

## СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ОСНАЩЕНИЯ ЛЕЧЕБНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКОЙ

**М. С. Фролова, С. В. Фролов, И. А. Толстухин**

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор Т. И. Чернышова*

**Ключевые слова и фразы:** комплексное техническое оснащение; медицинская техника; оптимизация по Парето; системы поддержки принятия решений.

**Аннотация:** Проведен краткий обзор существующих систем поддержки принятия решений в здравоохранении и показана актуальность их применения для решения сложной задачи выбора оптимальной медицинской техники. Показано, что выбор оптимальной модели медицинской техники позволит обеспечить рациональное техническое оснащение и переоснащение учреждений здравоохранения, что в конечном итоге приведет к значительной экономии средств и повышению эффективности использования медицинской техники.

Техническое оснащение лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ) медицинской техникой (МТ) является сложной задачей, так как этот процесс включает в себя анализ множества факторов – нормативных требований, возможности интеграции МТ в ЛПУ, потребностей врачей и пациентов и пр. Основная сложность заключается в необходимости обработки значительного объема данных. Большое количество данных и необходимость оперативного принятия решений создают новые требования для ЛПУ при выборе оптимальной МТ. Для облегчения процесса выбора МТ необходимо создание системы, позволяющей работать с большими объемами информации, накопленными в учетных системах и хранилищах данных, и извлекать из них полезные сведения – например, сравнивать МТ и выявлять различия между ними, выбирать МТ с учетом интеграции в информационную систему ЛПУ, объективно оценивать МТ в соответствии со стоимостью и набором функций.

---

Фролова Мария Сергеевна – младший научный сотрудник Управления фундаментальных и прикладных исследований; Фролов Сергей Владимирович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Биомедицинская техника», e-mail: sergej.frolov@gmail.com; Толстухин Иван Александрович – магистрант кафедры «Биомедицинская техника», ТамбГТУ, г. Тамбов.

Методы решения проблем, возникающих на стадиях и этапах процесса принятия решений о выборе оптимальной МТ, могут быть реализованы в виде соответствующего математического аппарата в специальных информационных системах – системах поддержки принятия решений (СППР). Поддержка принятия решений заключается в помощи лицу, принимающему решения (ЛПР) при анализе и оценке сложившейся ситуации; в генерации возможных решений; оценке возможных альтернатив, исходя из предпочтений ЛПР; анализе последствий принимаемых решений; выборе лучшего, с точки зрения ЛПР, варианта.

Термин «система поддержки принятия решений» появился в начале семидесятых годов. За это время дано много определений СППР [1]. В англоязычной литературе СППР эквивалентна следующей аббревиатура DSS (Decision Support Systems) [2].

Назначение СППР состоит в том, чтобы ЛПР нашло такое решение, в правильности которого было бы уверено. В СППР выделяют три основные части:

- система данных для сбора и хранения информации, получаемой из внутренних и внешних источников. Обычно это хранилище данных;
- система диалога, позволяющая пользователю задавать, какие данные следует выбирать и как их обрабатывать;
- система моделей – идеи, алгоритмы и процедуры, которые позволяют обрабатывать данные и проводить их анализ.

Для анализа и выработки предложений в СППР используются разные методы. Системы поддержки принятия решений делятся на активные, пассивные, кооперативные [3] и управляемые: моделями (Model-Driven DSS), знаниями (Knowledge-Driven DSS), документами (Document-Driven DSS), сообщениями (Communication-Driven DSS), данными (Data-Driven DSS).

Система поддержки принятия решений может быть эффективно использована в различных областях, где идет речь о множестве различной информации и многозадачности – в торговле при прогнозе продаж и оценке эффективности маркетинговых действий; интернет-бизнесе повышения продаж; промышленном производстве для прогнозирования качества производимого изделия; банковской деятельности при прогнозировании остатков на счетах и других отраслях. СППР широко используется и в здравоохранении, например, при диагностике заболеваний, оценке диагностических тестов или выявлении побочных эффектов.

Рассмотрим несколько примеров СППР, используемых в медицине. Один из инструментов поддержки принятия решений в медицине – это Archimedes IndiGO [4]. Эта система предназначена для врачей, медицинских работников и пациентов. На основе информации, считываемой с электронной карты пациента, система IndiGO прогнозирует риск таких заболеваний, как сердечный приступ, диабетический криз и т.д. Затем Archimedes IndiGO предлагает медицинские препараты для снижения этих рисков. Другой пример СППР в медицине – это система Autonomy Healthcare [5], разработанная в Кембриджском университете в Великобритании и сегодня принадлежащая компании Hewlett-Packard. Эта система анализирует историю болезни пациента, его симптомы и опыт врача, а затем проводит анализ всех имеющихся данных и предлагает врачу список возможных диагнозов пациента. Схожей СППР в медицине является аме-

риканская система DXplain [4], разработанная в Бостоне в 1986 и используемая до сих пор. Пользователь вводит текстовую информацию, а СППР выявляет подходящую информацию в своей базе данных – синонимы, неверное написание, а также на основе симптомов, наблюдений врача и результатов обследований делает вывод о возможном диагнозе пациента. Рассмотренные СППР относятся к классу Knowledge-Driven DSS.

Приведенные примеры доказывают, что СППР может быть применена при визуализации и решении сложных многофакторных задач с использованием слабоструктурированных данных. Число возможных решений выбора варианта технического оснащения ЛПУ МТ может быть значительным, что требует разработки специальных научных подходов.

Задача выбора МТ имеет в качестве исходной информации перечисленное множество альтернатив, характеризуемых многими показателями, что обуславливает актуальность многокритериального выбора на конечном множестве альтернатив. Реализация многокритериальной оптимизации происходит в СППР. К типовым задачам многокритериального выбора на конечном множестве альтернатив относятся выбор наилучшего (наихудшего) объекта; отбор допустимых объектов; упорядочение объектов по предпочтению; отнесение объекта к одному из заданных классов.

Различают две группы методов многокритериальной оптимизации на конечном множестве альтернатив: векторные и скалярные. Под векторной оптимизацией на конечном множестве объектов понимается нахождение варианта (альтернативы) с наилучшим значением векторного критерия. Под скалярной оптимизацией на конечном множестве объектов понимается нахождение варианта (альтернативы) с наилучшим значением скалярного критерия. Методы скаляризации векторных оценок основаны на преобразовании задачи многокритериальной оптимизации в задачу однокритериальной оптимизации с применением многокритериальной функции полезности. Наибольшее распространение получил векторный метод многокритериальной оптимизации – оптимизация по Парето [6].

Одним из способов решения задачи многокритериальной оптимизации является метод анализа иерархий, предложенный Т. Саати [6]. В его основе лежит использование сопоставительных оценок объектов по критериям с применением матриц парных сравнений. Этот аппарат востребован при нахождении приоритетов сущностей на основе индивидуальных или групповых предпочтений экспертов.

На факультете биомедицинской инженерии Чешского технического университета, г. Прага была разработана система выбора МТ на примере магнитно-резонансного томографа (МРТ) [7]. В качестве способа выбора оптимальной модели вида МТ в работе выбран метод анализа иерархий. Выбор оптимального МРТ в разработанной системе происходит на основании мнения группы экспертов с помощью метода Дельфи [8]. Принцип метода Дельфи заключается в том, что независимые эксперты объективнее оценивают результат, чем структурированная группа, мнение которой часто определяет большинство. Разработчики системы выбора МТ на примере МРТ создали методику, которая применяется для оценки квалификации группы экспертов (их количества и их знаний). Этот метод использует степень участия эксперта в решении задачи, уровень его профессионализма, статистические и другие методы [7]. Для выявления необходимого

количества экспертов применен корреляционный коэффициент Кендалла [8]. Приглашенные эксперты: главный врач ЛПУ, его заместитель, заведующий отделением, заместитель заведующего отделением. На основании опыта, научных работ и пр. количественно вычисляется значимость каждого конкретного эксперта.

Выбор МРТ происходит на основе метода анализа иерархий. Оцениваются основные характеристики изделия. Всего учитывается 16 параметров – конфигурация, однородность, апертура и пр. Стоит отметить, что количественные данные каждой из характеристик в этой оценке не учитываются. Модели МТ оцениваются попарно по каждой из характеристик. На основании этой попарной оценки выводится список МРТ, которые рекомендуются ЛПУ.

Метод рационального выбора МТ, позволяющий учитывать различные компетентности экспертов по каждому из критериев выбора, был разработан в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) [8]. Примером, иллюстрирующим функционирование системы выбора МТ в описываемой работе, служит электрокардиограф. Для адекватного выбора основных показателей электрокардиографов разработан алгоритм экспертного опроса с оценкой компетентности экспертов и определением коэффициента конкордации – коэффициента согласованности мнений экспертов [8]. С помощью экспертного опроса было выделено ядро, состоящее из 16 основных медико-технических показателей, которые в дальнейшем проходят процедуру выбора по методу анализа иерархий. Этот метод основан на иерархической модели свойств объекта, в котором все показатели были распределены по критериям на двух уровнях.

Разработанная модель процесса рационального выбора МТ включает три основных этапа: выявление ядра медико-технических показателей; метод оценки альтернатив и анализ чувствительности принятого решения.

Основное внимание уделяется адекватности и оценке мнений экспертов – выявлению коалиций, улучшению согласованности мнений экспертов, влиянию мнений различных экспертов на выбор электрокардиографа и пр. Был разработан метод комплексирования мнений коалиций экспертов, способствующий выработке единого мнения. Предложен метод выбора альтернативы, основанный на комплексировании матриц мнений двух коалиций экспертов, с учетом различной компетентности экспертов по каждому из критериев [8]. При выборе электрокардиографа оцениваются лишь критерии, которые, по мнению экспертов, необходимо учитывать для правильного выбора электрокардиографа. Несмотря на то, что все критерии разделены на две группы – количественные и качественные («Есть» – «Нет»), в системе не указываются желаемые численные характеристики параметров электрокардиографа, а лишь происходит выбор между существующими альтернативами – моделями. Основное внимание уделяется проверке и согласованию мнений экспертов, а не анализу параметров МТ. Стоит также отметить, что при выборе оптимальной модели не принимается во внимание цена электрокардиографа.

В 2013 году Институт ERCI начал реализацию системы SELECTplus User Experience Network. Этот продукт является СППР, используемой при

закупках МТ [9], которая сфокусирована на использовании компьютерных томографов и позволяет проводить сравнение различных моделей. Описываемый продукт представляет собой базу данных, помогающую проводить сравнения по производителю, каждому параметру томографа, его средней стоимости [9]. Система SELECTplus User Experience Network предоставляет врачу лишь структурированную информацию об опциях и цене медицинского изделия.

На кафедре «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» разработана СППР выбора оптимальной модели МТ, представляющая собой диалоговую автоматизированную информационную систему, в которой совместно с базами данных используются алгоритмы принятия решений и интерактивное компьютерное моделирование, направленное на поддержку решений менеджеров, обеспечивающие процесс технического оснащения ЛПУ [10]. Разработанная СППР выбора оптимальной модели МТ может быть использована в учреждениях здравоохранения для оперативного планирования технического оснащения ЛПУ, а также для нужд производителей и торговых посредников в целях проектирования новых моделей МТ, анализа рынка, планирования поставок.

#### *Список литературы*

1. Keen, P. G. W. Decision Support Systems: The Next Decades / P. G. W. Keen // Decision Support Systems. – 1987. – Vol. 3. – P. 253 – 265.
2. A Brief History of Decision Support Systems by D. J. Power Editor, DSSResources.COM, version 2.8, May 31, 2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://DSSResources.COM/history/dsshhistory.html> (дата обращения: 03.09.2014).
3. Golden, B. Decision Insight Systems: A Critical Evaluation / B. Golden, A. Hevner, D. J. Power // Computers and Operations Research. – 1986. – Vol. 13, No. 2/3. – P. 287 – 300.
4. Neil Versel. 10 Innovative Clinical Decision Support Programs [Электронный ресурс] // Information Week Healthcare, 12/19/2011. – Режим доступа : <http://www.informationweek.com/healthcare/clinical-systems/10-innovative-clinical-decision-support/232300511?pgno=3> (дата обращения: 03.09.2014).
5. C. S. Goodman. HTA 101: Introduction to Health Technology Assessment. The Lewin Group, 2004 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.nlm.nih.gov/nichsr/hta101/hta101.pdf> (дата обращения: 13.07.2014).
6. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах : учебник / О. И. Ларичев. – М. : Логос, 2000. – 296 с.
7. 14th Biennial European Meeting of the Society for Medical Decision Making: ESMDM Meeting Abstracts [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mdm.sagepub.com/content/33/2/E145> (дата обращения: 03.09.2014).
8. Пахарьков, Г. Н. О медико-техническом оснащении службы скорой медицинской помощи / Г. Н. Пахарьков, М. Хаймур // Информ.-упр. системы. – 2008. – № 5. – С. 45 – 53.
9. ECRI Institute Launches New User Experience Network for Medical Devices [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.ecri.org/Press/Pages/Select-User-Experience-Network.aspx> (дата обращения: 03.09.2014).
10. Фролова, М. С. Система поддержки принятия решений выбора оптимальной модели изделия медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения / М. С. Фролова // Системный анализ и информационные технологии. САИТ–2013 : тр. Пятой Междунар. конф., г. Красноярск, 19 – 25 сент. 2013 г. В 2 т. / Ин-т системного анализа РАН [и др.]. – Красноярск, 2013. – Т. 2. – С. 94 – 102.

## References

1. Keen P.G.W. *Decision Support Systems*, 1987, vol. 3, pp. 253-265.
2. Power D.J., available at: <http://DSSResources.COM/history/dsshhistory.html> (accessed 3 September 2014).
3. Golden B., Hevner A., Power D.J. *Computers and Operations Research*, 1986, vol. 13, no. 2/3, pp. 287-300.
4. Versel N., available at: <http://www.informationweek.com/healthcare/clinical-systems/10-innovative-clinical-decision-support/232300511?pgno=3> (accessed 3 September 2014).
5. Goodman C.S., available at: <http://www.nlm.nih.gov/nichsr/hta101/hta101.pdf> (accessed 13 July 2014).
6. Larichev O. I. *Teoriya i metody prinyatiya reshenii, a takzhe Khronika sobytii v Volshebnykh Stranakh* (Theory and methods of decision-making, as well as the Chronicle of events in Finding Neverland), Moscow: Logos, 2000, 296 p.
7. <http://mdm.sagepub.com/content/33/2/E145> (accessed 3 September 2014).
8. Pakhar'kov G.N., Khaimur M. *Information and Control Systems*, 2008, no. 5, pp.45-53.
9. <https://www.ecri.org/Press/Pages/Select-User-Experience-Network.aspx> (accessed 3 September 2014).
10. Frolova M.S. *Sistemnyi analiz i informatsionnye tekhnologii. SAIT-2013* (Systems analysis and information technology. SAIT-2013), Proceedings of the Fifth International Conference, Krasnoyarsk, 19-25 September 2013, vol. 2 of 2, pp. 94-102.

---

### Medical Equipment Decision Support Systems for Healthcare Institutions

M. S. Frolova, S. V. Frolov, I. A. Tolstukhin

*Tambov State Technical University, Tambov*

**Key words and phrases:** complex technical equipment; decision support systems; medical equipment; Pareto optimization.

**Abstract:** We give a brief overview of the existing decision support systems in health care and show the urgency of their application to solve the difficult task of selecting an optimal medical technology. It has been shown that the choice of the optimal model of medical equipment will provide rational technical facilities and upgrade of health care facilities that will eventually lead to significant cost savings and more efficient use of medical technology.

---

© М. С. Фролова, С. В. Фролов, И. А. Толстухин, 2014