

УДК 004.89

DOI: 10.15827/2311-6749.19.2.3

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

А.В. Ткаченко, магистр; Ю.С. Белов, к.ф.-м.н., доцент, fn1-kf@mail.ru  
(Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, каф. ФНИ-КФ «Программное обеспечение,  
информационные технологии и прикладная математика», г. Калуга, 248000, Россия)

В статье рассматриваются интеллектуальные системы, используемые в прогнозировании сердечно-сосудистых заболеваний. Эти системы осуществляют вычисления на основе алгоритмов, составленных для каждой системы отдельно. Цель прогнозирования – продление жизни человека путем поддержки сердца недостающими элементами, отказа от вредных привычек и изменения образа жизни. Интеллектуальные системы (шкалы) позволяют оценивать риск возникновения в ближайшие годы сердечно-сосудистых заболеваний на основе определенных факторов. Данные факторы суммируются, и затем делается вывод о том, к какой группе риска относится пациент, к какому заболеванию он предрасположен на данный момент, какие болезни могут еще развиваться, в соответствии с этим назначается лечение. Основными методами прогнозирования сердечно-сосудистых заболеваний являются шкалы SCORE, Фрамингема, ASSIGN, GRACE, PROCAM, риска Рейнольдса, QRISK.

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы, сердечно-сосудистые заболевания (ссз), факторы риска, анализ данных, суммарный риск, шкала score, шкала фрамингема, шкала assign, шкала grace, шкала procam, шкала риска рейнольдса, шкала qrisk.

Как известно, первое место среди заболеваний человечества занимают болезни сердечно-сосудистой системы. К числу наиболее распространенных сердечно-сосудистых заболеваний относятся ишемическая болезнь сердца, тромбоз, артериальная гипертония с ее осложнениями – инфарктом миокарда и инсультом [1]. Причинами их возникновения могут стать генетическая предрасположенность, неправильное питание, отсутствие физической активности и многое другое.

Для постановки точного диагноза пациент должен пройти ряд процедур, сдать анализы, чтобы врач назначил необходимое лечение. Однако существует возможность прогнозирования сердечно-сосудистых заболеваний на будущие годы, направленного на выявление заболевания на ранней стадии и, следовательно, на снижение смертности населения.

Это очень важный и сложный процесс. Все показатели собираются в одном месте, в БД [2], и на их основе составляется прогноз протекания заболевания. При протекании любого заболевания существует фактор риска, то есть некоторый признак, связанный со статическим повышением вероятности развития определенного заболевания, выявленный на основе эпидемиологических исследований. Большой риск представляет наличие двух и более факторов [3].

### Прогнозирование на основе интеллектуальных систем

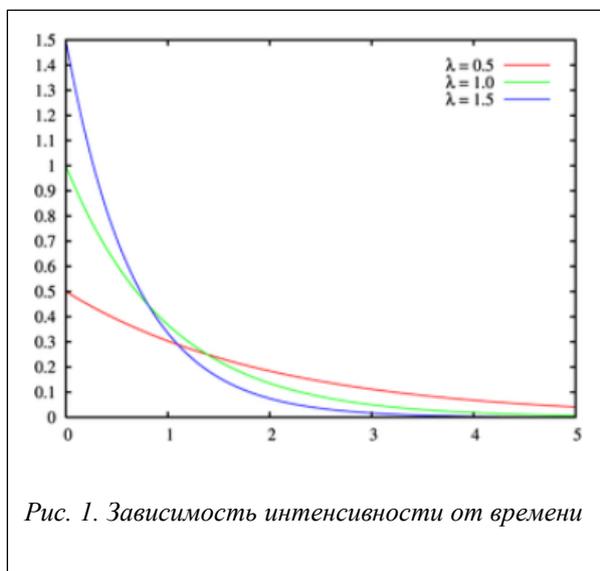


Рис. 1. Зависимость интенсивности от времени

Интеллектуальная система представляет собой специальную программу, которая осуществляет различные расчеты (прогнозы, классификации, анализы и т.д.) на основе алгоритмов, составленных по результатам опыта экспертов в той или иной области [4].

Среди интеллектуальных систем наиболее популярными в прогнозировании сердечно-сосудистых заболеваний являются разрабатываемые на основе анализа данных на протяжении длительных наблюдений специализированные шкалы, позволяющие количественно оценить риск неблагоприятных событий [5]. К ним относятся шкалы Score, Фрамингема, ASSIGN, GRACE, PROCAM, шкала риска Рейнольдса, QRISK.

**Шкала Score (Systematic Coronary Risk Evaluation).** Данная шкала основана на регрессии Вейбулла, обобщающей независимые события со средней интенсивностью  $\lambda$  за интервалы времени (рис. 1).

Распределение Вейбулла описывается функцией плотности вероятности следующего вида:

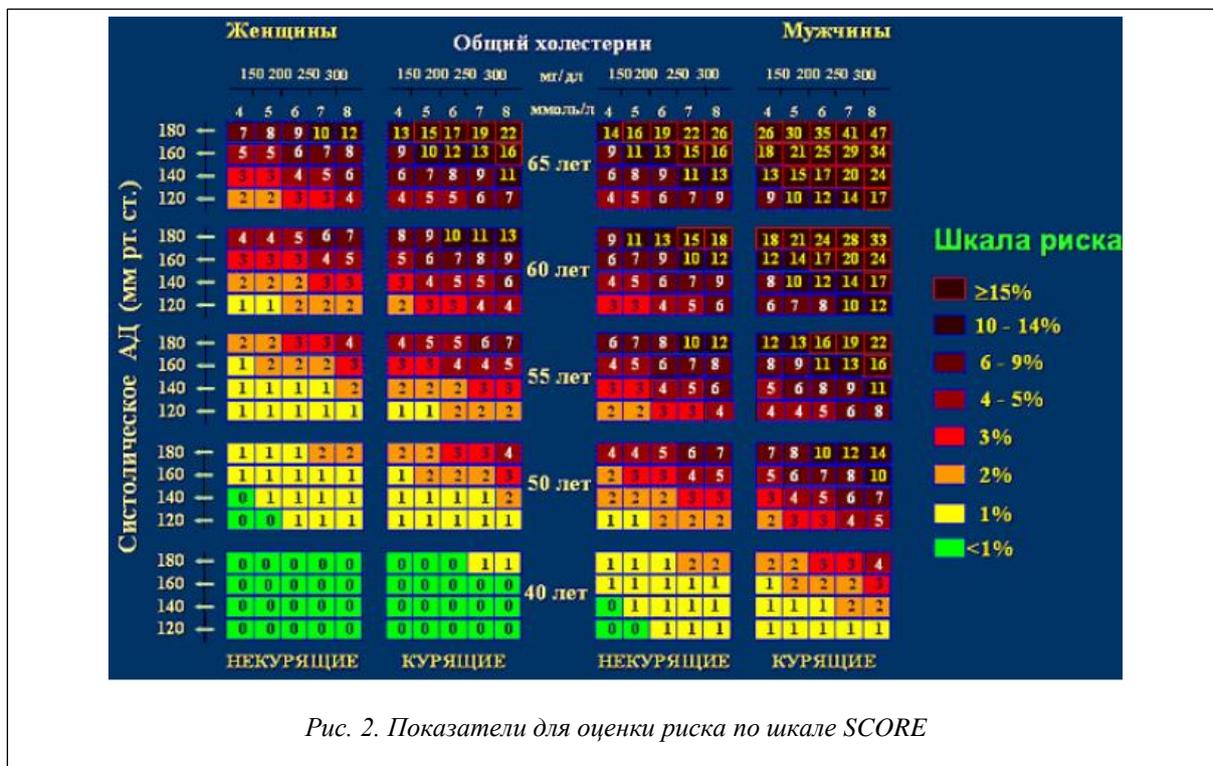
$$W_{k,\lambda}(x) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k},$$

где  $k$  – показатель нестабильности ( $k > 0$ ): если  $k = 1$ , распределение имеет экспоненциальный вид,  $k > 1$  – моделируется поток событий с растущей со временем интенсивностью,  $k < 1$  – со снижающейся.

Шкала SCORE дает прогноз на ближайшие 10 лет и позволяет оценивать и прогнозировать индивидуальный суммарный риск смертности от сердечно-сосудистых заболеваний с учетом пола, возраста, курения, уровней систолического артериального давления, общего холестерина.

Приобретенные сердечно-сосудистые заболевания, как правило, наблюдаются у женщин и мужчин в возрасте от сорока лет.

Процентность риска сердечно-сосудистых заболеваний с учетом необходимых предварительных данных можно определить по рисунку 2.



По отраженным на нем данным можно сделать вывод об уровне риска:

- высокий риск (выше 10 %) при наличии двух и более факторов риска;
- умеренно-высокий (5–10 %) при наличии двух и более факторов риска;
- умеренный риск (1–5 %) при наличии двух и более факторов риска;
- низкий риск (ниже 1 %) при отсутствии факторов риска или наличии только одного.

Благодаря шкале Score можно выявить следующие сердечно-сосудистые заболевания: инсульт, инфаркт миокарда, тромбоэмболия легочной артерии, расслаивающаяся аневризма аорты [6, 7].

**Шкала Фрамингема.** Эта шкала основана на логистической регрессии, что позволяет расширить список выявляемых сердечно-сосудистых заболеваний. Она определяет наличие таких заболеваний, как стенокардия, ишемическая болезнь сердца, инфаркт миокарда, инсульт. Подобно шкале Score данная система дает возможность сделать прогноз на будущие 10 лет. При определении сердечно-сосудистых заболеваний в данной шкале учитываются возраст, пол, общий холестерин, холестерин липопротеинов высокой плотности, артериальное давление и курение.

Суммарный риск по шкале Фрамингема определяется как

- низкий (риск ниже 10 %);
- средний (риск от 10 до 20 %);
- высокий (риск выше 20 %).

Значение, превышающее 30 %, характеризует очень высокий риск сердечно-сосудистых заболеваний [6, 7].

**Шкала ASSIGN (Assessing Cardiovascular Risk to Scottish Intercollegiate Guidelines Network/SIGN to Assign Preventative Treatment).** Эта шкала оценивает десятилетний риск развития сердечно-сосудистых за-

болеваний, включая смерть от сердечно-сосудистых заболеваний, ишемической болезни сердца, а также осложнения, влияющие на кровообращение головного мозга.

Факторы, учитываемые при оценке риска: возраст, пол, уровень систолического давления, интенсивность курения, холестерин липопротеинов высокой плотности, наличие ревматоидного артрита, общий холестерин [6].

*Шкала GRACE (Global Registry of Acute Coronary Events)*. Данная шкала предназначена для оценки риска при поступлении пациента в лечебное учреждение, а также при его выписке. С ее помощью можно оценить риск внутрибольничной летальности, смертности и развития инфаркта миокарда. Подсчет может осуществляться автоматически с помощью модели GRACE ACS ([https://www.outcomes-umassmed.org/grace/acs\\_risk/acs\\_risk\\_content.html](https://www.outcomes-umassmed.org/grace/acs_risk/acs_risk_content.html)) и вручную.

Для оценки риска по шкале GRACE учитываются восемь критериев: возраст, частота сердечных сокращений в минуту, систолическое артериальное давление, креатинин сыворотки крови (мкмоль/л), класс сердечной недостаточности (по Т. Killip), наличие остановки сердца на момент госпитализации, отклонение сегмента ST от изоляции, диагностически значимое повышение маркеров некроза миокарда. Каждый из критериев имеет свое значение и балл. Баллы суммируются, и делается вывод, какой уровень риска присваивается данному пациенту. Суммарный риск по шкале GRACE представлен в таблице 1.

Таблица 1

### Оценка риска согласно шкале GRACE

Категория риска (в клинике)	Уровень риска по шкале GRACE	Внутрибольничная смертность, %
Низкая	≤108	<1
Промежуточная	109–140	1–3
Высокая	109–140	>3
Категория риска (через 6 месяцев)	Уровень риска по шкале GRACE	Смертность в течение 6 месяцев после выписки, %
Низкая	≤88	<3
Промежуточная	89–118	3–8
Высокая	>118	>8

*Шкала PROCAM (Prospective Cardiovascular Munster Study)* позволяет определить развитие ишемической болезни сердца и ее осложнения – инфаркт миокарда, внезапную смерть в ближайшие 4–8 лет.

Для расчета суммарного риска оцениваются как немодифицируемые факторы развития (пол, возраст, семейный анамнез по инфаркту миокарда), так и модифицируемые (курение, систолическое артериальное давление, наличие сахарного диабета, общий холестерин, триглицерид, липопротеин высокой плотности, липопротеиды низкой плотности).

Низкий риск сердечно-сосудистых заболеваний – менее 20 %, высокий – более 20 %.

В таблицах 2 и 3 представлен расчет баллов риска с учетом определенных факторов [8].

Таблица 2

### Расчет баллов риска по наличию курения и сахарного диабета

Курение	Баллы	Сахарный диабет	Баллы
В течение последних 12 месяцев		Диагностированный уровень глюкозы или натощак $\geq 120$ мг/дл ( $\geq 6,66$ ммоль/л)	
Да	8	Да	6
Нет	0	Нет	0

Таблица 3

### Расчет баллов по наследственности и САД

Наследственность (инфаркт миокарда в возрасте до 60 лет у ближайших родственников (родители, братья, сестры))	Баллы	Систолическое артериальное давление	Баллы
Да	4	< 120	0
Нет	0	120–129	2
		130–139	3
		140–159	5
		$\geq 160$	8

После определения баллов по отдельным факторам подсчитывается общий балл абсолютного десятилетнего риска ишемических событий (табл. 4).

Таблица 4

## Суммарный десятилетний риск ишемических событий

Число баллов	10-летний риск	Число баллов	10-летний риск	Число баллов	10-летний риск
$\leq 20$	$< 1,0$	34	3,5	48	12,8
21	1,1	35	4,0	49	13,2
22	1,2	36	4,2	50	15,2
23	1,3	37	4,8	51	16,8
24	1,4	38	5,1	52	17,5
25	1,6	39	5,7	53	19,6
26	1,7	40	6,1	54	21,7
27	1,8	41	7,0	55	22,2
28	1,9	42	7,4	56	23,8
29	2,3	43	8,0	57	25,1
30	2,4	44	8,8	58	28,0
31	2,8	45	10,2	59	29,4
32	2,9	46	10,5	$\geq 60$	$\geq 30,0$
33	3,3	47	10,7		

*Шкала риска Рейнольдса (Reynolds Risk Score).* Шкала оценивает следующие факторы риска: пол, возраст, систолическое артериальное давление, общий и «хороший» (липопротеинов высокой плотности) холестерин, уровень С-реактивного белка, инфаркт миокарда в анамнезе, курение.

Шкала риска Рейнольдса оценивает 10-летний суммарный риск сердечно-сосудистых заболеваний (инфаркта миокарда, ишемического инсульта, реваскуляризации коронарных артерий).

*Шкала риска QRISK (QRESEARCH Cardiovascular Risk Algorithm).* Шкала оценивает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний на ближайшие 10 лет, включая риск возникновения инфаркта миокарда, ИБС, инсульта и переходящего нарушения мозгового кровообращения.

Оценивающие факторы шкалы QRISK: возраст, пол, курение, индекс массы тела, семейная предрасположенность к сердечно-сосудистым заболеваниям, лечение препаратами, снижающими высокое давление [6].

## Выводы

В данной статье были представлены интеллектуальные системы (шкалы) прогнозирования сердечно-сосудистых заболеваний, приведены факторы риска, уровни риска для каждой системы, заболевания по каждому критерию, суммарная оценка суммарного риска заболеваний на ближайшие годы. Приведенные интеллектуальные системы позволяют не только поставить диагноз, но и сформировать рекомендации по назначению подходящего именно данному пациенту лечения, что позволяет снизить количество врачебных ошибок и повысить профилактическое значение заболеваний путем технологического наблюдения за пациентом.

## Литература

1. Белялов Ф.И. Прогнозирование заболеваний с помощью шкал // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2018. Т. 7. № 1. С. 84–93. DOI 10.17802/2306-1278-2018-7-1-84-93.
2. Жариков О.Г., Мещериков И.В., Литвин А.А. Нейросетевые технологии в медицине // Вопр. организации и информатизации здравоохранения. 2007. № 4. С. 59–63.
3. Weiss J.C., Natarajan S., Peissig P.L. Machine Learning for Personalized Medicine: Predicting Primary Myocardial Infarction from Electronic Health Records. AI Magazine, 2012, vol. 33, no. 4, pp. 33–45.
4. Гусев А.В., Кузнецова Т.Ю., Корсаков И.Н. Искусственный интеллект в оценке рисков развития сердечно-сосудистых заболеваний // Журн. телемедицины и электрон. здравоохранения. 2018. № 3. С. 85–90.
5. Белялов Ф.И. Шкалы прогноза сердечно-сосудистых заболеваний // Архивъ внутренней медицины. 2015. № 5. С. 19–21.

6. Berger J.S., Jordan C.O. Blumenthal Screening for Cardiovascular Risk in Asymptomatic Patients. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*, 2010, vol. 3, no. 6, pp. 381–390.
7. Бойцов С.А., Шальнова С.А., Деев А.Д. Моделирование риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений на индивидуальном и групповом уровнях // *Терапевтический архив*. 2013, № 9. С. 1–10.
8. Розыходжаева Д.А., Розыходжаева Г.А. Методы интеллектуального анализа данных при диагностировании сердечно-сосудистых заболеваний // *Техника. Технологии. Инженерия*. 2017. № 3. С. 4–8.
9. Futoma J, Sendak M, Cameron B, Heller K. Predicting Disease Progression with a Model for Multivariate Longitudinal Clinical Data. *Proc. 1st Machine Learning for Healthcare Conf.*, 2016, pp. 42–54.
10. Сахибгареева М.В., Заозерская А.Ю. Разработка системы прогнозирования диагнозов заболеваний на основе искусственного интеллекта // *Вестн. РГМУ*. 2017. № 6. С. 42–46.