

ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПАЦИЕНТА

¹Крошилин А.В., ¹Крошилина С.В., ¹Пылькин А.Н., ²Долженко Е.Н.

¹ГОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет»,
Рязань, e-mail: alfzdrprog@mail.ryazan.ru;

²ГУЗ «Рязанский областной клинический противотуберкулезный диспансер»,
Рязань, e-mail: Dolgenko@rokptd.ryazan.ru

Использование систем поддержки принятия решений в объемных, трудно формализуемых задачах в различных предметных областях характеризуется, как правило, отсутствием или сложностью формальных алгоритмов решения, неполнотой и нечеткостью исходной информации, нечеткостью достигаемых целей, а также сложностью нахождения компромиссного решения в случаях неразрешимости исходной задачи. Эффективным решением этих задач является использование интуиции лица, принимающего решение, мнения экспертов и аналитиков в сочетании с современными технологиями интеллектуальной поддержки принятия решений с применением теории нечетких множеств. В статье излагаются особенности построения методики автоматизированной оценки состояния здоровья пациентов в информационных системах на основе нечеткой логики с использованием накопленной статистической информации. Применен аппарат нечетких множеств. Предложенная модель может быть адаптирована под разные предметные области.

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

BUILDING OF THE METHODS OF THE AUTOMATIC ESTIMATION OF THE PICTURE OF HEALTH PATIENT

¹Kroshilin A.V., ¹Kroshilina S.V., ¹Pylkin A.N., ²Dolzhenko E.N.

¹The Ryazan state radio engineering university, Ryazan, e-mail: rgrta@rgrta.ryazan.ru;

²The Ryazan regional clinical antitubercular clinic, Ryazan, e-mail: Dolgenko@rokptd.ryazan.ru

Use of systems of support of decision-making for the decision of volume, difficultly formalizable problems in various subject domains are characterized, as a rule, by absence or complexity of formal algorithms of the decision, incompleteness and an illegibility of the initial information, an illegibility of the reached purposes, and also complexity of a finding of the conciliatory proposal in cases of unsolvability of an initial problem. The effective decision of this problem is use of intuition of the person making the decision, opinions of experts and analysts in a combination to modern technologies of intellectual support of decision-making to application of the theory of indistinct sets. The particularities of the building of the methods of the automatic estimation of the condition patient are Stated in information system on base of the ill-defined logic with use dug statistical information are stated. The Applying device of the fuzzy sets. The Offered model can be adapted under application domain miscellaneous.

Keywords: decision support system, fuzzy logic, building to models, semantic network

Практика свидетельствует о том, что современные медицинские учреждения, в частности диспансеры, в своей работе применяют различные автоматизированные информационные системы, позволяющие накапливать и хранить большие объемы медицинской информации. Однако, несмотря на значительность полученных результатов в области обработки медицинской информации, ее использование в интересах создания автоматизированных систем оценки состояния здоровья пациентов затруднительно в связи с неполнотой и нечеткостью исходной информации, а также нечеткостью достигаемых целей [6]. В связи с этим, решаемая в предлагаемой работе задача, направленная на создание автоматизированной системы поддержки принятия медицинских решений, является актуальной.

Целью исследования являются создание и экспериментальное обоснование методики автоматизированной оценки состояния пациента и выбор метода его лечения

на основе системы поддержки принятия решений на базе эффективного анализа статистических данных.

При построении системы поддержки принятия решений на основе нечеткой логики (СППР НЛ) для понимания природы оценки медицинского решения за основу был взят набор обычных лечебных процессов, хранящийся в базе данных, хорошо апробированной на практике. Далее этот набор был расширен другими лечебными процессами, на которые налагаются различные ограничения и допущения, в частности, использование других лекарств, их доз и схем применения. Таким образом, автоматизированная оценка состояния здоровья пациента функционирует, используя результаты опроса пациентов лечащим врачом; данные предварительных обследований пациентов; результаты измерений, имеющейся аппаратурой, формализованные медицинские выводы и закономерности. Формирование предложенной методики автоматизирован-

ной оценки состояния пациента основывается на следующих утверждениях.

Утверждение 1. В разрабатываемой СППР НЛ семантическая сеть, соответствующая общей модели состояния пациента, задается как двойка следующего вида:

$$S = \langle G, U \rangle, \quad (1)$$

где G – множество характеристик (химические, физические и микробиологические параметры как внешних, так и внутренних факторов состояния здоровья пациента; состояние эпидемиологической ситуации вокруг пациента и условий его лечения) и т.д. [4], U – множество дуг, связывающих характеристики в модели состояния пациента. Множество характеристик G можно представить в виде набора объединения нескольких множеств:

$$G = G_1 \cup G_2 \cup G_3 \cup G_4 \cup G_5, \quad (2)$$

где G_1 – характеристики эпидемиологической ситуации; G_2 – характеристики медицинского учреждения; G_3 – характеристики состояния здоровья пациента; G_4 – характеристики оборудования, применяемого при обследовании пациентов; G_5 – характеристики курса лечения и т.д. Множество характеристик G состоит из объектов G_i семантической сети:

$$G_i = \{I, P, U_{Gi}\}, \quad (3)$$

где I – название характеристики в модели состояния здоровья пациента, P – множество атрибутов, входящих или связанных с характеристикой, U_{Gi} – множество отношений между атрибутами P и характеристиками I .

Утверждение 2. Под лечением пациента в медицинском учреждении понимается возможность оценки состояния здоровья пациента согласно определенной структурной схеме, на основе решения некоторого набора задач. Для оценки состояния здоровья пациента может быть выделено множество действий, выполняемых врачом для лечения пациента M :

$$M = \{M_i\}. \quad (4)$$

Множество M_i состоит из трех частей, как и выполнение каждого действия врачом.

$$G_i = \{G', W_i, U_{Mi}\}, \quad (5)$$

где G' – набор значений некоторого множества характеристик:

$$G' = \{G_k\}, \quad G_k \subset G, \quad (6)$$

где G' – множество характеристик, описывающих текущее состояние как пациента, так и среды его пребывания до и после дис-

пансеризации. W_i – построенная рабочая гипотеза (оценка) о состоянии здоровья пациента. U_{Mi} – множество отношений между характеристиками G' и гипотезами W_i .

Утверждение 3. Для каждого пациента формируется индивидуальная программа лечения, которая представляет собой определенную последовательность действий, направленных как на выздоровление пациента, так и на улучшение общих характеристик состояния пациента. На каждом этапе сопровождения пациента получение данных для МП осуществляется в ходе выполнения общей схемы обследования пациента. Эта схема составляется на некоторый условный период, установленный в диспансере, с учетом представленных выше базовых принципов медицинского обследования пациента, основанных на обобщении опыта медицинского обследования пациентов и выявления информативных признаков медицинского состояния пациента. Практически это означает, что можно выделить предопределенное для общей модели состояния пациента S множество всех возможных действий произведенных на пациентом O . Тогда любой курс лечения P_k можно представить в виде:

$$P_k = \{O_k, M_k\}, \quad (7)$$

где $O_k \in O, k = 1, \dots, N$, где N – общее число действий медицинского контроля для k -го пациента, зависит от множества $M_k \in M$ действий выполняемых врачом для лечения k -го пациента, актуальна только в некоторый фиксированный период времени.

Утверждение 4. С каждым действием O_i связана одна или несколько моделей получения данных, которые могут носить регистрационный, расчетный или опросный характер. Для получения значений характеристик G' в процессе сопровождения пациента используются различные источники и каналы информации. Обобщая, их можно свести к четырем формальным способам получения данных: расчету с использованием математических моделей (X); данные медицинской статистики (V); получение результатов медицинских анализов и показаний ФЛГ (Y); проведение опроса пациента о самочувствии (Z). Однако необходимо заметить, что независимо от своего источника значений, важности и характера принадлежности, элементы множеств X, V, Y и Z можно представить как частный случай общей модели состояния пациента S .

$$S_j = \langle G^j, U_j \rangle, \quad (8)$$

где $G^j \subset G$, а $U_j \subset U$ общей модели состояния пациента S , согласно формуле (3) представим G^j :

$$G_i^j = \{I^j, P^j, U_{Gi}^j\}, \quad (9) \quad U_{Gi}^j = \{T, U_{IP}^G\}, \quad (10)$$

где G_i^j – i -я характеристика j -го пациента; I^j – название характеристики в модели состояния j -го пациента; P^j – множество атрибутов, входящих или связанных с характеристикой; U_{Gi}^j – множество отношений между атрибутами P^j и характеристиками I^j .

В реальной ситуации, в каждом конкретном случае бывает затруднительно определить степень значимости атрибутов для оцениваемой характеристики (даже для достаточно опытного врача), поэтому в СППР НЛ отношения между атрибутами характеристики строятся с помощью различных степеней зависимости. Типы градуируемых связей рассматриваются как нечеткие объектные связи [2]. Множество отношений между атрибутами U_{Gi}^j :

$$\tilde{G}_i^j = G' = \{I_i^j, P_1^j, \dots, P_n^j, t_{p_{i1}}, \dots, t_{p_{in}}, \{\mu_{G'}(I_i^j, P_1^j), \dots, \mu_{G'}(I_i^j, P_n^j)\}\}, \quad (12)$$

где I_i^j – информационная часть i -й характеристики состояния пациента, P_i^j – множество понятий, принадлежащих i -й характеристике, j -го пациента, $t_{p_{j1}}$ – тип критерия оценки, $\mu_{G'}(I_i^j, P_1^j)$ – отношение близости понятия P_1^j и названия критерия I_i^j . Зависимость между узлами будет строиться на

$$U_P^j = \{P_i^j, P_k^j, \mu_S(P_i^j, P_k^j) | P_i^j \in P, P_k^j \in P, i, k = 1..N\}, \quad (14)$$

где N – количество понятий характеристик в системе.

Связь между операциями O_k и моделями S_j строится с помощью метода выбора по отношениям предпочтения $pf(O_k, S_j)$. Она определяется содержательными представлениями о понятии «предпочтения» выбора из двух моделей. Наличие между двумя вариантами $S_p, S_j \in S$ отношения $>$, записываемого как $S_i > S_p$, содержательно интерпретируется как «вариант S_i предпочтительнее, чем вариант S_p ».

Утверждение 5. Существует модель развития ситуации по лечению пациента. Построения рабочей гипотезы о состоянии той или иной системы организма пациента и оценки общего состояния пациента осуществляется на основе данных, полученных в ходе выполнения программы лечения P_k и на следующем шаге принимается решение о применении той или иной модели.

В результате сбора медицинских данных, характеризующих состояние здоровья пациента на шаге m_{i+1} (предполагается, что уже было выполнено m_i шагов) осуществляется построение рабочей гипотезы о состоянии пациента. Модель развития ситуации по лечению больного (оценка состояния

где T – тип критерия оценки характеристики, U_{IP}^G – нечеткое подмножество, которое показывает степень зависимости между характеристикой состояния пациента и значимости ее атрибутов. Тип объекта $T: T = \{t_1, t_2\}$, где t_1 – критерий оценки ситуация, t_2 – критерий оценки рекомендация.

$$U_{IP}^G = U' = (\mu_{U'}(P_i^j, I^j) | P_i^j \in P, I^j \in G^j), \quad (11)$$

где $i = 1..n$, P_i^j – атрибуты, принадлежащие характеристике G_i^j , n – количество понятий для характеристики. Таким образом, характеристику G_i^j , соответствующей критерию \tilde{G}_i^j с неопределенными и фиксированными атрибутами, можно определить так:

основе взаимосвязи между понятиями критериев оценки. Далее введем нечеткое отношение, определяющее близость понятий между собой:

$$U_{Pik}^j = \mu_S(P_i^j, P_k^j), \quad (13)$$

На его основе формируется нечеткое подмножество U_P^j для j -го пациента:

здоровья пациента) представляет собой множество:

$$MZP^k = \{MZP_i^k\}, \quad (15)$$

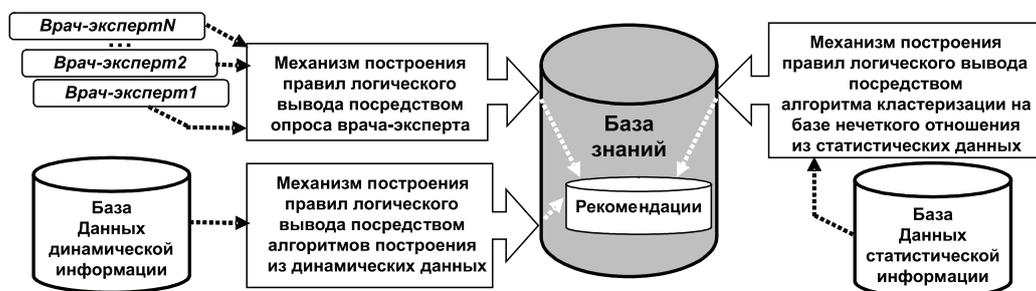
где $i = 1..n$, n – количество шагов в модели k -го пациента; MZP_i^k – набор медицинских выводов, которые могут быть сделаны на основе результатов выполнения курса лечения P_{ki} .

Для формирования выводов исходными данными, кроме значений характеристик множества G , также являются статистическая база данных анамнезов, личных данных пациентов и оценки достоверности отклонений медицинских показателей в различных анализах. В статистической базе данных информация условно разделена на четыре группы: личные данные пациента, анамнез, данные по регионам и социальная информация, где для всех характеристик присутствуют оценки полноты и достоверности этих показателей.

Формирование правил базы знаний осуществлялось в три этапа (рисунок). Для накопления логических медицинских диагностических правил с участием врачей-экспертов и пополнения базы знаний СППР

НЛ применяется автоматизированная опросная анкета. Для построения логических медицинских диагностических правил на основе алгоритмов извлечения данных из имеющихся значений динамических медицинских показателей, полученных в ходе курса лечения пациента, необходимо вы-

бирать лишь те изменения параметров, которые можно считать статистически достоверными. Для этого применяются традиционные оценки математической статистики: стандартное отклонение, стандартная ошибка среднего, критерий Стьюдента, вероятность ошибки.



Этапы построения базы знаний

При построении базы знаний для эффективного мониторинга статистической информации применялся метод нечеткой кластеризации. Его суть в интерактивном исследовании данных статистической информации, с целью получения представления о типах переменных, используемых в анализе, и возможных взаимосвязей между ними. Задача кластеризации заключается в разбиении конечного множества значений медицинских показателей $G = \{g_1, g_2, \dots, g_p, \dots, g_n\}$ на группы (кластеры) по некоторым атрибутам. Каждый из элементов g_i характеризуется m -компонентным атрибутивным описанием $g_i(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}, \dots, x_{im})$, где $x_{ik} \in X_{ik}$, X_{ik} – допустимое множество значений атрибута. Необходимо построить множество кластеров K и отображение $E: G \rightarrow K$. Структура кластера: $k_h = \{g_p, g_p : g_p, g_p \in G, d(g_p, g_p) < \psi\}$, где $k_h \in K$, k_h – кластер [3]. Для реализации вышеуказанного метода использовался алгоритм кластеризации на базе нечеткого отношения равнозначности, позволяющий эффективно выявлять в обрабатываемых данных кластеры с применением разработанной нечеткой оценочной функции, которая позволяет оценить качество проведенной кластеризации. Этот алгоритм входит в состав «Интеллектуальной аналитической системы мониторинга пациентов на основе нечеткой кластеризации для медицинских учреждений «Диспансер» ver. 4.0» [5]. Результаты выполненных теоретических и практических исследований применяются в лечебном процессе ГБУ РОКПТД.

Заключение

Сформирована методика комплексной оценки состояния здоровья пациента и проводимого курса лечения в стационаре

и амбулаторного лечения, которая позволяет осуществлять адекватную поддержку в принятии решений на основе данных медицинского контроля, статистических данных, истории болезни, а также позволяет решать задачу корректировки курса лечения, необходимого для получения желаемого результата.

Показано, что посредством создания систем смешанного типа, объединяющих в себе элементы нечеткой логики, экспертных систем, основанных как на извлекаемых знаниях из эмпирических данных, так и на экспертных знаниях, возможно разработать эффективные методы автоматизированного анализа субъективных, объективных, статистических и расчетных данных.

Построена база знаний и разработана новая интеллектуальная аналитическая система поддержки принятия решений «Диспансер» посредством сбора экспертной информации и статистического анализа данных на основе методов нечеткой кластеризации. Созданная система может применяться как отдельно, так и в составе других систем. Система была успешно апробирована и внедрена в ГБУ Рязанском областном клиническом противотуберкулезном диспансере. Тестирование и экспертная оценка показали, что предлагаемые системой рекомендации являются достоверными с медицинской точки зрения не менее, чем в 86% случаев и представляют практическую значимость для решения задачи оценки состояния здоровья пациента при проведении курса лечения.

Список литературы

1. Каширин И.Ю., Крошили А.В., Крошили С.В. Автоматизированный анализ деятельности предприятия с использованием семантических сетей. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 140 с.: ил.

2. Крошилин А.В., Бабкин А.В., Крошилина С.В. Особенности построения систем поддержки принятия решений на основе нечеткой логики // Научно-технические ведомости. – СПб-б: СПбГПУ, 2010. – №2(97). – 202 с. (58-63).

3. Крошилин А.В., Крошилина С.В. Алгоритм модифицированного метода нечеткой кластеризации в задаче эффективного мониторинга статистической информации, Казанская наука. – Казань: Изд-во Казанский Издательский Дом, 2010. – №9, Вып. 1. – 643 с.(150-154).

4. Крошилин А.В., Крошилина С.В. Формализация экспертных знаний в системах поддержки принятия решений // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ, 2010. – №2, Измерение, информация, моделирование: проблемы и перспективы технологий разработки и применения (тематический выпуск). – 246 с. (181–185).

5. 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.

6. Крошилина С.В. Разработка и исследование автоматизированных систем аналитики деятельности предприятия: дис. ... канд. техн. наук – Рязань: РГРТА, 2009. – 169 с.

References

1. Kashirin I.Ju., Kroshilin A.V., Kroshilina S.V. *The automated analysis of activity of the enterprise with use of semantic networks*. Moscow, Gorjachaja linija Telekom, 2010, 140 p.

2. Kroshilin A.V., Babkin A.V., Kroshilina S.V. *Features of construction of systems of support of decision-making on the basis of fuzzy logic* – Scientific and technical sheets SPbGPU, No.2(97) St.-Petersburg: SPbGPU, 2010, pp. 58–63.

3. Kroshilin A.V., Kroshilina S.V. *Algorithm of the modified method to fuzzy clusterization in problem of the efficient monitoring to statistical information* – The Kazan science, no. 9(1) Kazan, 2010, pp. 150–154.

4. Kroshilin A.V., Kroshilina S.V. *Formalization of expert knowledge in systems of support of decision-making* – Polzunovskij vestnik, no. 2, Barnaul: AltGTU, 2010, pp. 181–185.

5. Kroshilin A.V. *The certificate on the state registration of the computer programs №2010612339 Intellectual analytical system of monitoring of patients on the basis of fuzzy clusterization for medical institutions «Dispanser» ver. 4.0*, It is registered in the Register of the computer programs 31.03.2010.

6. Kroshilina S.V. *Working out and research of the automated systems of analytics of activity of the enterprise. The dissertation on competition of a scientific degree of Cand.Tech. Sci.* Ryazan: RGRTA, 2009, 169 p.

Рецензенты:

Белов В.В., д.т.н., профессор, профессор кафедры вычислительной и прикладной математики ФГБОУ ВПО РГРТУ, г. Рязань;

Кузнецов А.Е., д.т.н., профессор, профессор кафедры вычислительной и прикладной математики ФГБОУ ВПО РГРТУ, г. Рязань.

Работа поступила в редакцию 23.03.2012.