий, весовые коэффициенты которых определяют важность (значимость) указанного понятия для конкретного пациента:

$$МП = \langle G', P', W' \rangle, \quad (7)$$

где G' – множество ситуаций для анализа, относящихся к пациенту; P' – множество понятий, относящихся к пациенту; W' – множество значений, которые определяют важность понятий для этого конкретного пациента. Когда врач-пользователь интересуется следующей ситуацией для анализа, происходит изменение модели пациента, производится добавление множества понятий из ситуации для анализа G_i в модель пациента *МП*, при этом изменяются значения, определяющие важность понятий (только для ситуации, включенной в *МП*):

$$МП = МП_{\Pi} + G_i = \langle G', P'_{\Pi} + P_g, W' \rangle, \quad (8)$$

где $МП_{\Pi}$ – модель пациента на предыдущем шаге; P'_{Π} – множество понятий модели пациента на предыдущем шаге; P_g – множество понятий, определенных в G_i ситуации; $W' = \{w_i\}$ – множество значений, определяющих значимость понятия. Величина значимости w_i – среднее значение близости понятия к информационной части ситуации μ_{G_i} и величины близости понятия пациента w_{Π} на предшествующем шаге:

$$w_i = \frac{w_{\Pi} + \mu_{G_i}}{2}. \quad (9)$$

Ситуация, выбранная пользователем, исключается из дальнейшего рассмотрения. Аналогичные изменения происходят с *МП* при нахождении набора действий согласно запросу пользователя. Следовательно, *МП* – множество найденных пользователем набо-

ров действий, множество использованных ситуаций для анализа и множество понятий *ПрО*, определенных (оцененных) пользователем. Построенную *МП* можно представить как единый узел (информационную ситуацию) семантической сети базы знаний СППМР (рис. 2).

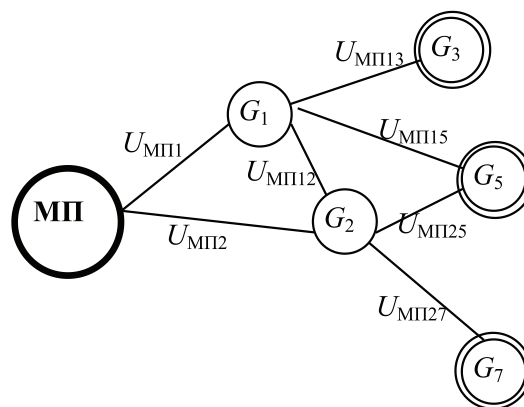


Рис. 2. Семантическая сеть с наложением модели пациента

Далее, на основе понятий, принадлежащих *МП*, формируются отношения $U_{МП}$ между ситуациями для анализа, наборами действий семантической сети *ПрО* и моделью пациента. Таким образом, модель пациента представляется множеством понятий, используемых с определенными весовыми коэффициентами значимости.

Заключение

Предложена методика формирования медицинской *ПрО* на основе семантической сети и оверлейной *МП* в СППМР для модели комплексной оценки состояния здоровья пациента, которая позволяет осуществлять адекватную поддержку в принятии медицинских решений на основе данных медицинского контроля, статистических данных, истории болезни.

Приведено определение семантической сети на основе универсальной алгебры, применяемой для формализации представления модели знаний в медицинской *ПрО*. Описаны нечеткие множества для приближенных рассуждений и обработки неопределенности, а также дано определение нечетких объектов, предназначенных для создания модели знаний медицинской *ПрО*. Описан способ формирования оверлейной модели пациента, приведена архитектура модели пациента для СППМР и основные типы моделей пациента. На базе представленной теории разработана новая интеллектуальная аналитическая система поддержки принятия решений «Диспансер» [1, 6] для

сбора экспертной информации и статистического анализа данных на основе семантической сети. Созданная система может применяться как отдельно, так и в составе других систем. Система была успешно апробирована и внедрена в Рязанском областном клиническом противотуберкулезном диспансере.

Список литературы

1. Виноградова Л.И., Долженко Е.Н., Крошилин А.В., Сабгайда Т.П., Цыбикова Э.Б. Оценка факторов риска, влияющих на результаты лечения впервые выявленных больных туберкулезом легких // Туберкулез и болезни легких. – 2014. – № 12. – С. 40–46.
2. Долженко Е.Н., Жулева С.Ю., Крошилин А.В., Пылькин А.Н. Поддержка принятия решений на основе нечеткой логики в системах медицинского назначения // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2015. – № 7. – С. 60–70.
3. Долженко Е.Н., Крошилин А.В., Крошилина С.В. Построение методики автоматизированной оценки состояния здоровья пациента // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6 (часть 1). – С. 128–132.
4. Крошилин А.В., Крошилина С.В., Пылькин А.Н. Глава 2. Автоматизированная информационная система медицинского учреждения на основе нечеткой логики «Эксперт» // Математические и компьютерные методы в медицине, биологии и экологии: коллективная монография. – Вып. 3. – Пенза: Приволжский дом знаний; М.: МИЭМП, 2014. – С. 31–39.
5. Крошилин А.В., Крошилина С.В. Построение модели оценки состояния здоровья пациента в нечетких медицинских экспертных системах // Вестник РГРТУ. – 2012. – № 41. – С. 64–70.
6. Крошилин А.В. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2010612339 Интеллектуальная аналитическая система мониторинга пациентов на основе нечеткой кластеризации для медицинских учреждений «Диспансер» ver. 4.0 (ИАС МП «Диспансер» ver. 4.0), зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 31.03.2010 г.

References

1. Vinogradova L.I., Dolzhenko E.N., Kroshilin A.V., Sabgajda T.P., Cybikova Je.B. Ocenka faktorov riska, vlijajushhих na rezultaty lechenija v pervыe vyjavlennyh bolnyh tuberkulezom legkih // Tuberkulez i bolezni legkih. 2014. no. 12. pp. 40–46.
2. Dolzhenko E.N., Zhuleva S.Ju., Kroshilin A.V., Pylkin A.N. Podderzhka prinjatija reshenij na osnove nechetkoj logiki v sistemah medicinskogo naznacheniya // Biomedicinskaja radiojelektronika. 2015. no. 7. pp. 60–70.
3. Dolzhenko E.N., Kroshilin A.V., Kroshilina S.V. Postroenie metodiki avtomati-zirovannoj ocenki sostojanija zdorovja pacienta // Fundamentalnye issledovanija. 2012. no. 6 (chast 1). pp. 128–132.
4. Kroshilin A.V., Kroshilina S.V., Pylkin A.N. Glava 2. Avtomatizirovannaja in-formacionnaja sistema medicinskogo uchrezhdenija na osnove nechetkoj logiki «Jekspert» // Matematicheskie i kompjuternye metody v medicine, biologii i jekologii: kolektivnaja monografija. Vyp. 3. Penza: Privolzhskij dom znanij; M.: MIJeMP, 2014. pp. 31–39.
5. Kroshilin A.V., Kroshilina S.V. Postroenie modeli ocenki sostojanija zdorovja pacienta v nechetkih medicinskih jekspertnyh sistemah // Vestnik RGRTU. 2012. no. 41. pp. 64–70.
6. Kroshilin A.V. Svidetelstvo o gosudarstvennoj registracii programm dlja JeVM no. 2010612339 Intellectualnaja analiticheskaja sistema monitoringa pacientov na osnove nechetkoj klasterizacii dlja medicinskih uchrezhdenij «Dispanser» ver. 4.0 (IAS MP «Dispanser» ver. 4.0), zaregistrirovana v Reestre programm dlja JeVM 31.03.2010 g.

Рецензенты:

Пылькин А.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Вычислительная и прикладная математика», ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет», г. Рязань;

Жулёв В.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Информационно-измерительная и биомедицинская техника», ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет», г. Рязань.