

УДК 616.12
<http://doi.org/10.18799/29495407/2026/2/125>
Шифр специальности ВАК: 3.1.20, 2.3.1
Научная статья



Экспресс-оценка сердечно-сосудистых рисков по данным метаболического профиля пациентов

С.И. Ксенева², Д.А. Агалаков¹, Е.И. Губин¹✉, В.В. Удуд²

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Российская Федерация, г. Томск

² Томский научный центр СО РАН, Российская Федерация, г. Томск

✉ gubine@tpu.ru

Аннотация. Целью статьи является исследование влияния входных клинических параметров на вероятность риска сердечно-сосудистых заболеваний. На основе проведенного модельного исследования получено влияние входных клинических параметров на целевую функцию (вероятность риска заболевания), а также была построена удобная форма визуализации экспресс-анализа в виде таблицы, которая заполняется по результатам клинических исследований.

Ключевые слова: сердечно-сосудистые риски, метаболический профиль, прогнозный анализ, избыточная масса тела

Для цитирования: Ксенева С.И., Агалаков Д.А., Губин Е.И., Удуд В.В. Экспресс-оценка сердечно-сосудистых рисков по данным метаболического профиля пациентов. *Известия Томского политехнического университета. Промышленная кибернетика*, 2026, Т. 4, № 2, С. 31–34. <http://doi.org/10.18799/29495407/2026/2/125>

Вклад авторов: равнозначный; Е.И. Губин – постановка задачи; В.В. Удуд – общее руководство; С.И. Ксенева – получение экспериментальных (клинических) результатов; Д.А. Агалаков – компьютерная реализация.

Использование средств ИИ: авторы заявляют о том, что при написании данной статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Конфликт интересов: отсутствует.

UDC 616.12
<http://doi.org/10.18799/29495407/2026/2/125>
Scientific paper

Rapid assessment of cardiovascular risks based on patient metabolic profile data

S.I. Kseneva², D.A. Agalakov¹, E.I. Gubin¹✉, V.V. Udud²

¹ National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

² Tomsk National Research Medical Center, Tomsk, Russian Federation

✉ gubine@tpu.ru

Abstract. The aim of this article is to study the effect of input clinical parameters on the probability of cardiovascular disease risk. Based on a modeling study, the effect of input clinical parameters on the objective function (probability of disease risk) was determined. A convenient visualization form for the rapid analysis was developed in the form of a table, which is based on the results of clinical studies.

Keywords: cardiovascular risks, metabolic profile, predictive analysis, overweight

For citation: Kseneva S.I., Agalakov D.A., Gubin E.I., Udut V.V. Rapid assessment of cardiovascular risks based on patient metabolic profile data. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Industrial Cybernetics*, 2026, vol. 4, no. 2, pp. 31–34. <http://doi.org/10.18799/29495407/2026/2/125>

Authors' contribution: E.I. Gubin – problem statement; V.V. Udut – overall supervision; S.I. Kseneva – obtaining experimental (clinical) results; D.A. Agalakov – computer implementation.

Use of AI: AI was not used.

Conflict of interest: none.

Введение

На сегодняшний день сердечно-сосудистые заболевания являются безусловным лидером среди причин смерти во всем мире, опережая онкологические и инфекционные заболевания. Данная статистика подчеркивает критическую важность ранней диагностики факторов развития этих заболеваний, так как большинство из них поддаются эффективному контролю [1].

Ключевые факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний

Увеличение частоты сердечно-сосудистых событий и более высокий риск отдаленной смерти определяется в группе лиц с метаболически нездоровым фенотипом [2]. Считается, что ключевым фактором метаболических нарушений выступает ожирение. При наличии избыточной массой тела за десятилетний период у 30–50 % лиц с метаболически здоровым фенотипом развивается неблагоприятный метаболический профиль [3]. В ряде исследований показано, что подобная динамика характерна и для людей с нормальным весом. Независимо от наличия избыточной массы тела или ожирения смена метаболического статуса на неблагоприятный сопровождается существенным ростом риска сердечно-сосудистых осложнений [4].

Исходные данные

Для оценки метаболического профиля были использованы клинические данные, полученные сотрудниками клиники Института фармакологии и регенеративной медицины имен Е.Д. Гольдберга Томского научного центра СО РАН, содержащие результаты одномоментного поперечного исследования по верификации метаболических фенотипов, включая фенотипы, ассоциированные с кардиометаболическим риском.

В данной работе предложена математическая модель оценки рисков перехода к метаболическому нездоровью на базе этих данных. Подробно используемая математическая модель приведена в [5–7]. В результате расчетов была разработана экспресс-оценка метаболического нездоровья по итогам проведенных стандартных анализов пациентов.



Рис. 1. Переход от метаболического здоровья к метаболически нездоровому фенотипу сердечно-сосудистого риска

Fig. 1. Transition from metabolic health to unhealthy metabolic phenotype of cardiovascular risks

Эта экспресс-оценка будет показывать (оценивать) актуальное состояние пациента на наличие риска сердечно-сосудистых заболеваний на текущий момент. В качестве целевой функции были приняты экспертные оценки выраженного метаболического фенотипа описанных выше клинических исследований (рис. 1).

Исходные данные – это файл (таблица) с 16 атрибутами и 1300 строками исследуемых пациентов, подобранных случайным образом.

Исходный файл перед использованием для построения прогнозного анализа был подготовлен в соответствии с методологией, изложенной в [5–7]: 1) проверка исходных данных на ошибки в форматах данных; 2) пропущенные значения; 3) выбросы в данных; 4) наличие дублирующих строк; 5) проверка исходных данных, объясняющих переменных на мультиколлинеарность; 6) трансформация исходных данных в универсальный цифровой формат; 7) выбор тренировочной и тестовой выборки.

В качестве прогнозной модели была использована логистическая регрессия, а в качестве целевой функции использовался бинарный показатель метаболического фенотипа: 0 – метаболически здоровый и 1 – метаболически больной.

Основные этапы обучения модели были следующими: 1) формирование признакового пространства; 2) импутация пропусков; 3) стандартизация признаков; 4) разделение выборки; 5) обучение логистической регрессии.

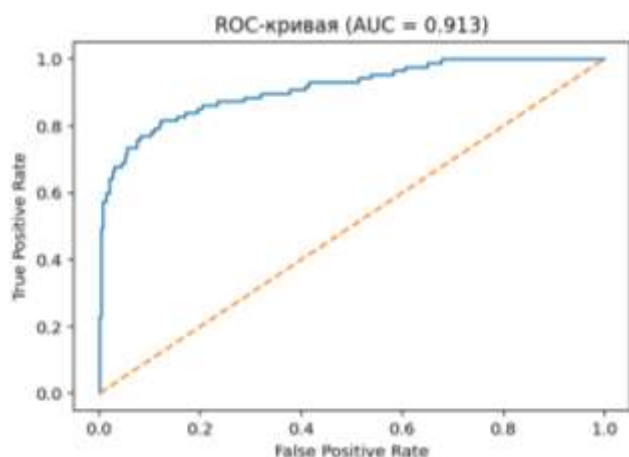


Рис. 2. ROC-кривая зависимости чувствительности (Recall, TPR) от доли ложноположительных результатов при различных порогах классификации

Fig. 2. ROC-curve of sensitivity (Recall, TPR) dependence on proportion of false-positive results at different classification thresholds



Рис. 3. Влияние входных параметров на целевую функцию по мере значимости

Fig. 3. Initial parameters effect on the objective function in order of importance

В результате обучения модели получили наиболее значимые входные параметры (атрибуты), влияющие на целевую функцию (рис. 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Petersen M.C., Smith G.I., Palacios H.H., Farabi S.S., Yoshino M., Yoshino J., Cho K., Davila-Roman V.G., Shankaran M., Barve R.A., Yu J., Stern J.H., Patterson B.W., Hellerstein M.K., Shulman G.I., Patti G.J., Klein S. Cardiometabolic characteristics of people with metabolically healthy and unhealthy obesity. *Cell metabolism*, 2024, Vol. 36, Iss. 4, P. 745–761. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2024.03.002> EDN: OGWFKJ
- Lee H.H., Kim J.S., Shin H. Predicting the transition to metabolically unhealthy obesity among young adults with metabolically healthy obesity in South Korea: nationwide population-based study. *JMIR Public Health Surveill*, 2024, Vol. 10, art. e52103. DOI: 10.2196/52103
- Liu J., Fang Z., Lu Q., Wang Y., Zhang L. Projecting global trends and inequalities in adult overweight and obesity, 2023–2040: findings from the NCD-RisC database. *Obesity*, 2025, Vol. 33, № 10, P. 1955–1967. DOI: <https://doi.org/10.1002/oby.24358> EDN: WKAACKJ
- Ахметов А.С. Метаболическое здоровье при ожирении: перспективы и вызовы. *Доктор. Ру*, 2024, Т. 23, № 8, С. 9–14. DOI: 10.31550/1727-2378-2024-23-8-9-14 EDN: RVHEHJ

The figure is a screenshot of a web application window titled 'Calculation'. It contains several input fields for clinical parameters:

- Лейкоциты, Г/л: 5
- Тромбоциты, Г/л: 245
- Глюкоза, ммоль/л: 5
- Аспартатаминотрансфераза, Ед/л: 20
- Аланинаминотрансфераза, Ед/л: 45
- Общий билирубин, ммоль/л: 31
- Мочевина, ммоль/л: 5
- Креатинин, мкмоль/л: 6
- Общий холестерин, ммоль/л: 4.3
- Мочевая кислота, ммоль/л: 214

 There is a 'Расчитать' (Calculate) button. Below the input fields, there is a text box showing the result: 'Риск, %: 11.272860276941967'. At the bottom, there are fields for 'Рост, м' and 'Вес, кг', and a 'Расчитать BMI' button. A note states: 'Если BMI уже известен, тогда сразу введите значение в поле BMI. Кнопка "Расчитать BMI" работает только при вводе роста и веса.'

Рис. 4. Расчёт риска метаболического синдрома

Fig. 4. Calculation of the metabolic syndrome risk

Заключение

На основе проведённого модельного исследования влияния входных клинических параметров (анализов) на целевую функцию (вероятность риска сердечно-сосудистых заболеваний) была построена удобная форма визуализации экспресс-анализа в виде таблицы, которая заполняется по результатам клинических исследований, включая 12 анализов, роста и веса пациента для расчета BMI (индекс массы тела) (рис. 4).

В наших расчетах принято следующее:

- Если результат до 0,3, то состояние пациента можно считать удовлетворительным.
- Если результат от 0,3 до 0,7, то состояние пациента находится в зоне умеренного риска сердечно-сосудистых заболеваний.
- Если результат превышает 0,7, то пациент находится в состоянии значительного риска сердечно-сосудистых заболеваний.

5. Губин Е.И., Виничук С.В. Влияние размера исходных данных на прогнозный анализ. *Перспективы науки*, 2023, № 10 (169), С. 10–12. EDN: UFVSIIM
6. Губин Е.И. Методика подготовки больших данных для прогнозного анализа. *Наука и бизнес: пути развития*, 2020, № 3 (105), С. 33–35. EDN: OZIOOW
7. Губин Е.И. Методология подготовки больших данных для прогнозного анализа. *Современные технологии, экономика и образование: Сборник трудов Всероссийской научно-методической конференции*. Томск, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2019. С. 27–29. EDN: CUONBS

Информация об авторах

Светлана Игоревна Кseneва, доктор медицинских наук, главный врач клиники Института фармакологии и регенеративной медицины имен Е.Д. Гольдберга, Томский научный центр СО РАН, Российская Федерация, 634028, г. Томск, пр. Ленина, 3; clinica@pharmso.ru

Данила Александрович Агалаков, магистрант отделения информационных технологий Инженерной школы информационных технологий и робототехники, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Российская Федерация, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30; daa48@tpu.ru

Евгений Иванович Губин, кандидат физико-математических наук, доцент отделения информационных технологий Инженерной школы информационных технологий и робототехники, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Российская Федерация, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30; gubine@tpu.ru

Владимир Васильевич Удут, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной и лечебной работе Института фармакологии и регенеративной медицины имен Е.Д. Гольдберга, Томский научный центр СО РАН, Российская Федерация, 634028, г. Томск, пр. Ленина, 3; udutv@mail.ru

Поступила: 20.05.2026

Принята: 26.06.2026

Опубликована: 30.06.2026

REFERENCES

1. Petersen M.C., Smith G.I., Palacios H.H., Farabi S.S., Yoshino M., Yoshino J., Cho K., Davila-Roman V.G., Shankaran M., Barve R.A., Yu J., Stern J.H., Patterson B.W., Hellerstein M.K., Shulman G.I., Patti G.J., Klein S. Cardiometabolic characteristics of people with metabolically healthy and unhealthy obesity. *Cell metabolism*, 2024, vol. 36, Iss. 4, pp. 745–761. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2024.03.002> EDN: OGWFKJ
2. Lee H.H., Kim J.S., Shin H. Predicting the transition to metabolically unhealthy obesity among young adults with metabolically healthy obesity in South Korea: nationwide population-based study. *JMIR Public Health Surveill*, 2024, vol. 10, art. e52103. DOI: 10.2196/52103
3. Liu J., Fang Z., Lu Q., Wang Y., Zhang L. Projecting global trends and inequalities in adult overweight and obesity, 2023–2040: findings from the NCD-RisC database. *Obesity*, 2025, vol. 33, no. 10, pp. 1955–1967. DOI: <https://doi.org/10.1002/oby.24358> EDN: WKAACKJ
4. Ametov A.S. Metabolic health and obesity: prospects and challenges. *Doctor.Ru.*, 2024, vol. 23, no. 8, pp. 9–14. (In Russ.) DOI: 10.31550/1727-2378-2024-23-8-9-14 EDN: RVHEHJ
5. Gubin E.I., Vinichuk S.V. Impact of input data size on predictive analysis. *Perspektivy nauki*, 2023, no. 10 (169), pp. 10–12. (In Russ.) EDN: UFVSIIM
6. Gubin E.I. Big data preparation technique for predictive analysis. *Nauka i biznes: puti razvitiya*, 2020, no. 3 (105), pp. 33–35. (In Russ.) EDN: OZIOOW
7. Gubin E.I. Methodology of big data preparation for predictive analysis. *Modern Technologies, Economics, and Education. Proc. of the All-Russian Scientific and Methodological Conference*. Tomsk, National Research Tomsk Polytechnic University Publ., 2019. pp. 27–29. (In Russ.) EDN: CUONBS

Information about the authors

Svetlana I. Kseneva, Dr. Sci. (Med.), Chief Physician, Tomsk National Research Medical Center, 3, Lenin avenue, Tomsk, 634028, Russian Federation; clinica@pharmso.ru

Danila A. Agalakov, Master's Student, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation; daa48@tpu.ru

Evgeny I. Gubin, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation; gubine@tpu.ru

Vladimir V. Udut, Dr. Sci. (Med.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Deputy Director for Research and Clinical Work, Tomsk National Research Medical Center, 3, Lenin avenue, Tomsk, 634028, Russian Federation; udutv@mail.ru

Received: 20.05.2026

Revised: 26.06.2026

Accepted: 30.06.2026