

Программная технология как инструмент системы поддержки принятия врачебного решения в профилактике сердечно-сосудистой летальности

Аннотация

Представлены этапы разработки компьютерной программы как инструмента системы поддержки принятия врачебного решения по оценке степени риска госпитальной летальности от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Программная технология предназначена для реализации в пенитенциарном секторе здравоохранения. Ее разработка включала в себя выявление факторов риска госпитальной летальности с применением методов интеллектуального анализа данных и формирование программного алгоритма. Автоматизированный прогноз позволит решить задачу оптимальной маршрутизации пациента и осуществить выбор лечебной тактики, что определяет одно из направлений профилактики госпитальной летальности.

Указом Президента РФ от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» в качестве одной из приоритетных задач указано создание механизмов взаимодействия медицинских организаций на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения, включающей в себя разработку и внедрение медицинских программных технологий, в том числе компьютеризированных систем поддержки принятия врачебных решений [1]. Однако в условиях уголовно-исполнительной системы (УИС) для достижения необходимого уровня информатизации медицинской деятельности необходимо решить целый ряд задач: формирование современной информационной и телекоммуникационной инфраструктуры с обеспечением доступа к Интернет-ресурсам, модернизацию имеющихся материальной и программной баз медицинских подразделений, обеспечение финансового, технического, ресурсного и правового аспектов реализации информационных процессов [2]. В связи с этим для оптимизации работы врача пенитенциарного здравоохранения представляется актуальным разработка программных технологий, функционирующих автономно и отвечающих невысоким техническим возможностям рабочего места медицинского специалиста.

Целью исследования стала разработка компьютерной программы для автоматизированного прогноза степени риска летального исхода пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ), поступающих на стационарное лечение в медицинское учреждение УИС.

На первом этапе создания программы при помощи методов распознавания и интеллектуального анализа данных (Data Mining) выявлялись факторы риска госпитальной летальности по причине ССЗ: изучалось влияние анамнестических, клинических, биохимических и инструментальных показателей на

исход заболевания. По результатам ретроспективного анализа историй болезней 213 мужчин, отбывавших наказание в местах лишения свободы (МЛС) и получавших стационарное лечение по поводу ССЗ, было выделено две группы наблюдения. Первая группа включала в себя 81 человек с неблагоприятным исходом стационарного лечения (умерших), средний возраст – $54,6 \pm 1,4$ лет; вторая группа – 132 человека, средний возраст – $51,3 \pm 0,9$ лет, которые были выписаны для продолжения амбулаторного лечения в медицинские части по месту отбывания наказания. В статистический анализ включались 23 показателя на каждого пациента (количественные и качественные):

- анамнестические данные: возраст (лет), длительность содержания в МЛС (лет), количество раз отбывания наказания, длительность последнего срока осуждения (месяцев), курение с указанием количества выкуриваемых сигарет в день, длительность течения ССЗ (месяцев), наличие группы инвалидности, употребление крепких тонизирующих напитков (цифир) (да/нет), исход стационарного лечения ССЗ (выписан из стационара/умер в стационаре);
- антропометрические данные: рост (см), вес (кг), индекс массы тела;
- данные объективного обследования: частота сердечных сокращений (ЧСС), уровень систолического артериального давления (САД) и диастолического артериального давления (ДАД) в момент первичного осмотра госпитализированного больного (мм рт. ст);
- биохимические показатели крови: гемоглобин (Hb) (г/л), тромбоциты ($Tg \cdot 10^9/л$), время свертывания крови (ВСК), сахар (ммоль/л), холестерин (ммоль/л), креатинин (мкмоль/л);
- показатели ЭХО-КГ: фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) (%), конечный систолический размер ЛЖ (КСР

Таблица 1

Факторы риска госпитальной летальности по причине сердечно-сосудистых заболеваний со значимым различием при одномерных разбиениях, выполненных методом ОДР, для двух групп пациентов

Код	Признак (показатель)	ОГР	Ниже границы, чел./%		Выше границы, чел./%		F	p
			1-я гр. (81 чел.)	2-я гр. (132 чел.)	1-я гр. (81 чел.)	2-я гр. (132 чел.)		
X1	Вес	76,5	64/ 79	58/44	18/22	76/58	24,9	< 0,00033
X2	ДАД	76,5	30/ 37	14/11	52/64	120/91	21,33	< 0,00033
X3	САД	112,5	26/ 32	13/10	56/69	121/92	16,57	< 0,00033
X4	Hb	103,5	12/15	2/2	69/85	132/100	14,65	0,004
X5	Употребление цифира	0,5	24/30	73/55	57/ 70	57/43	14,07	< 0,00033
X6	Возраст	68,5	69/85	131/99	13/ 16	3/2	13,68	0,003
X7	ЧСС	82,5	47/58	104/79	35/ 43	30/23	9,914	0,018
X8	Tg	155	19/ 23	9/7	52/64	110/83	12,97	0,008
X9	КДР ЛЖ	5,89	31/38	100/76	21/ 26	18/14	12,82	0,006
X10	КСР ЛЖ	4,55	40/49	106/80	12/ 15	7/5	9,901	0,018
X11	ФВЛЖ	57,5	37/ 46	46/35	17/21	73/55	13,2	0,004
X12	Рост	173,5	56/ 69	62/47	26/32	72/55	9,909	0,016

Точность распознавания методов эмпирического прогнозирования

Метод	Точность (accurasy), %	Чувствительность прогноза, %	Специфичность прогноза, %	Площадь под ROC-кривой (AUC)
MCBC	71,8	69,5	73,1	0,764
Линейный дискриминант Фишера	67,6	57	74	0,736
Нейронная сеть	66,2	54,9	73,1	0,676
Логистическая регрессия	71,8	53,6	82,8	0,71
Решающий лес	73,1	48,8	88,1	0,786

ЛЖ) и конечный диастолический размер ЛЖ (КДР ЛЖ) (см).

Из области методик Data Mining использовался логико-статистический метод оптимальных достоверных разбиений (ОДР), основанный на поиске оптимальной границы разбиений (ОГР) признакового пространства внутри заданных групп и перестановочном тесте для верификации статистической значимости полученных результатов [3], [4]. В ходе анализа было определено, что 1-я группа (умершие) достоверно отличалась от 2-й группы (выписанные после лечения пациенты) по 12 показателям, для которых определялись оптимальные границы разбиения и достигалось статистически значимое различие по числу случаев в двух группах. Эти показатели и были верифицированы искомыми предикторами летальности: регулярное употребление крепкого тонизирующего напитка «чифир», возраст более 68,5 лет, вес менее 76,5 кг и рост менее 173,5 см, уровень САД менее 112,5 мм рт. ст. и ДАД менее 76,5 мм рт. ст., уровень гемоглобина менее 103,5 г/л, уровень тромбоцитов менее $155 \cdot 10^9/\text{л}$, ЧСС более 82,5 уд/мин, ФВ ЛЖ менее 57,5 %, КСР ЛЖ более 4,55 см и КДР ЛЖ более 5,89 см (табл. 1) [5].

Также проводился эксперимент по оценке точности прогноза летального исхода для набора методов машинного обучения (Machine Learning Methods) [6] (ROC-анализ) с применением Python-библиотеки Scikit-learn: метода мультимодельных статистически взвешенных синдромов (MCBC), логистической регрессии, метода решающих лесов, нейронной сети, линейного дискриминанта Фишера. Установлено, что метод MCBC показал наиболее оптимальный результат – высокую чувствительность (доля верных прогнозов среди случаев с летальным исходом) [5] (табл. 2).

Таблица 3

Весовые коэффициенты предикторов госпитальной летальности, полученные методом анализа иерархий

Переменная	Факторы риска (предикторы) госпитальной летальности по причине ССЗ	Весовые коэффициенты
X1	Вес	0,031
X2	ДАД	0,017
X3	САД	0,069
X4	Нб	0,034
X5	Употребление чифира	0,009
X6	Возраст	0,031
X7	ЧСС	0,069
X8	Тг	0,034
X9	КДР ЛЖ	0,099
X10	КСР ЛЖ	0,199
X11	ФВЛЖ	0,398
X12	Рост	0,005

На следующем этапе для программной реализации прогноза степени риска госпитальной летальности определялись весовые коэффициенты выявленных предикторов методом анализа иерархий. В результате матричного синтеза, с учетом

мнения экспертов, наибольшие весовые коэффициенты были получены для показателей ЭХО-кардиограммы (табл. 3).

На основании этих данных и результатов ранее выполненных исследований, в которых показатели ЭХО-кардиограммы верифицированы как маркеры ремоделирования миокарда и независимые предикторы сердечно-сосудистой смертности [7]–[9], разработан алгоритм логического программного оператора. Алгоритм основан на принципе классификации степени риска госпитальной летальности при формировании различных комбинаций показателей из данных обследования пациентов: наличие предикторов X9, X10, X11 определяет высокую степень риска госпитальной летальности от ССЗ поступившего пациента, а их отсутствие в формируемых сочетаниях – низкий риск летальности.

Для разработки программы использовалась интегрированная среда Delphi 7, которая предназначена для визуального проектирования Windows-приложений, язык программирования – Object Pascal, объем программы – 126 Кб. Программная технология включает в себя основные компоненты: базу данных, модуль автоматизированной обработки данных, программный интерфейс. Функционал компьютерной программы обеспечивает: ввод данных пациента (паспортные данные, диагноз при поступлении, значения исследуемых факторов), возможность хранения и поиска данных в базе данных (БД) системы, автоматизированный прогноз степени риска госпитальной летальности, вывод результата на экран. Автоматизированный прогноз степени госпитальной летальности поступившего на лечение пациента с ССЗ позволяет осуществлять выбор оптимальной маршрутизации внутри отделений медицинского учреждения и интенсивности лечения: своевременное выявление пациентов высокого риска летального исхода по причине ССЗ свидетельствует о необходимости проведения интенсивной терапии в специализированном отделении (рис. 1).

На современном этапе в здравоохранении для решения задач в различных областях медицины все масштабнее внедряются прогнозная аналитика и управление рисками на основе машинного обучения. Так, например, программная система поддержки принятия врачебного решения «Гиппократ» обеспечивает раннее выявление социально-значимых заболеваний [10], система искусственного интеллекта «Webiomed» осуществляет эпидемиологический мониторинг пациентов высокого риска при различных заболеваниях [11], программа поддержки принятия врачебных решений «Амбулаторная помощь при COVID19» разработана для помощи врачам амбулаторного звена в выборе тактики ведения пациентов с SARS-CoV-2 [12].

Как представляется, в свете решения одной из актуальных задач пенитенциарного здравоохранения – создания медицинской информационной системы для медико-санитарных частей ФСИН России [2] – разработанная авторами компьютерная программа, обеспечивая автоматизированную поддержку принятия врачебного решения, выступает одним из механизмов снижения госпитальной летальности от ССЗ, а также средством повышения информатизации медицинских учреждений УИС.

Список литературы:

1. Гусев А.В., Зарубина Т.В. Поддержка принятия врачебных решений в медицинских информационных системах меди-

- цинской организации // Врач и информационные технологии. 2017. № 2. С. 60-71.
2. Пономарев С.Б., Полищук В.Е. Перспективы информатизации пенитенциарного здравоохранения // Научные труды ФКУ НИИ ФСИН России (научно-практическое ежеквартальное издание). 2019. Вып. 2. С. 238-241.
 3. Гулиев Р.Р., Сенько О.В., Затеищиков Д.А., Носиков В.В. и др. Применение оптимальных разбиений для многопараметрического анализа данных в клинических исследованиях // Математическая биология и биоинформатика. 2016. Т. 11. № 1. С. 46-63.
 4. Борисова Л.Р., Кузнецова А.В., Сергеева Н.В., Сенько О.В. Применение методов машинного обучения для сравнения компаний арктической зоны РФ по экономическим критериям в соответствии с рейтингом полярного индекса // Компьютерные исследования и моделирование. 2020. Т. 12. № 1. С. 201-215.
 5. Дюжева Е.В., Кузнецова А.В., Сенько О.В. Определение факторов риска сердечно-сосудистой летальности в учреждениях уголовно-исполнительной системы с использованием методов машинного обучения // Врач и информационные технологии. 2017. № 2. С. 25-49.
 6. Кузнецова А.В., Сенько О.В., Кузнецова Ю.О. Преодоление проблемы черного ящика при использовании методов машинного обучения в медицине // Врач и информационные технологии. Искусственный интеллект в здравоохранении. 2018. № 7. С. 74-80.
 7. Каменев В.Ф., Овчинникова Ю.В., Палченкова М.В., Беляев И.А., Оболонкова Н.И., Червякова Ю.Б., Копелев А.А. Прогностическое значение кардиопульмонального тестирования больных хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса (обзор литературы) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2019. Т. 42. № 2. С. 194-207.
 8. Хурс Е.М., Поддубная А.В., Смоленская О.Г. Варианты ремоделирования левого желудочка сердца и их классификация // Вестник Уральской академической науки. 2011. № 1. С. 90-94.
 9. Gonzalez M.M., Berg R.A., Nadkarni V.M., Vianna C.B., Kern K.B., Timerman S., Ramirez J.A. Left ventricular systolic function and outcome after in-hospital cardiac arrest // Circulation. 2008. Vol. 14. № 117. PP. 1864-1872.
 10. Верткин А.Л., Седякина Ю.В., Погонин А.В., Романенко И.И. «Гиппократ» – система поддержки принятия врачебных решений для первичного звена по раннему выявлению социально-значимых заболеваний // Медицинский алфавит. 2021. № 7. С. 11-14.
 11. Программа для предиктивной аналитики и управления рисками в здравоохранении на основе искусственного интеллекта Webiomed.DHRA / Свидетельство о гос. рег. ПрЭВМ, рег. № RU2020616924 от 25.06.2020, правообладатель: ООО «К-Скай» // Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем: офиц. бюллетень (Роспатент). 2020. № 7. 1 с.
 12. Программа поддержки принятия врачебных решений (вариант исполнения – «Амбулаторная помощь при COVID19») / Свидетельство о гос. рег. ПрЭВМ, рег. № RU2021612652 от 20.02.2021, правообладатель: ФГАОУ ВО «БелГУ» // Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем: офиц. бюллетень (Роспатент). 2021. № 2. 1 с.

*Елена Викторовна Дюжева,
канд. мед. наук, научный сотрудник,
Центр изучения проблем управления
и организации исполнения наказаний
в уголовно-исполнительной системе,
Федеральное казенное учреждение «Научно-
исследовательский институт ФСИН России»,
г. Москва,
e-mail: ele5055@yandex.ru*

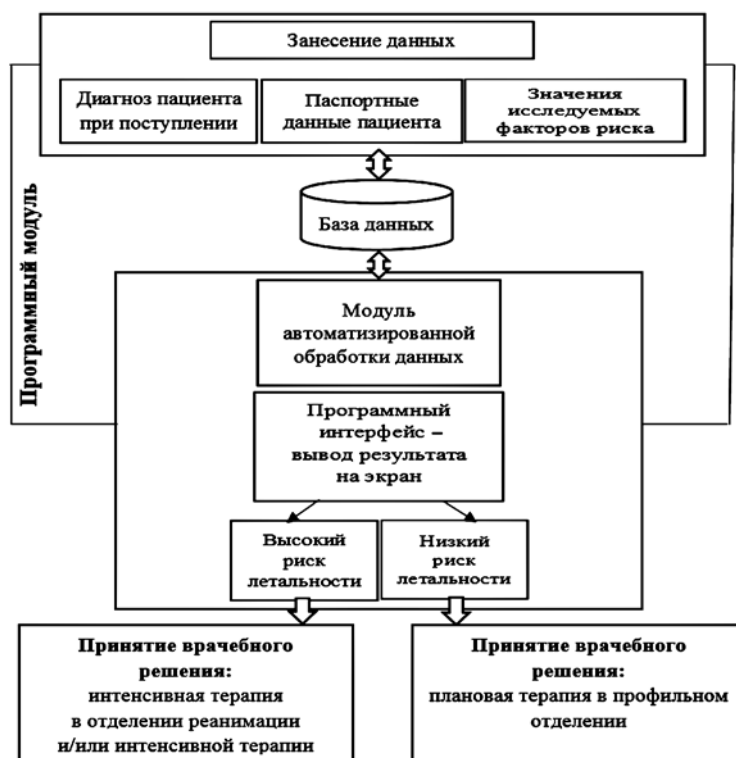


Рис. 1. Алгоритм выбора врачебной тактики ведения пациента с использованием программной технологии для поддержки принятия врачебного решения