

УДК 681.3

ПОСТРОЕНИЕ МЕДИЦИНСКИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ СОПРОВОЖДЕНИЯ МЕДИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

А. Н. Пылькин, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ВПМ РГРТУ; pylkin.a.n@rsreu.ru

А. В. Крошили, д.т.н., профессор кафедры ВПМ РГРТУ; alfzdrprog@mail.ryazan.ru

С. В. Крошили, к.т.н., доцент кафедры ВПМ РГРТУ; asak_kasa@mail.ru

Д. Х. Доан, аспирант кафедры ВПМ РГРТУ; d2h.rus@mail.ru

Предложен подход для решения задачи построения медицинских экспертных систем сопровождения медико-технологического процесса на базе нечетко-множественного подхода.

***Цель работы** – разработка принципов построения медицинских информационных систем, в состав которых входит функционал поддержки принятия медицинского решения на основе нечеткой логики с применением накопленной статистической информации и данных, полученных при обследовании и лечении пациентов. Формирование структуры медицинской экспертной системы для разработки рекомендательной базы в вопросах сопровождения медико-технологического процесса с использованием методов интеллектуального анализа; построения семантической сети и математических моделей; применения разработанного метода нечеткой кластеризации.*

В статье приведены особенности построения медицинских баз знаний, показан пример построения правил и осуществления логического вывода в таких системах. Излагается общая схема построения медицинских экспертных систем смешанного типа в учреждениях медицинского направления. Представлены этапы построения медицинской базы знаний и примеры написания логических правил.

***Ключевые слова:** системы поддержки принятия медицинских решений, медицинские базы знаний, медицинские экспертные системы, медицинские информационные системы.*

DOI: 10.21667/1995-4565-2017-60-2-123-130

Введение

Во многих научно-исследовательских, лечебно-профилактических и управляющих структурах здравоохранения разрабатываются и эксплуатируются десятки автономных автоматизированных информационных систем (АИС). Целью программы информатизации российского здравоохранения являются разработка и внедрение АИС и универсальных АСУ на базе единых информационных технологий. При этом первоочередной задачей является интегрирование информационных систем разного уровня, что влечет за собой унификацию программного обеспечения. Определяя приоритеты, следует сделать вывод о необходимости разработки АИС, что является важной организационно-технической проблемой [1]. Компьютерные технологии получили большое распространение в медицине и применяются в таких сферах деятельности лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ), как автоматизированное управление электронным медицинским оборудованием, диагностика и профилактика заболеваний, учет стационарного лечения больных и т.д. Медицинские инфор-

мационные системы (МИС) для учета стационарного и диспансерного лечения больных – это совокупность процедур и методов, разработанных для хранения, обработки, анализа и распространения информации для оперативного отслеживания деятельности отделов, анализа заболеваемости, получения справочной информации и информации о переводах больных [1].

Авторами разрабатывается МИС, предназначенная для фиксирования процесса лечения пациентов. Основная функция которой заключается в информационной поддержке работников отдела при заполнении, просмотре, исправлении, анализе и поиске интересующей их информации, а также формирования необходимых отчетов. Кроме того, система должна осуществлять консультативную помощь врачу при постановке диагноза и выборе варианта течения болезни, а также помощь при выборе и корректировке курса лечения пациента на основе накопленной статистической информации в базе знаний и экспертной подсистеме, входящих в состав МИС. В МИС также должен храниться большой объем информации справочного содержания: список врачей, отделений, участков, диагнозов, схем

лечения, шифры и др. Таким образом, можно обозначить следующий круг решаемых задач:

- спроектировать систему поддержки принятия медицинского решения;
- в основу системы заложить методы и алгоритмы, позволяющие обрабатывать данные медико-технологического процесса и осуществлять выработку рекомендательных решений;
- разработать структуру медицинской экспертной системы, составить правила логического вывода для поддержки принятия решений;
- с помощью разработанной системы решить задачу сопровождения медико-технологического потока, а именно: выбор варианта течения болезни [2].

Схема построения медицинской экспертной системы

Проблема применения современных информационных технологий в обеспечении инфекционной безопасности и эффективном лечении разных инфекционных заболеваний, включая и такие, как туберкулез, присуща ряду направлений в различных мероприятиях. На практике большинство современных медицинских учреждений, в том числе и медицинские учреждения диспансерного типа, в своей работе используют различные АИС, которые позволяют собирать и хранить внушительные объемы разной медицинской информации, тем не менее, во многих случаях она либо не используется врачами при принятии медицинских решений, либо ее использование затруднительно. Другими словами, накопленная статистическая информация является практически бесполезной. Для эффективного использования в медицинской практике имеющейся статистической информации необходимо создание интеллектуальных систем, обеспечивающих оценку состояния как пациента, так и эпидемиологической обстановки в целом [3].

В основу создания таких систем, помимо накопленных результатов, могут быть положены и результаты работы различных медицинских

приборов для осуществления сбора большого набора медицинских данных: в настоящее время для аппаратуры, аккумулирующей данные физических процессов, достигнуто оптимальное сочетание точности, качества и отображения результатов наблюдений пациентов, что позволяет врачам оценивать влияние примененной схемы лечения на организм пациента и накапливать информацию для формирования представления о «новых течениях болезней» [4].

К настоящему моменту собраны результаты, которые могут быть взяты за основу при создании такого рода интеллектуальных медицинских систем, в первую очередь, сформулированные в концептуальной модели медицинского контроля, базирующегося на принципе снижения времени проведения и повышения качества и достоверности результатов профилактических и лечебно-диагностических мероприятий [2, 3].

Для болезней, течение которых на данный момент плохо изучено, поскольку протекают они по совершенно иным законам, создается обширная медицинская база знаний (МБЗ), которая помогает врачам-пользователям оценивать характер их влияния на организм пациента и на этой основе поэтапно формировать представления о «новых течениях болезней».

В связи с этим существует необходимость в создании медицинской экспертной системы (МЭС), предназначенной для сбора и обработки данных, накопленных из различных профилактических и лечебных процессов, начиная с самых первых в учетной программе, – это регистрация историй болезней. Цель – определить, являются ли изменения медицинских показателей закономерными для конкретной схемы течения болезни или носят частный характер.

Разработка медицинских экспертных систем в настоящее время имеет определенную технологию и включает следующие этапы: идентификация, концептуализация, формализация, выполнение, опытная эксплуатация, тестирование (рисунок 1).

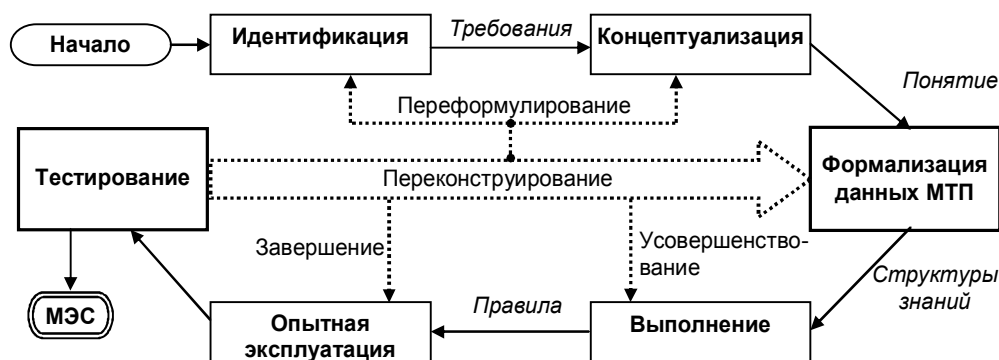


Рисунок 1 – Обобщенная схема разработки МЭС

Целями исследований в работе являются создание, теоретическое и экспериментальное обоснование методов и алгоритмов автоматизированной оценки СЗП и выбор метода его лечения на базе СППМР на основе эффективного анализа полученных статистических данных.

Существуют два подхода к пониманию сущности оценки медицинского решения (знания): МЭС, разработанные на принципах теории искусственного интеллекта, при таком подходе в клиническом опыте доминируют дедуктивные компоненты; медицинские базы знаний, которые формируются на основе эмпирических данных (ЭД), их методология базируется на теоретических основах распознавания образов и теории построения систем. Медицинские решения в системах первого вида – это набор логических правил вида *IF..THEN..ELSE*, определяемых специалистами по инженерии знаний совместно с врачами-экспертами. При таком подходе уровень принимаемых медицинских решений не может быть выше уровня знаний врача-эксперта. Врач-пользователь при такой организации системы не может усилить ее эффективность, поскольку МЭС работает уже со сформированной базой знаний и ограничена возможностями МБЗ.

В системах второго вида основное экспертное знание (медицинские решения) строится на данных истории болезни и задачах, формулируемых на языке базы данных, и хранится в эмпирической базе данных. В интеллектуальной системе, построенной по данному принципу, достижение цели решающим образом зависит от того, насколько эффективно происходит извлечение информации из данных истории болезни и методов лечения. Был сделан вывод, что для медицинских экспертных систем наиболее подходит гибридная схема, которая была спроектирована и реализована.

Медицинская база знаний и правила логического вывода на основе алгоритма нечеткой кластеризации

Структура данных медико-технологического процесса, анализируемая базой знаний, представлена на рисунке 2.

Для добавления данных в базы знаний СППМР и аккумуляции логических диагностических правил медицинского содержания при непосредственном содействии врачей-экспертов используется автоматизированная опросная анкета. В таблице 1 приведены несколько примеров построения правил в разработанной МБЗ.

Таблица 1 – Примеры построения правил

№ п/п	Описание правила
1	ЕСЛИ (Значение МЛУ к препаратам первой группы устойчиво) И (Значение Диагноз пациента туберкулез легких) И (Значение Группа пациента группа риска) И (Значение ФЛГ не норма) И (Значение анализ крови неудовлетворительный), ТО с вероятностью 92 % необходим переход к препаратам второй группы
2	ЕСЛИ (Значение МЛУ к препаратам второй группы устойчиво) И (Значение Диагноз пациента туберкулез гортани) И (Значение Группа пациента не группа риска) И (Значение ФЛГ не норма) И (Значение анализ крови неудовлетворительный), ТО с вероятностью 87 % необходим переход к препаратам третьей группы
3	ЕСЛИ (Значение 1) И (Значение 2) И ... И (Значение N), ТО с вероятностью P % Действие K

Генерация правил медицинской базы знаний проводится в три этапа, которые представлены на рисунке 3.

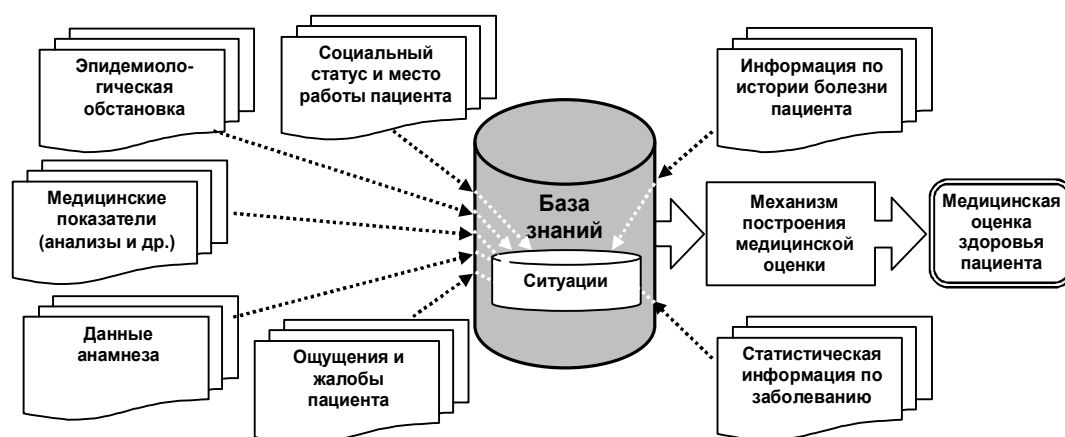


Рисунок 2 – Структура данных для создания медицинской базы знаний оценки состояния здоровья пациента

Построение логического медицинского диагностического правила на базе алгоритмов извлечения данных из хранящихся значений динамических показателей, сформированных в ходе выполнения определенной схемы лечения пациента (курса лечения пациента), осуществляется посредством выбора лишь тех изменений параметров, которые являются (или их можно считать таковыми) статистически достоверными. Для оценки медицинского показателя использовались: стандартная ошибка среднего, стандартное отклонение, вероятность ошибки. Для оценки медицинского показателя в группе: критерий Стьюдента (значения показателей в сравниваемых группах) и критерий согласия Колмогорова-Пирсона, где m_j – наблюдаемая частота случайного события; m'_j – ожидаемая частота по принятому теоретическому закону распределения; N – число интервалов случайной величины. За X принимается множество, содержащее значение медицинского параметра, n – число произведенных измерений этого параметра.

Для доказательства нормальности распределения медицинских показателей между группами используется критерий для оценки согласия Колмогорова – Пирсона. Этот показатель при достаточно большом объеме наблюдений (в МБЗ хранится информация по более чем 130 000 пациентов и более чем 30 000 записей по течению болезни за последние 15 лет) является наиболее обоснованным.

При использовании этого показателя почти во всех случаях опровергается неверная гипотеза, при этом в принятии неверной гипотезы обеспечивается минимальная ошибка по сравнению с другими оценочными критериями. Вероятность ошибки ρ высчитывалась на основе таблиц, отражающих зависимость критического значения вероятности ошибки от уровня значимости α (принятого 0,05).

В работе системы [4] реализован предлагаемый метод нечеткой кластеризации [2, 3] для оценки вариантов течения болезни с использованием статистической информации. Задача не-

четкой кластеризации сводится к разбиению конечного (или счетного) множества, содержащего значения медицинских показателей:

$$МП = \{mn_1, mn_2, \dots, mn_i, \dots, mn_n\}, \quad (1)$$

на кластеры (группы) по определенным атрибутам. Каждый из элементов mn_i характеризуется m -компонентным описанием с помощью атрибутов:

$$mn_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}, \quad (2)$$

где $x_{ik} \in X_{ik}$, X_{ik} – допустимое множество, содержащее значения атрибутов. Необходимо создать множество кластеров K , которое содержит множество диагнозов и отображение $E: G \rightarrow K$. Наиболее близкое разбиение к «эталонному» значению из набора берется в качестве варианта течения болезни.

$$D = \{\partial_1, \partial_2, \dots, \partial_{m1}\}, \quad (3)$$

где D – множество диагнозов, хранимых в системе, m_1 – количество диагнозов.

$$ВТБ = \{втб_1, втб_2, \dots, втб_{m2}\}, \quad (4)$$

где $ВТБ$ – множество вариантов течения болезни, хранимых в системе, m_2 – общее число вариантов. Каждый из $ВТБ$ описывается набором медицинских показателей:

$$втб_k = \{mn_{k1}, mn_{k2}, \dots, mn_{km3}\}, \quad (5)$$

где $втб_k$ – k -й вариант течения болезни, m_3 – число медицинских показателей, описывающих k -й вариант течения болезни.

К каждому диагнозу на основе статистических данных в МБЗ накоплен набор вариантов течения болезни, который и берется за эталонный. В том случае, когда результаты нечеткой кластеризации значительно отличаются от эталонных для конкретного диагноза, рассматривается обратная задача и пользователю предлагается на выбор ранжированный список наиболее подходящих вариантов течения болезни, относящихся к другим диагнозам, затем пользователь решает сменить диагноз или добавить новый вариант течения болезни в МБЗ.

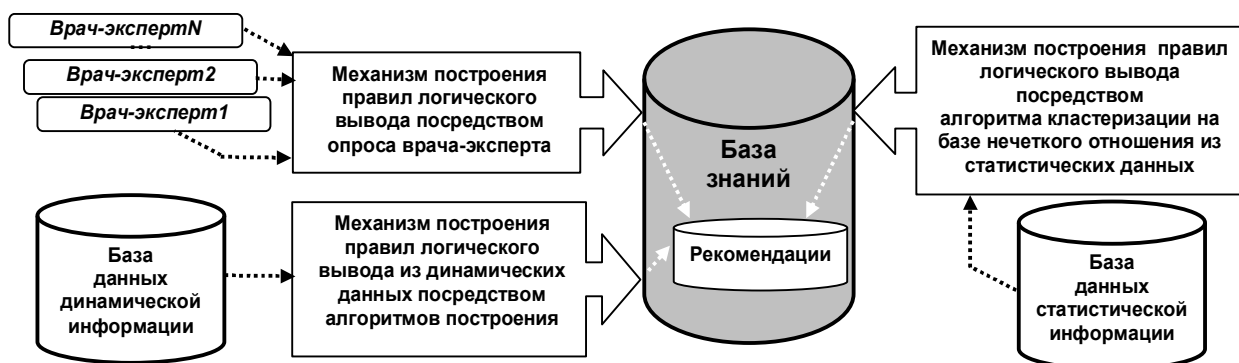


Рисунок 3 – Этапы построения медицинской базы знаний

Пользователю предоставляется инструмент анализа, включающий графические и расчетные методы, который позволяет быстро определять распределения значений медицинских показателей и связи между ними для получения наилучших результатов лечения пациентов, а также закономерности, принадлежащие неким специфическим кластерам данных.

Результаты применения разработанной методики для сопровождений медико-технологического процесса

Для оценки эффективности исследования данных необходимо определить полезность полученной вторичной информации на основе анализа статистической информации, хранящейся в системе, а также насколько удалось уменьшить неопределенность сложившейся ситуации при ее использовании.

Вторичная информация формируется из сведений, которые уже хранятся в информационной системе, будучи ранее собранными для других целей. Оценка полезности вторичной информации осуществляется экспертным путем. Для этого было введено три критерия оценки с определенными весами, представленными в таблице 2.

Таблица 2 – Квалификационные признаки

Критерии оценки	Вес
Удовлетворенность эксперта полученным результатом анализа первичной информации (к1)	0,3
Полезность данных для применения в поставленной задаче (к2)	0,3
Оценка полученного результата решения поставленной задачи (к3)	0,4

На основе работы экспертов десяти отделений (врач-фтизиатр, хирург, врач-пульмонолог, врач – торакальный хирург, врач-фтизиатр участковый, врач-терапевт, врач-рентгенолог, врач клинической лабораторной диагностики) получены оценки критериев по периодам с 2007 года по 2016 год. Эксперты предполагались одинаковой квалификации и являлись независимыми, по каждому из направлений привлекалось по несколько специалистов. Вес критерия оценки α вычислялся как вес средней величины оценок, выставленных всеми экспертами:

$$\alpha = \frac{1}{N_{\text{эк}}} \sum_{i=1}^N \alpha_i, \quad (6)$$

где $N_{\text{эк}}$ – количество экспертов, α_i – оценка, выставленная i -м экспертом.

Оценка этих критериев экспертами производилась в разные периоды функционирования системы. Результаты средних оценок по периодам приведены в таблице 3. Из таблицы видно,

что эффективность анализа статистических данных растет, что обусловлено настройками системы и корректировкой представления медицинской предметной области в ней. Однако в 2011 году заметно ухудшение показателя, что связано с добавлением в систему новых правил и новых эталонных вариантов течения болезней.

Таблица 3 – Результаты оценки критериев экспертами по периодам

Период	к1	к2	к3	Результат
Вес критерия	0,3	0,3	0,4	1,0
2006 (без алг.)	85%	73%	83%	81%
2007 (об.класт.)	89%	75%	86%	84%
2008 (об.класт.)	89%	78%	89%	86%
2009 (неч. класт.)	90%	79%	90%	87%
2010 (неч. класт.)	92%	76%	90%	86%
2011 (неч. класт.)	90%	75%	83%	83%
2012 (неч. класт.)	92%	79%	86%	86%
2013 (неч. класт.)	91%	88%	93%	91%
2014 (неч. класт.)	93%	89%	95%	93%
2015 (неч. класт.)	94%	90%	94%	93%
2016 (неч. класт.)	94%	91%	95%	93,5%

Далее, полученные результаты кластеризации (распределения медицинских показателей, а именно их квалификационных признаков) сравниваются с эталонными шаблонами вариантов течения болезни. Происходит попарное сравнение всех квалификационных признаков, и те шаблоны, суммарные оценки которых наибольшие, в виде ранжированного списка предоставляются пользователю для выбора. Для получения оценочной характеристики результатов работы предложенных методов и алгоритмов выбора вариантов течения болезни на основе МНК была произведена проверка статистики, для чего использовалась статистика деятельности диспансера в период, когда не применялась СПМР, и статистика за период использования системы (таблица 4).

В выборку были включены истории болезни по 2000 пациентов, проходивших лечение в диспансере за 2002 год (в тот момент функционал по выбору варианта течения болезни еще не применялся), и 2000 пациентов за 2013 год (эти данные отражены в первых двух строках таблицы) [3, 5]. Выбор варианта течения болезни в явном виде в статистике до 2010 года не фиксировался, поэтому за «неверный» выбор варианта течения болезни будем принимать те случаи, которые удовлетворяют двум условиям: первое условие - что в процессе лечения у пациента менялся лекарственный препарат (это фиксируется в системе с 2001 года функционалом «Назначенные препараты при лечении пациента»), второе

Таблица 4 – Сравнение точности выбора вариантов течения болезни

Анализируемые периоды	Размер выборки, чел.	Неправильные варианты		Правильные варианты		Улучшение показателя
		чел.	%	чел.	%	
До применения МНК (2002 г.)	2000	241	12,1	1759	88,0	11,1
После применения МНК (2013 г.)	2000	46	2,3	1954	97,7	
До применения МНК (2003 г.)	2000	201	10,1	1799	90,0	8,6
После применения МНК (2013 г.)	2000	46	2,3	1954	97,7	
До применения МНК (2004 г.)	1500	175	11,7	1325	88,3	10,5
После применения МНК (2013 г.)	1500	36	2,4	1464	97,6	
До применения МНК (2001 г.)	2500	420	16,8	2080	83,2	18,8
После применения МНК (2012 г.)	2500	30	1,2	2470	98,8	
До применения МНК (2003 г.)	2000	201	10,1	1799	90,0	9,4
После применения МНК (2014 г.)	2000	32	1,6	1968	98,4	
До применения МНК (2003 г.)	2500	260	9,6	2189	87,5	19,1
После применения МНК (2015 г.)	2500	39	1,5	2475	99,0	

условие – что у пациента первичный диагноз не совпадает с диагнозом при выписке. Во всех остальных случаях будем условно считать, что вариант течения болезни был выбран «правильно». Поскольку при вводе данных в систему осуществляется контроль и введенные данные неоднократно используются в работе медицинским персоналом, а также с учетом того факта, что используется «закрытый» период (сдана регламентированная отчетность), вероятность ошибки статистических данных, применяемых для анализа, не превышает 0,5 %.

Для получения корректного результата для анализа использовались несколько периодов с отнесением их к разным периодам, в которых уже применялся функционал метода нечеткой кластеризации (МНК). Таким образом, было установлено, что в результате работы предложенных методов и алгоритмов выбора вариантов течения болезни точность выбора повысилась на 8-19 %. Разброс полученных результатов зависит от нескольких факторов: работа врачей разной квалификации в выбранные периоды; настройка и модернизация системы производились по мере ее опытной эксплуатации; различная эпидемиологическая ситуация в разные периоды анализа; наличие разного количества «сложных» случаев.

Таким образом, результаты выполненных теоретических и практических исследований применимы для использования в лечебном процессе медицинских учреждений. Также система используется для построения выводов по эпидемиологической ситуации в районе согласно накопленным статистическим данным за период. Помимо этого, разработанная СППР [4] может быть применена в рамках других систем схожего

назначения с целью сокращения времени принятия решений лечащим врачом.

Заключение

Для реализации исследования построения медицинских экспертных систем сопровождения медико-технологического процесса с применением нечетко-множественного подхода был выполнен ряд задач.

1. Проведен анализ методов и структуры лечения пациентов в условиях стационарного и амбулаторного лечения и показано, что важнейшим условием успешного курса лечения является создание системы информационно-медицинского обеспечения на основе разработанных алгоритмов и методов, соответствующих особенностям (факторам и условиям) нечеткой информации, и выводов в ходе лечения. Существенная роль в справочно-рекомендательном обеспечении курса лечения принадлежит СППР на базе нечеткой логики, базам данных статистической и динамической информации, а также современным технологиям сбора медицинских данных по здоровью пациента, которые дают возможность более оперативно принимать медицинские решения относительно состояния здоровья пациента.

2. Предложена методика комплексного построения экспертной системы, позволяющая производить адекватную поддержку в принятии медицинского решения на основе статистических данных, данных медицинского контроля, истории болезни, кроме того, методика позволяет решать задачу по корректировке схемы лечения, необходимого для получения более качественного результата.

3. В ходе реализации медицинской информационной системы были использованы положения нескольких подходов, в частности нечеткая кластеризация для подсистемы поддержки принятия медицинских решений по выбору варианта течения болезни, которая повышает его точность на 8-19 %. Опытная эксплуатация разработанной системы подтвердила достоверность полученных результатов. Верными с медицинской точки зрения оказались 93 % рекомендаций по выбору методики лечения пациента.

4. Показано, что с помощью построения систем гибридного типа, которые объединяют в своем составе элементы нечеткой логики, МЭС, основанных на знаниях, полученных из эмпирических данных, и на знаниях, извлекаемых экспертным путем, можно разработать различные методы анализа (в том числе и кластерного) расчетных, статистических объективных и субъективных данных, которые возможно эффективно использовать при разработке систем обеспечения информационно-медицинского контроля в лечебных учреждениях.

Таким образом, принципы, заложенные в методику построения медицинских экспертных систем сопровождения медико-технологического процесса, позволяют увеличить качество и объем обрабатываемой статистической информации и повысить мотивационную базу в задачах поддержки принятия медицинских решений.

Библиографический список

1. Доан Д. Х., Крошилина С. В., Крошилин А. В. Обзор подходов к проблеме принятия решений в медицинских информационных системах в условиях неопределенности // Фундаментальные исследования. 2015. № 12–1. С. 26-30
2. Пылькин А. Н., Майков К. А., Крошилин А. В., Белицкий А. М. Учет качества разбиения при использовании модифицированного алгоритма нечеткой кластеризации исследуемых данных и методика её построения // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2016. №58. С. 57-63.
3. Крошилин А. В. Использование нечеткой кластеризации для оптимизации информационных данных в медицинском технологическом процессе // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2015. №52. С. 144-149.
4. Крошилина С. В., Крошилин А. В., Пылькин А. Н., Доан Д. Х. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016618420, Программный комплекс поддержки принятия решений на основе нечеткой логики «Эксперт 4. Обработка статистических данных медико-технологических процессов методом нечеткой кластеризации» ver. 4.04, зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 28.07.2016 г.
5. Долженко Е. Н., Пылькин А. Н., Крошилин А. В., Жулева С. Ю. Поддержка принятия решений на основе нечеткой логики в системах медицинского назначения // Биомедицинская радиоэлектроника. 2015. №7. С. 62-68.

UDC 681.3

THE CONSTRUCTION OF MEDICAL EXPERT SYSTEMS FOR MEDICAL-TECHNOLOGICAL PROCESS SUPPORT

A. N. Pylkin, PhD (technical sciences), full professor, Head of the Department, RSREU, Ryazan; pylkin.a.n@rsreu.ru

A. V. Kroshilin, PhD (technical sciences), full professor, RSREU, Ryazan; alfzdrprog@mail.ryazan.ru

S. V. Kroshilina, PhD (technical sciences), professor, RSREU, Ryazan; asak_kasa@mail.ru

D. H. Doan, Graduate student, RSREU, Ryazan; d2h.rus@mail.ru

The approach for solving the problem of constructing medical expert systems for support of medical-technological process on the basis of indistinct-plural approach is proposed.

The aim of this work – development of principles of medical information systems construction which include the support functionality making medical decisions based on fuzzy logic with the use of the accumulated statistical information and the data obtained during survey under patients. The formation of the structure of medical expert system to generate the recommendation database in questions of medical technological process support with the use of mining techniques; construction of semantic networks and mathematical models; application of the developed method is fuzzy clustering.

The article gives the peculiarities of medical database design, the example to construct the rules and implement logic conclusion in such systems. General scheme to design medical expert systems of mixed type in medical institutions is offered. The stages to building medical knowledge base and examples of writing logical rules are represented.

Key words: *the decision support system for medical decision making, medical knowledge base, medical expert systems, medical information systems.*

DOI: 10.21667/1995-4565-2017-60-2-123-130

References

1. **Kroshilin S. V., Kroshilin A. V., Doan D. H.** Obzor podhodov k probleme prinjatija reshenij v medi-cinskih informacionnyh sistemah v uslovijah neoprede-lennosti. Fundamental research. 2015 no. 12-1. pp. 26-30 (in Russian).

2. **Pylkin A. N., Maykov K. A., Kroshilin A. V., Belitsky A. M.** Uchet kachestva razbieniya pri ispol-zovanii modificirovannogo algoritma nechetkoi klaster-izacii issleduemih dannih i metodika ee postroeniya. Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnich-eskogo universiteta. 2016. no. 58. pp. 57-63. (in Russian).

3. **Kroshilin A. V.** Ispolzovanie nechetkoi klaster-izacii dlya optimizacii informacionnih dannih v medi-cinskom tehnologicheskom processe. Vestnik Rjazans-

kogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta. 2015. no. 52. pp. 144-149. (in Russian).

4. **Kroshilin A. V., Kroshilina S. V., Pylkin A. N., Doane D. H.** Certificate of state registration of computer programs №2016618420, Programmnyj kompleks pod-derzhki prinjatija reshe-nij na osnove nechetkoj logiki «Jekspert 4. Obrabot-ka statisticheskikh dannyh mediko-tehnologicheskikh processov metodom nechetkoj klaster-izacii» ver. 4.04 registered in the Register of computer programs 28.07.2016. (in Russian).

5. **Pylkin A. N., Kroshilin A. V., Dolzhenko E. N., Goleva S. Y.** Podderzhka prinjatija reshenij na osnove nechetkoj logiki v sistemah medicinskogo naznachenija. Biomedical electronics. no. 7 M: Radio Engineering, 2015. pp. 62-68 (in Russian).