

КАРДИОЛОГИЯ/CARDIOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.47>

МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С ПОЗИЦИИ ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ТАКТИКИ ПРИ ПОДОЗРЕНИИ НА ИШЕМИЧЕСКУЮ БОЛЕЗНЬ СЕРДЦА

Научная статья

Костылева С.А.^{1,*}, Линченко С.Н.², Веселенко М.И.³, Костылев А.Н.⁴, Онбыш Т.Е.⁵

¹ ORCID : 0009-0004-0246-0892;

² ORCID : 0000-0001-8345-0645;

⁴ ORCID : 0000-0003-2353-2467;

^{1,3} Краевая клиническая больница №2 Министерства здравоохранения Краснодарского края, Краснодар, Российская Федерация

^{1, 2, 4, 5} Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (kostyleva.sof[at]yandex.ru)

Аннотация

Цель. Применение модели искусственного интеллекта (ИИ) позволит интегрировать систему поддержки принятия решений (СППР) на базе байесовских сетей в кардиологическую практику.

Материалы и методы. Создание модели ИИ с интеграцией байесовских сетей основывается на оценке вероятности по совокупности симптомов и лабораторных исследований с анализом временных рядов (% соотношение повторяемости при различных формах ИБС и данными доказательной медицины).

Результаты. Согласно клиническим рекомендациям, основанным на огромной доказательной базе, практических исследованиях и лечении сердечно-сосудистой системы, разработана модель ИИ на базе байесовских сетей, что в целом будет отображать СППР, помогающую кардиологу в повседневной работе, ИИ позволит кардиологу аргументировать и индивидуализировать рациональную тактику при подозрении на ИБС, учитывая большой поток профессиональной информации. Представленная модель с применением ИИ является предшественником создания программы, включающей дополнительный объем информации. Байесовские сети представлены величинами St-1 и Yt-1 (входные нейроны, которые зависят только от значений скрытых переменных St и Yt (скрытые нейроны в момент времени t). Сопоставление St-1 и Yt-1 (количество клинических симптомов, сопряженных с лабораторными анализами) с ненаблюдаемыми случайными величинами St и Yt (количество симптомов с позиции доказательной медицины) выявляет условное распределение St+1 и Yt+1 (выходные нейроны) с последующим прогнозом тактики при подозрении на ИБС.

Выводы. Новизна исследований обусловлена доказательным принципом научных и клинических исследований в кардиологии с использованием модели ИИ, что позволяет интегрировать СППР для персонализированного подхода в интерпретации тактики при подозрении на ИБС. Дает возможность с высоким уровнем доказательности и периодичности обновлять программу, учитывая коморбидность кардиологической и терапевтической патологии. Развивать образовательное клиническое мышление со студенческой скамьи в условиях цифровизации медицины.

Ключевые слова: искусственный интеллект, байесовские сети, кардиология, доказательная медицина, ишемическая болезнь сердца.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODEL FROM AN EVIDENCE-BASED MEDICINE PERSPECTIVE IN DETERMINING TACTICS IN SUSPECTED CORONARY HEART DISEASE

Research article

Kostyleva S.A.^{1,*}, Linchenko S.N.², Veselenko M.I.³, Kostilev A.N.⁴, Onbish T.Y.⁵

¹ ORCID : 0009-0004-0246-0892;

² ORCID : 0000-0001-8345-0645;

⁴ ORCID : 0000-0003-2353-2467;

^{1,3} Regional Clinical Hospital No. 2 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory, Krasnodar, Russian Federation

^{1, 2, 4, 5} Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

* Corresponding author (kostyleva.sof[at]yandex.ru)

Abstract

Objective. The application of an artificial intelligence (AI) model will enable the integration of a decision support system (DSS) based on Bayesian networks into cardiology practice.

Materials and methods. The creation of AI model with integration of Bayesian networks is based on the estimation of probability by the totality of symptoms and laboratory tests with time series analysis (% recurrence ratio in different forms of CHD and evidence-based medicine data).

Results. According to clinical guidelines based on a huge evidence base, practical research and treatment of cardiovascular system, an AI model based on Bayesian networks has been developed, which in general will display DSS to assist the cardiologist in daily work, AI will allow the cardiologist to substantiate and individualise rational tactics in suspected CHD, taking into account a large flow of professional information. The presented AI-enabled model is a precursor to the creation of a programme incorporating an additional amount of information. Bayesian networks are represented by the values of St-1 and Yt-1 (input neurons, which depend only on the values of the latent variables St and Yt (latent neurons at time t)). Comparison of

St-1 and Yt-1 (number of clinical symptoms paired with laboratory tests) with the unobserved random variables St and Yt (number of symptoms from an evidence-based medicine perspective) identifies the conditional distribution of St+1 and Yt+1 (output neurons) with subsequent prediction of tactics for suspected CHD.

Conclusions. The novelty of the research is due to the evidence-based principle of scientific and clinical research in cardiology using the AI model, which will allow the integration of DSS for a personalised approach in the interpretation of tactics in suspected CHD. Provides the opportunity to update the programme with a high level of evidence and periodicity, taking into account the comorbidity of cardiac and therapeutic pathology. To develop educational clinical thinking from the student level in the context of the digitalisation of medicine.

Keywords: artificial intelligence, Bayesian networks, cardiology, evidence-based medicine, coronary heart disease.

Введение

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) нарушает качество жизни как среди работающего населения, так и людей старшего поколения, которые вышли на пенсию. Изменяющиеся условия внутренней и внешней среды влияют как на защитно-компенсаторные механизмы, так и на защитно-приспособительные реакции организма. В исходе заболевания играют многие факторы: профилактические мероприятия, терапевтическое лечение, а также своевременная диагностика и экстренное проведение хирургических вмешательств, включающих реваскуляризацию миокарда. Один из приоритетных вопросов при поступлении больного с подозрением на стабильную ИБС — показания для хирургического лечения. В настоящее время процесс принятия решений о состоянии здоровья и тактики в лечении пациентов сопоставим в совокупности с использованием доказательной медицины.

Сердечно-сосудистая патология как в России, так и во всем мире занимает первое место в структуре заболеваемости и смертности, несмотря на проводимые лечебно-профилактические мероприятия. По данным Росстата, среди россиян смертность от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) составила в 2021 году 933 986 человек или 640,4 на 1000 населения (38% всех случаев смерти). Более того, на ИБС приходится 54,4%, причем 15% составляют умершие от ИБС трудоспособного возраста.

Интересен тот факт, что, с одной стороны, диагностические мероприятия по выявлению ИБС отработаны достаточно хорошо, но, с другой стороны, представляют большие трудности в постановке диагноза вследствие бессимптомного течения болезни и сопряженности с сопутствующей патологией у старшей возрастной группы, что требует большого информационного поля знаний, включая исследования в доказательной медицине, с возможностью интерпретаций диагностически значимых показателей в каждом отдельном случае, например, с атипичной клиникой стенокардии, редкими формами ИБС, а также с сопутствующей терапевтической и хирургической патологией, микст-инфекцией и т.д. На данном этапе применение модели искусственного интеллекта позволит определить тактику ведения больного при подозрении на ИБС в профилактике осложнений и улучшить качество жизни.

В современной медицинской науке создаются условия для цифровой трансформации здравоохранения путем использования как стандартного программного обеспечения (медицинские информационные сети), так и технологий искусственного интеллекта (ИИ), что является важнейшей тенденцией цифровизации медицины в обеспечении качества медицинской помощи. В настоящее время при защите населения в условиях чрезвычайной ситуации (ЧС) используются такие модели ИИ как NEWMC (США), RODOS (Европейский союз), ЭСПЛА-10 (Россия) [1], [2], [3]. В Японии на службе гражданской обороны используется система поддержки принятия решений (СППР) на базе байесовских сетей [4], [5].

Наша работа направлена на интеграцию СППР в клиническую медицину, что позволит обеспечить точную диагностику на базе байесовских сетей программного моделирования по клиническим симптомам, лабораторным показателям и данным исследований в доказательной медицине для оптимизации хода лечения, а также персонализированный подход в профилактике осложнений и улучшении качества жизни в возрастных группах. Таким образом, наиболее продуктивным будет применение моделей искусственного интеллекта на базе байесовских сетей с оценкой вероятности по совокупности симптомов и анализа вероятностных временных рядов.

Российское многоцентровое эпидемиологическое исследование заболеваемости, смертности, качества диагностики и лечения острых форм ИБС (исследование РЕЗОНАНС, ЭССЕ-РФ), выявило ошибки при установлении диагноза острых форм ИБС и более чем в два раза увеличение смертности при острых формах ИБС как у мужчин, так и у женщин [6]. Согласно общемировой статистике, смертность при ССЗ стоит на первом месте и настолько высока в цифрах, что можно соотнести с ЧС, требующей постоянно новых разработок в диагностике, профилактике, лечении и упреждении осложнений с целью снижения смертности и улучшения качества жизни.

Цель исследования и методы

Применение модели искусственного интеллекта позволит интегрировать систему поддержки принятия решений на базе байесовских сетей в медицинскую практику и учебный процесс для студентов медицинских вузов в определении тактики ведения больного при подозрении на ИБС.

Модель использования искусственного интеллекта на базе байесовских сетей с разработкой комплекса системы поддержки принятия решений в оценке тактики при подозрении на ИБС по клиническим симптомам, лабораторным показателям и данным доказательной медицины (% соотношение повторяемости при различных клинических формах ИБС).

Основные результаты

Применение технологий ИИ, основанных на принципах доказательной медицины, подразумевает сочетание опыта клинического врача и разумного использования наиболее обоснованных доказательств эффективности тактики лечения конкретного больного. Более того, неотъемлемой частью врачебной культуры является способность к выбору

наиболее сильных доказательств при огромном потоке профессиональной информации, с которыми ежедневно сталкивается врач-кардиолог.

Создание модели ИИ с интеграцией байесовских сетей основывалась на оценке вероятности по совокупности симптомов и лабораторных исследований с анализом временных рядов (% соотношение повторяемости при различных формах ИБС и базой данных доказательной медицины) для выработки стратегии при подозрении на ИБС. Байесовские сети представлены величинами $St-1$ и $Yt-1$ (входные нейроны) которые зависят только от значений скрытых переменных St и Yt (скрытые нейроны в момент времени t), а последовательность St и Yt обладают марковским свойством, т.е. величины St и Yt зависят только от $St-1$ и $Yt-1$. При расчете берется некая гипотеза (A), где появилось некоторое новое условие (B). Нам нужно узнать вероятность A при условии B ($P(B|A) / P(B)$). Для этого берем статистические данные в процентах (по событию A и по событию B) и подставляем их в эту формулу: $[P(B|A)*P(A)]/P(B)=P(A|B)$. Сопоставление каждой случайных величин $St-1$ и $Yt-1$ (например, количество клинических симптомов, сопряженных с лабораторными анализами) с наблюдаемыми случайными величинами St и Yt (например, общее количество симптомов клинических форм ИБС с позиции доказательной медицины) выявляет условное распределение $St+1$ и $Yt+1$ (выходные нейроны) с последующим прогнозом тактики при подозрении на ИБС. (рис.1)

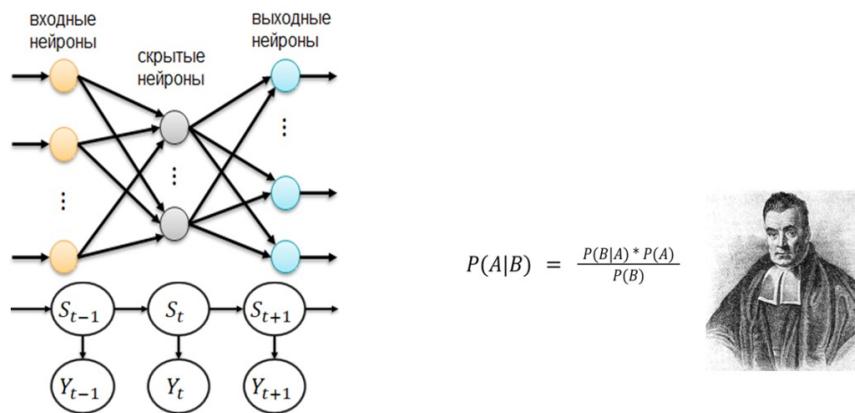


Рисунок 1 - Байесовские сети
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.47.1>

На этапе диагностики у пациентов с подозрением на ИБС проводится анализ жалоб и сбор анамнеза. Одним из весомых признаков ИБС является болевой синдром в грудной клетке. При постановке диагноза нестабильная стенокардия (НС) необходимо ориентироваться не столько на нозологическую принадлежность к той или иной форме ИБС, сколько на главный и единственный общеклинический критерий вариантов НС — быстро меняющейся характер, интенсивность и длительность болевых приступов, прогрессирующее снижение толерантности к физической нагрузке, а также эффективности обычной для данного больного антиангинальной терапии [7]. Общепризнано, что артериальная гипертензия (АГ) является предшественником и одним из главных факторов риска развития основных сердечно-сосудистых заболеваний — инфаркт миокарда (ИМ), ИБС, хронической сердечной недостаточности (ХСН), требующим включение в состав терапии антигипертензивных средств (уровень доказанности ЕОК I В — УУР В, УДД 1) [8]. Метаанализ 9 проспективных исследований выявил наличие тесной связи между уровнем диастолического АД и частотой развития ИБС [7]. По данным Российского многоцентрового эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ (15 300 участников в возрасте 25–64 лет), распространённость АГ в России составляет 44%. Это самое распространенное неинфекционное заболевание в мире — на уровне 30–45%, являющееся основной причиной для критических поражений сердечно-сосудистой системы (ССЗ). Распространенность заболеваний увеличивается с возрастом, достигая более 60% у лиц старше 60 лет [6], [9].

Всем пациентам с ИБС или с подозрением на нее при наличии клинических оснований во время проведения скрининга для выявления сахарного диабета (СД) рекомендуется (уровень доказанности ЕОК I В — УУР С, УДД 5) начинать с исследования уровня гликированного гемоглобина в крови, уровня глюкозы в крови натощак, если результаты неубедительны — дополнительно рекомендуется провести пероральный тест толерантности к глюкозе [8]. Сахарный диабет 2 типа часто сочетается с гиперлипидемией. Риск развития ССЗ увеличивается в 2–4 раза у мужчин и в 3–7 раз у женщин [7] (рис. 2).

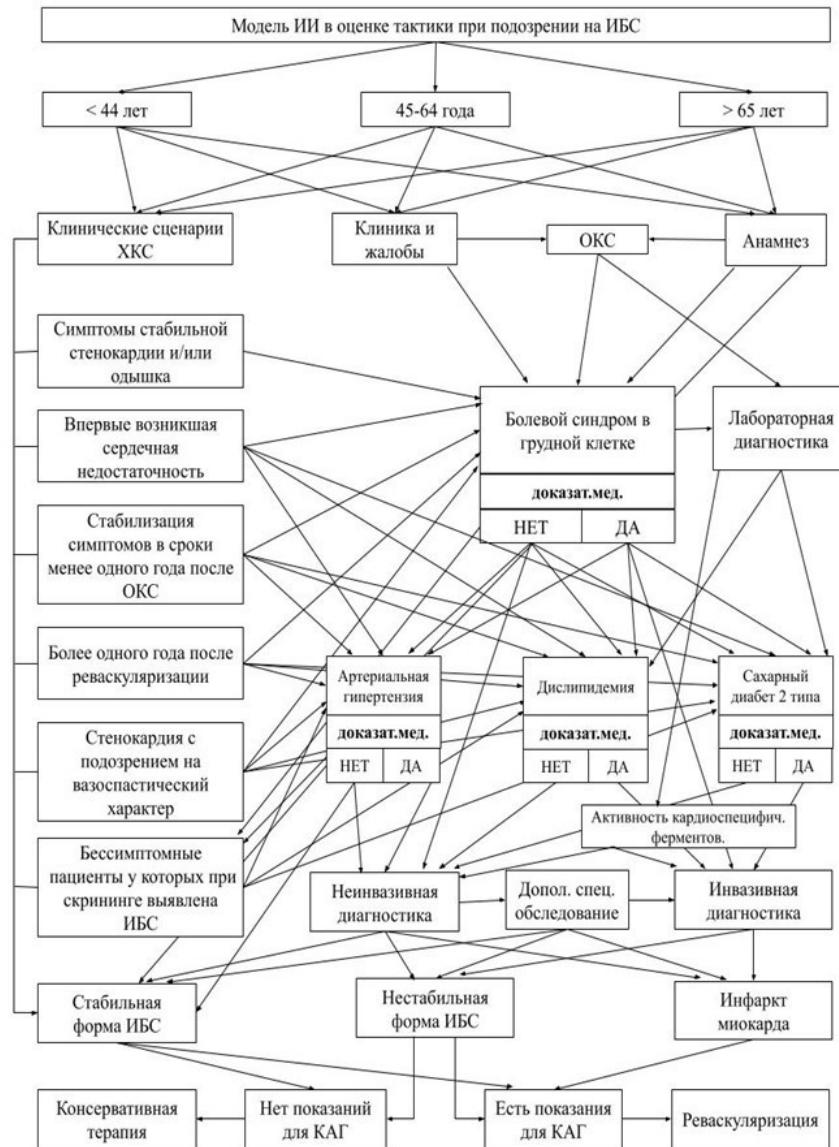


Рисунок 2 - Модель ИИ в оценке тактики при подозрении на ИБС

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.47.2>

В лабораторных исследованиях при ИБС можно выделить самостоятельный параметр с высокой степенью прогностической ценности (уровень доказанности ЕОК I С — УУР С, УДД 5) — это липидный спектр крови [8]. Показано, что концентрация в плазме крови общего холестерина или его фракций тесно коррелирует с заболеваемостью и смертностью от ИБС [7]. Другие исследования крови и мочи способствуют выявлению сопутствующей патологии, что существенно может сказаться на прогнозе ИБС. В процессе проведения первичного обследования могут появиться дополнительные клинические факторы, повышающие вероятность ИБС, что может потребовать дополнительного специфического обследования.

Для обоснования проведения коронарографии (КАГ) необходимо учитывать весь комплекс данных, полученных в ходе расспроса, осмотра и инструментальных исследований. Рекомендуется проведение КАГ для стратификации риска сердечно-сосудистых осложнений (ССО) с тяжелой стабильной стенокардией (ФК III-IV) или с клиническими признаками высокого риска ССО (уровень доказанности ЕОК I В — УУР В, УДД 1), несмотря на проводимую медикаментозную терапию [8], [10].

Периодичность осмотров с оценкой факторов сердечно-сосудистого риска определяется в соответствии с базовым риском ССО и выявленной кардиотоксичности повторно. Риск ССО может снижаться при проведении эффективной вторичной профилактики и успешной реваскуляризации миокарда. В этой связи риск ССО должен периодически переоцениваться (как минимум 1 раз в год).

Таким образом, новизна исследования заключается в интеграции системы поддержки принятия решений на базе байесовских сетей в клиническую практику кардиолога, что позволит на базе методических рекомендаций (с позиции доказательной медицины) обеспечить персонализированный подход как в оценке тактики при подозрении на ИБС, так и в диагностике осложнений в отдаленном периоде с целью улучшения качества жизни.

Заключение

- Использование искусственного интеллекта на базе байесовских сетей позволяет вскрыть причину возникновения ИБС, установить существенные свойства и закономерную взаимосвязь между факторами риска, клиническими симптомами, лабораторными исследованиями, тактикой лечения и показателями смертности.
- Доказательный принцип научных и клинических исследований в кардиологии с использованием искусственного интеллекта позволит со студенческой скамьи развивать образовательное клиническое мышление и применять теоретические знания в интерпретации тактики при подозрении на ИБС в каждом отдельном случае.
- Применение искусственного интеллекта с использованием системы поддержки принятия решений на базе байесовских сетей дает возможность с высоким уровнем доказанности, большой вероятностью и периодичностью обновлять программу диагностики и лечения ССЗ, учитывая высокую коморбидность кардиологической и терапевтической патологии.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.47.3>

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.47.3>

Список литературы / References

- Пучков В.А. Российский национальный доклад. 30 лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986–2016 гг. / В.А. Пучков, А.А. Лутошкин, А.Ю. Попова и др. — Москва: МЧС России, 2016. — 202 с.
- The official website of the US Federal Emergency Management Agency (FEMA). — 2024. — URL: <https://www.fema.gov/> (accessed: 11.02.25)
- Realtime Online Decision Support System for nuclear emergency management [Electronic source] // RODOS. — 2022. — URL: <http://www.rodos.fzk.de/>. (accessed: 07.01.25)
- Cai Y. Multiunit nuclear power plant accident scenarios and improvements including those based upon interviews with TEPCO engineers concerning the 2011 Fukushima accidents. / Y. Cai, M.W. Golay // Nuclear Engineering and Design. — 2020. — 365. — P. 110707. — DOI: 10.1016/j.nucengdes.2020.110707
- Хайруллин Р.З. Применение метода байесовских сетей для установления причинно-следственных связей. / Р.З. Хайруллин. // Известия ТулГУ. Технические науки; — 3. — Тула: ТулГУ, 2022. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenie-metoda-bayesovskih-setey-dlya-ustanovleniya-prichinno-sledstvennyh-svyazey> . (дата обращения: 23.04.25).
- Якушин С.С. Доказательная медицина в кардиологии: учебное пособие для обучающихся по специальности Лечебное дело / С.С. Якушин, Н.Н. Никулина, К.Г. Переверзева. — Рязань: ОТСиОП, 2023. — 260 с.
- Ройтберг Г.Е. Внутренние болезни. Сердечно-сосудистая система: учеб. пособие. / Г.Е. Ройтберг, А.В. Струтынский. — Москва: МЕДпресс-информ, 2021. — 904 с.
- Барбараши О.Л. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации 2024. / О.Л. Барбараши, Ю.А. Карпов. // Российский кардиологический журнал; — Москва: РКЖ, 2024. doi: 10.15829/1560-4071-2024-6110
- Бойцов С.А. Кардиоваскулярная профилактика 2022. Российские национальные рекомендации / С.А. Бойцов, Н.В. Погосова // Российский кардиологический журнал. — Москва : РКЖ, 2023. DOI: 10.15829/1560-4071-2023-5452
- Тарасова И.В. Обзор визуализирующих методов исследования, применяемых в диагностике стабильной ишемической болезни сердца / И.В. Тарасова, А.Л. Вёрткин // Лечащий Врач. — 2023. — 4(26). — С. 48–55. DOI: 10.51793/OS.2023.26.4.007

Список литературы на английском языке / References in English

- Puchkov V.A. Rossiiskii natsionalnii doklad. 30 let Chernobilskoi avari. Itogi i perspektivi preodoleniya yee posledstvii v Rossii 1986–2016 gg. [The Russian National report. 30 years of the Chernobyl accident. Results and prospects of overcoming its consequences in Russia 1986–2016] / V.A. Puchkov, A.A. Lutoshkin, A.Yu. Popova et al. — Moscow: The Russian Ministry of Emergency Situations, 2016. — 202 p. [in Russian]
- The official website of the US Federal Emergency Management Agency (FEMA). — 2024. — URL: <https://www.fema.gov/> (accessed: 11.02.25)
- Realtime Online Decision Support System for nuclear emergency management [Electronic source] // RODOS. — 2022. — URL: <http://www.rodos.fzk.de/>. (accessed: 07.01.25)
- Cai Y. Multiunit nuclear power plant accident scenarios and improvements including those based upon interviews with TEPCO engineers concerning the 2011 Fukushima accidents. / Y. Cai, M.W. Golay // Nuclear Engineering and Design. — 2020. — 365. — P. 110707. — DOI: 10.1016/j.nucengdes.2020.110707
- Xajrullin R.Z. Primenie metoda bajesovskix setej dlya ustanovleniya prichinno-sledstvenny'x svyazej [Applying the Bayesian network method to establish cause-effect relationships]. / R.Z. Xajrullin. // News of TulSU. Technical Sciences; — 3. — Tula: TulGU, 2022. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenie-metoda-bayesovskih-setey-dlya-ustanovleniya-prichinno-sledstvennyh-svyazey> . (accessed: 23.04.25). [in Russian]

6. Yakushin S.S. Dokazatel'naya medicina v kardiologii: uchebnoe posobie dlya obuchayushchixya po special'nosti Lechebnoe delo [Evidence-based medicine in cardiology: a textbook for students of the specialty of Medical Science] / S.S. Yakushin, N.N. Nikulina, K.G. Pereverzeva. — Ryazan': OTSiOP, 2023. — 260 p. [in Russian]
7. Rojtberg G.E. Vnutrennie bolezni. Serdechno-sosudistaya sistema: ucheb. posobie. [Internal diseases. The cardiovascular system] / G.E. Rojtberg, A.V. Strutynskij. — Moscow: MEDpress-inform, 2021. — 904 p. [in Russian]
8. Barbarash O.L. Stabil'naya ishemicheskaya bolezn' serdcza. Klinicheskie rekomendacii 2024 [Stable coronary heart disease. Clinical guidelines 2024]. / O.L. Barbarash, Yu.A. Karpov. // Russian Journal of Cardiology; — Moscow: RKZh, 2024. doi: 10.15829/1560-4071-2024-6110 [in Russian]
9. Boitsov S.A. Kardiovaskulyarnaya profilaktika 2022. Rossiiskie natsionalnie rekomendatsii [Cardiovascular prevention 2022. Russian national guidelines] / S.A. Boitsov, N.V. Pogosova // Russian Journal of Cardiology. — Moscow : RKZh, 2023. DOI: 10.15829/1560-4071-2023-5452 [in Russian]
10. Tarasova I.V. Obzor vizualiziruyushchikh metodov issledovaniya, primenyaemikh v diagnostike stabilnoi ishemicheskoi bolezni serdtsa [An overview of imaging research methods used in the diagnosis of stable coronary heart disease] / I.V. Tarasova, A.L. Vyortkin // Lechashchii Vrach [The Attending Physician]. — 2023. — 4(26). — P. 48–55. DOI: 10.51793/OS.2023.26.4.007 [in Russian]