

СТРУКТУРА МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ АЛГОРИТМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

© 2017 В. Ю. Усов

Воронежский институт высоких технологий

В статье рассматривается система поддержки принятия врачебных решений при лечении больных с кардиологическими заболеваниями. Система ориентирована на построение прогноза развития острой сердечной недостаточности на основе алгоритмов интеллектуального анализа данных. Медицинская информационная система позволяет выявлять риск развития осложнения, формировать решения по коррекции лечебного процесса.

Ключевые слова: медицинская информационная система, принятие решений, интеллектуальный анализ данных, коррекция лечебного процесса.

Современные медицинские информационные системы (МИС) обеспечивают сбор, регистрацию, структурирование, документирование данных, обмен, хранение и поиск информации, а также поддержку принятия решений (ППР) по оказанию медицинской помощи пациентам. Однако использование накопленной информации для снижения частоты осложнений и совершенствования лечебного процесса все еще является далекой от окончательного решения задачей. Кроме того, часто в массивах данных содержатся недостающие для принятия успешных решений скрытые знания, получить которые можно с помощью современных направлений информационных технологий (ИТ) и методов интеллектуального анализа данных (ИАД).

Не менее важным остается формализация слабоструктурированных и неструктурированных задач. Это позволяет создавать модели прогноза развития осложнений, анализировать структуры факторов, приводящих к осложнениям, выявлять пациентов повышенного риска, а также осуществлять динамическую корректировку лечебного процесса с целью минимизации риска развития и тяжести осложнений и снижения числа повторных обращений.

ИАД-ориентированные МИС требуют использования современных подходов и методов анализа данных. Особую актуальность приобретают современные методы многомерного статистического анализа, с помощью которых можно установить характер и

структуру взаимосвязей между признаками изучаемого объекта.

Целью данной работы было обоснование необходимости и представление этапов проектирования информационной системы, основанной на ИАД, на примере прогноза риска развития острой сердечной недостаточности (ОСН). Анализ данных и выявление скрытых закономерностей проводились с использованием различных математико-статистических методов. Для выявления факторов риска были использованы методы логистической регрессии (БЛР) и дискриминантного анализа (ДА). Для выявления взаимосвязи признаков перспективным является использование метода снижения факторной размерности Multifactor Dimensionality Reduction MDR.

Затем был осуществлен сопоставительный анализ факторов, выявленных на основе каждого метода, и выбран наиболее эффективный метод для практического использования. Для программной реализации системы применялась интегрированная среда разработки MS Visual Studio. Для достижения успеха в принятии решения и ИАД необходимо иметь четкое представление о цели анализа, собрать релевантные данные, выбрать адекватные методы анализа и проверить предпосылки их применения; выбрать программно-технологические и математические средства, реализующие эти методы; выполнить анализ и принять решение об использовании результатов.

Объектом исследований была МИС для прогноза риска развития осложнений, на примере ОСН и ППР, которая обеспечивает следующие функции: возможность осуществ-

вления поиска пациента в базе данных (БД); ввод и сопровождение истории болезни поступившего пациента; прогноз развития осложнений; построение моделей динамики факторов, необходимых врачу для принятия решений; составление отчета по необходимым для врача критериям; сохранение полученных результатов в БД системы. Определяя основные требования к МИС ППР, было проанализировано ее функциональное назначение и была построена диаграмма вариантов использования (рис. 1). Исходя из функционального назначения, структура МИС ППР включает три блока, которые от-

вечают за сбор и накопление данных, ИАД и формализацию результатов (рис. 2).

Модуль базы данных (БД) позволяет структурировать и хранить информацию. Блок ППР, построенный на основе ИАД, обеспечивает прогноз риска развития осложнений и предоставляет информацию, необходимую для коррекции лечебного процесса. Формы пользовательских приложений дают возможность вводить, корректировать и анализировать данные по пациенту, рассчитывать риск развития осложнений в раннем послеоперационном периоде и формировать статистические отчеты.

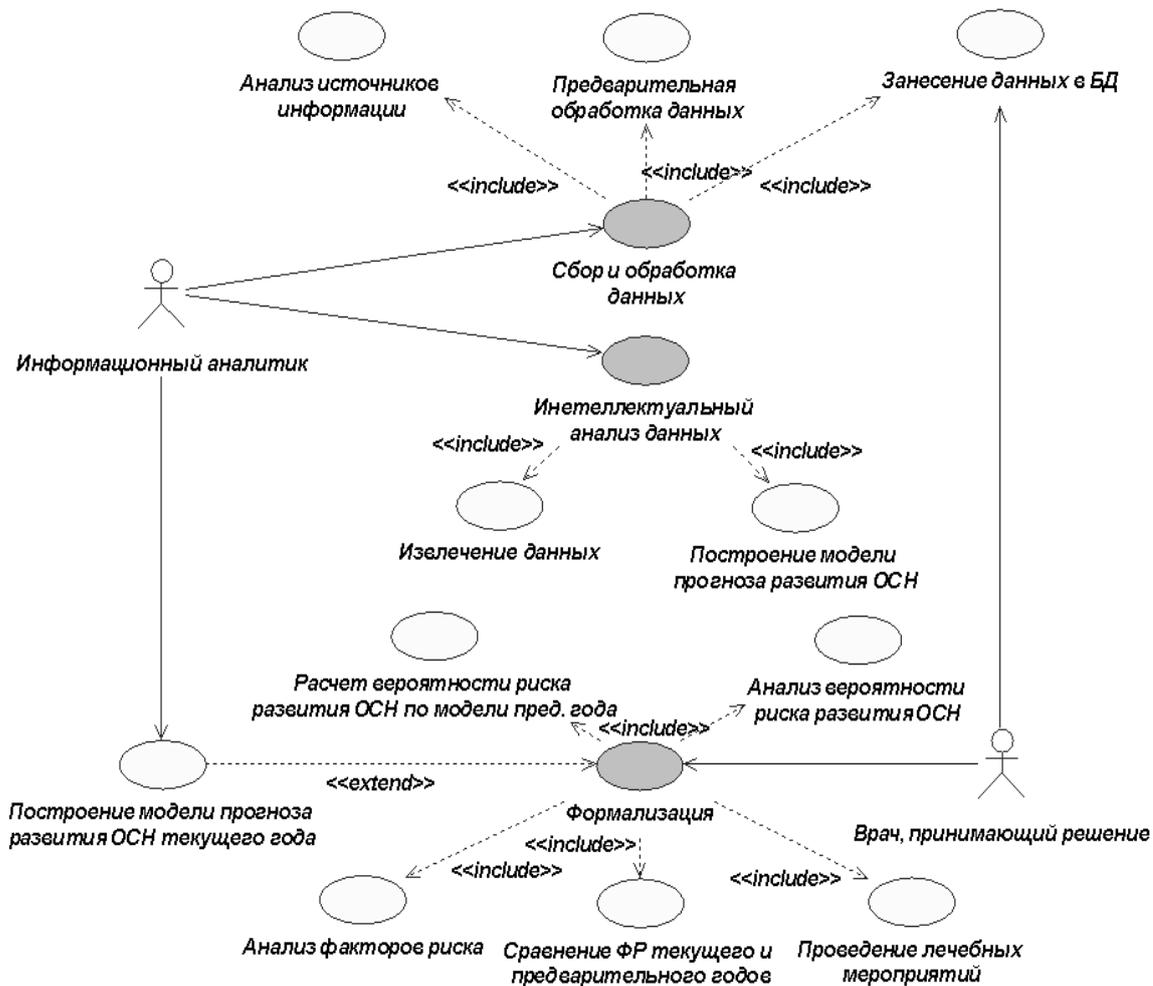


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования МИС ППР

При проектировании систем, работающих с большими объемами данных, разработчики сталкиваются с двумя основными проблемами: обработка экспоненциально нарастающих объемов данных, поступающих в реальном времени, и сокращение времени их обработки. Поэтому выбор системы управления базой данных (СУБД) при разработке МИС являлся одной из важнейших задач на этапе проектирования.

При разработке структуры БД МИС были сформулированы следующие принци-

пы. Разработка системы происходит в условиях эксплуатации совокупности программных средств. Существуют большие объемы накопленной информации, которая должна быть эффективно использована. БД системы является доступной из разных программных средств без того, чтобы использовать специальные средства экспорта/импорта. Накапливаемая в БД информация может формироваться в отчеты.

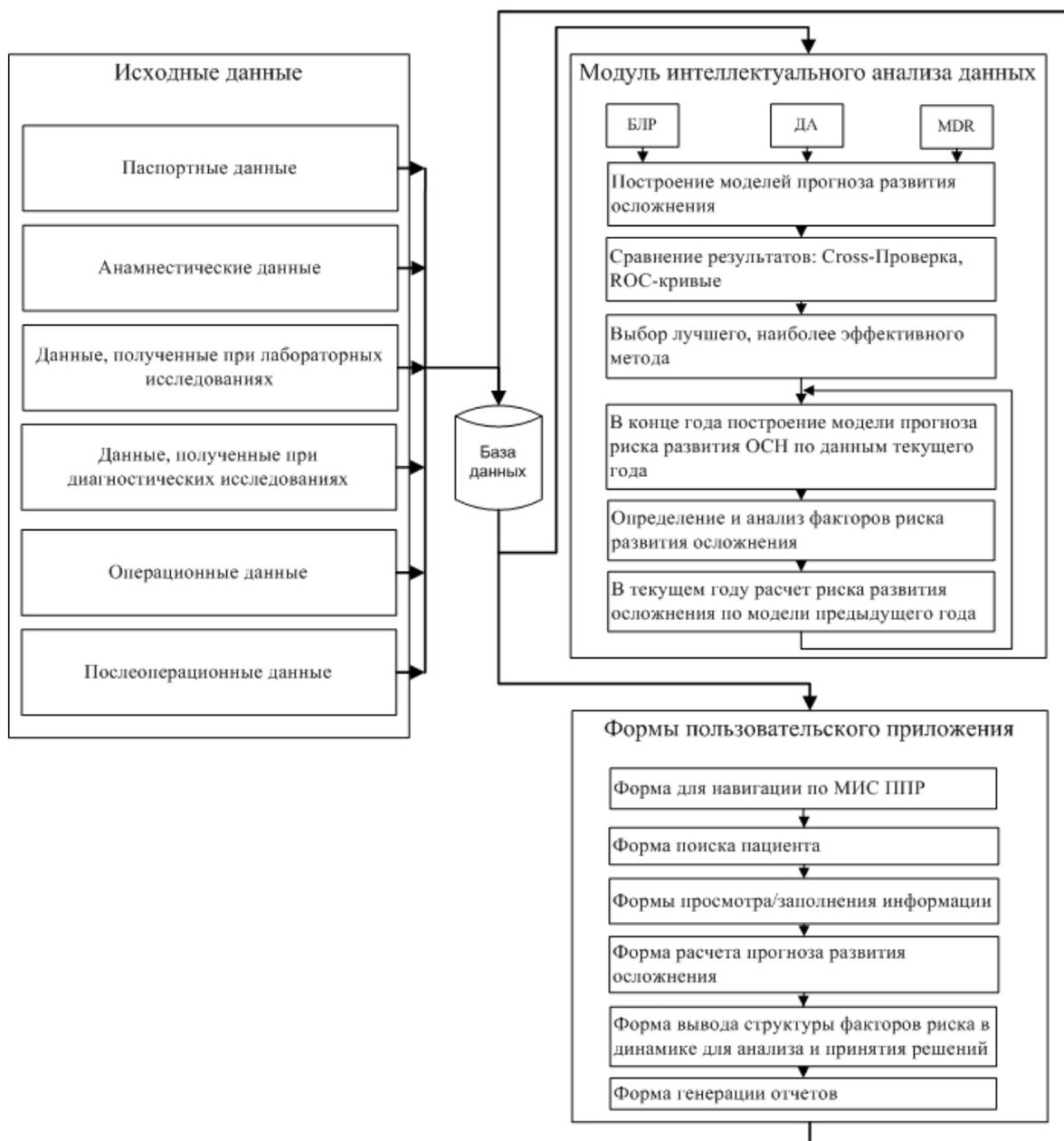


Рис. 2. Общая структура ИС

Результатом явилось создание БД, где центральной является таблица, содержащая паспортные данные больного. Сведения о пребывании больного в стационаре содержатся в таблице, связанной с предыдущей по уникальному ключевому полю. Именно к этой таблице могут быть подключены дополнительные таблицы, содержащие информацию об обследовании и лечении данного больного в отделении.

Массивы данных содержат последовательные наблюдения, их накопление происходит в ходе плановых лечебных процессов, и постепенно они поступают в БД для последующего хранения, обработки и анализа, где хранятся в стандартном формате медицинских данных. Интеграция статистических методов и СУБД позволяет создавать

эффективные системы ППР различного назначения. Далее, вторым блоком, разрабатываемой МИС ППР является ИАД, в основе которого заложен алгоритм, что позволяет рассчитывать не только прогноз развития осложнения, но и определять показатели значимых факторов риска (ФР). Идея алгоритма заключается в том, что изначально анализировался ряд статистических методов, которые позволяют рассчитывать прогноз развития осложнения.

Статистическую обработку материала проводили с применением БЛР на основе модуля автоматического включения Binary Logistic и дискриминантного анализа на базе модуля принудительного включения Discriminant Analysis пакета программ IBM SPSS Statistics 20.0 [5]. Определение взаимо-

связей среди факторов риска осуществлялось на основе пакета Multifactor Dimensionality Reduction 2.0 Beta 8.4.

Прогноз риска развития ОСН осуществлялся на основе показателей, которые оказывают наибольшее влияние на ее развитие.

В модель включались признаки, по которым уровень статистической значимости коэффициентов корреляции с ОСН был $p < 0.05$. Вторым шагом алгоритма было сравнение построенных моделей с целью выбора наиболее эффективного метода. Для того, чтобы оценить чувствительность и специфичность сформированных моделей, была применена кросс-проверка (cross validation test), т. е. метод оценки модели и ее поведения по независимым данным.

Для того, чтобы определить диагностическую ценность результирующей прогностической модели, применялась ROC-кривая с дальнейшим определением площади под ней (диагностически значимым является показатель, превышающий 0.70).

С помощью наиболее эффективного метода строится математическая модель прогноза развития ОСН в раннем послеоперационном периоде, на основе собранных данных и отбираются значимые ФР для дальнейшего анализа и воздействия лечебными мероприятиями. Работа алгоритма для пользователя представлена третьим блоком, который содержит ряд форм пользовательского приложения. При запуске открывается форма для навигации по МИС ППР, на которой имеется форма поиска, форма просмотра/редактирования/внесения новых данных о пациенте, формы для расчета индивидуальной оценки риска развития осложнений у конкретного пациента и для анализа факторов риска развития ОСН. На основе полученных данных формируется решение для корректировки и совершенствования лечебного процесса. Врачу представлена структура ФР, которые оказывали влияние на развитие ОСН в раннем послеоперационном периоде. Видя ее, он может выделить ряд признаков, на которые можно было бы тем или иным способом повлиять на дооперационном этапе, с целью снижения вероятности риска развития осложнения.

Исходя из этапов алгоритма, весь цикл шагов повторяется, что дает возможность врачу с каждым последующим этапом определять и вводить в постоянную практику ряд дополнительных лечебных мероприятий. Спроектированная информационная система полезна для сопровождения лечебного про-

цесса, оценки риска развития осложнений в раннем послеоперационном периоде и выявления структуры факторов-предикторов, влияющих на развитие ОСН. Разработанная структура ИС ППР построения прогностических моделей на основе ИАД позволяет неограниченно расширять спектр прогнозируемых осложнений и дает возможность выявлять пациентов повышенного риска. Кроме того, она является инструментом для врача в принятии решений с целью коррекции лечебных мероприятий и минимизации риска развития осложнений. При тестировании использовались ретроспективные данные. Разработанные модели позволяют с высокой надежностью (более 90 %) прогнозировать вероятность развития осложнения в раннем послеоперационном периоде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев С. Г. Логистическая регрессия. Многомерные методы статистического анализа категориальных данных медицинских исследований: учебное пособие / С. Г. Григорьев, В. И. Юнкеров, Н. Б. Клименко. – СПб., 2001. – С. 10-21.
2. Дискриминантный анализ / Дж.-О. Ким [и др.] // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1989. – С. 78-138.
3. Дюк, В. Data Mining: учебный курс / В. Дюк, А. Самойленко. – СПб.: Питер. – 2001.
4. Бирман Э. Г. Сравнительный анализ методов прогнозирования / Э. Г. Бирман. – НТИ. Сер. 2, – 1986. – № 1 – С. 11-16.
5. Бююль, А. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: пер. с нем. – СПб.: ООО ДиаСофтЮП, 2005. – 608 с.
6. Ермаков В. Б. О проблемах стоматологической профилактики в Краснодарском крае / В. Б. Ермаков, Ю. Е. Антоненков, В. П. Косолапов // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – Т. 21. – № 4. – С. 148-152.
7. Клименко Г. Я. Использование балльной оценки для формирования интегрального показателя состояния здоровья населения / Г. Я. Клименко, И. Э. Есауленко, О. Н. Чопоров, В. П. Косолапов, Г. А. Шемаринов // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья им. Н. А. Семашко. – 2003. – № 9. – С. 18-22.

8. Косолапов В. П. Влияние социально-экономических факторов и образа жизни на здоровье населения в воронежской области / В. П. Косолапов, Л. И. Летникова, Г. В. Сыч, М. В. Фролов, А. В. Сыч // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2015. – Т. 14. – № 4. – С. 820-828.
9. Клименко Г. Я. Медико-биологические и социально-гигиенические факторы риска перинатальной и младенческой смертности на муниципальном уровне / Г. Я. Клименко, В. П. Косолапов, О. Н. Чопоров // Проблемы управления здравоохранением. – 2003. – № 2. – С. 15.
10. Косолапов В. П. Анализ демографической ситуации в Воронежской области за период 2010 – 2013 гг. / В. П. Косолапов, Г. В. Сыч, М. В. Фролов, Г. В. Ласточкина // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13. – № 3. – С. 694-701.
11. Косолапов В. П. Проблемы репродуктивного здоровья населения Воронежской области и пути их решения / В. П. Косолапов, П. Е. Чесноков, Г. Я. Клименко // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2010. – № 10. – С. 6.
12. Косолапов В. П. Анализ младенческой смертности в районах Воронежской области за период с 2010-2012 годы / В. П. Косолапов, Г. В. Сыч, М. В. Фролов, М. Л. Жидков, Г. В. Ласточкина // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13. – № 2. – С. 488-493.
13. Чопоров О. Н. Оптимизация управления функционированием медицинских систем различного уровня / О. Н. Чопоров, И. Я. Львович, К. А. Разинкин, А. А. Рындин // Системы управления и информационные технологии. – 2013. – Т. 53. – № 3. – С. 100-104.
14. Чопоров О. Н. Оптимизационная модель выбора начального плана управляющих воздействий для медицинских информационных систем / О. Н. Чопоров, К. А. Разинкин // Системы управления и информационные технологии. – 2011. – Т. 46. № 4.1. – С. 185-187.
15. Гладских Н. А. Применение статистических методов прогнозирования и гистехнологий для мониторинга системы регионального здравоохранения / Н. А. Гладских, В. А. Голуб, С. Н. Семенов, О. Н. Чопоров // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2008. – № 1. – С. 111-116.
16. Махер Х. А. Разработка и использование моделей для прогнозирования качества жизни беременных по их медико-социальным характеристикам / Х. А. Махер, Н. В. Наумов, Г. Я. Клименко, О. Н. Чопоров // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10. – № 4. – С. 789-793.
17. Чопоров О. Н. Интегральное оценивание и прогностическое моделирование состояния здоровья беременных, рожениц и родильниц с учетом их медико-социальных характеристик / О. Н. Чопоров, В. П. Косолапов, Н. В. Наумов, Х. А. Гацайниева // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2012. – № 9. – С. 91-95.

THE STRUCTURE OF MEDICAL INFORMATION SYSTEM FOR DECISION SUPPORT USING DATA MINING ALGORITHMS

© 2017 V. Y. Usov

Voronezh Institute of High Technologies

Discusses the system support clinical decision when treating patients with cardiovascular diseases. The system is focused on the construction of the forecast of development of congestive heart failure on the basis of data mining algorithms. The medical information system allows to identify the risk of developing complications, shaping decisions on correction of the treatment process.

Key words: medical information system, decision-making, intellectual data analysis, correction of the treatment process.