

Научная статья

DOI: 10.15593/2499-9873/2022.4.03

УДК 004.657

**Ю.А. Леонов, Л.Б. Филиппова, А.А. Мартыненко,
Г.В. Царева, Э.Д. Свиридова**

Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ РИСКОВ ПАТОЛОГИИ РАЗВИТИЯ ПЛОДА

Аннотация: Снижение детской смертности отражено в нескольких целях устойчивого развития Организации Объединенных Наций и является ключевым показателем прогресса человечества. Использование информационных технологий позволяет обрабатывать большое количество сформированных статистических данных либо формировать новые с течением времени на основе результатов анализов и обследований огромного количества пациентов, использовать результаты для определения отклонений, возникающих на ранних сроках беременности, и выявления влияния определенных показателей на вероятность появления патологий. На основе проведенного анализа сформулированы функциональные требования к системе и поставлена задача разработки новой информационно-аналитической системы. Статья посвящена актуальной проблеме определения рисков патологии развития плода на протяжении беременности. Предложен вариант классификации наличия отклонений плода с использованием мультиномиальной логистической регрессии и способ кластеризации групп риска пациента с использованием метода k -средних, применена методика оптимизации на основе метода Бройдена – Флетчера – Гольдфарба – Шанно, где в качестве ограничения была память (L-BFGS) Классификация здоровья плода происходит по заданным трем классам. Разработана информационная система для визуализации результатов работы аналитических методов. При создании программного комплекса была применена архитектура «клиент – сервер», позволяющая серверному устройству поддерживать многопользовательский режим и обеспечивать одновременную работу с несколькими клиентами. В состав системы вошли: приложение под Windows, приложение под Android, модуль взаимодействия с сервером, модуль взаимодействия с базой данных, модуль анализа данных, модуль обработки данных пациента, модуль обработки данных врача, модуль формирования статистических выборок, модуль защиты персональных данных, модуль разграничения прав, модуль визуализации. Модульная архитектура позволяет модернизировать систему, добавлять новые модули по мере необходимости и вносить изменения в модули с сохранением целостности системы. Разработанная система прошла этапы тестирования и оценки производительности.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных, машинное обучение, классификация, анализ здоровья плода, патология плода, детская смертность, анализ кардио-токографии, мультиномиальная логистическая регрессия, информационная система определения рисков патологии плода, анализ протекания беременности.

**Yu.A. Leonov, L.B. Filippova, A.A. Martynenko,
G.V. Tsareva, E.D. Sviridova**

Bryansk State Technical University, Bryansk, Russian Federation

THE USE OF DATA MINING METHODS TO IDENTIFY RISKS OF FETAL PATHOLOGY

Abstract: Reducing child mortality is reflected in several United Nations Sustainable Development Goals and is a key indicator of human progress. The use of information technology makes it possible to process a large number of generated statistical data, or to form new ones over time based on the results of analyses and examinations of a huge number of patients, use the results to determine deviations in the early stages and identify the influence of certain indicators on the likelihood of pathologies. Based on the analysis, the functional requirements for the system are formulated and the task of developing a new information and analytical system is set. The article is devoted to the actual problem of determining the risks of fetal pathology during pregnancy. A variant of the classification of the presence of fetal abnormalities using multinomial logistic regression and a method for clustering patient risk groups using the *k*-means method was proposed, an optimization technique based on the Broyden – Fletcher – Goldfarb – Shanno method was applied, where memory (L-BFGS) was used as a limitation, the classification of fetal health occurs according to the specified three classes. An information system has been developed to visualize the results of analytical methods. When creating the software package, the client – server architecture was used, which allows the server device to support multi-user mode and provide simultaneous work with several clients. The system includes: an application for Windows, an application for Android. Server interaction module, database interaction module, data analysis module, patient data processing module, doctor data processing module, module, statistical sampling module, personal data protection module, rights differentiation module, visualization module. The modular architecture allows you to upgrade the system, add new modules as needed and make changes to the modules while maintaining the integrity of the system. The developed system has passed the stages of testing and performance evaluation.

Keywords: Intellectual analysis of data, machine learning, classification, fetal health, fetal pathology, child mortality, analysis of cardiocography, multinomy logistics regression, information system for determining the risks of fetal pathology, analysis of pregnancy.

Введение

За последние 29 лет смертность новорожденных снизилась на 59 % и составляет примерно 38 случаев на 1000 новорожденных [1]. Однако для достижения результатов, поставленных многими странами, а именно снижения этого показателя до 25 случаев на 1000 детей, необходимо использовать современные технологии, применимые к данной сфере [2]. Статистические методы анализа данных можно использовать за счет большого количества наборов данных, формируемых больницами, а методы машинного обучения способны определять с высокой точностью группу риска и вероятность развития патологий плода во время протекания беременности.

Теория

Кардиотокография (КТГ) – это метод функциональной диагностики, основанный на регистрации частоты сердцебиения плода и

сократительной способности матки во время беременности и родов. В основе кардиотокографии лежит эффект Допплера и принцип ультразвука. Кардиотокограммы (КТГ) – это простой и доступный по цене способ оценки состояния плода, позволяющий медицинским работникам принимать меры для предотвращения детской и материнской смертности [3; 4].

Помимо результатов КТГ, в определение рисков развития патологии плода включают базовые анализы, рекомендованные врачом и проведенные в определенные периоды беременности [5; 6]. Комплексный анализ результатов позволяет классифицировать патологии развития плода, использовать кластеризацию для определения группы риска конкретного пациента и составлять рекомендации для дальнейших действий врача и пациента.

Основные задачи определения степени здоровья плода:

- анализ результатов кардиотокографии;
- анализ промежуточных рекомендуемых врачебных назначений;
- кластеризация данных с целью выявления группы риска;
- классификация данных с целью определения отклонения развития плода;
- визуализация данных.

Данные и методы

В рамках проектирования автоматизированной системы была разработана архитектура создаваемого ПО (рис. 1).

В качестве архитектуры программного комплекса была выбрана архитектура «клиент – сервер», при которой серверное устройство способно поддерживать многопользовательский режим и обеспечивать одновременную работу с несколькими клиентами. При такой архитектуре клиентское приложение, разработанное под ОС Windows для работы сотрудников и ОС Android для работы пациентов, напрямую взаимодействует с сервером приложений путем отправки запросов на получение и запись различных данных [6; 7]. Сервер СУБД отвечает за управление данными в базе данных, получая SQL-запросы от сервера приложений. Сервер приложений, в свою очередь, является промежуточным звеном между клиентом и сервером СУБД и отвечает за всю логику работы программного комплекса [8; 9].

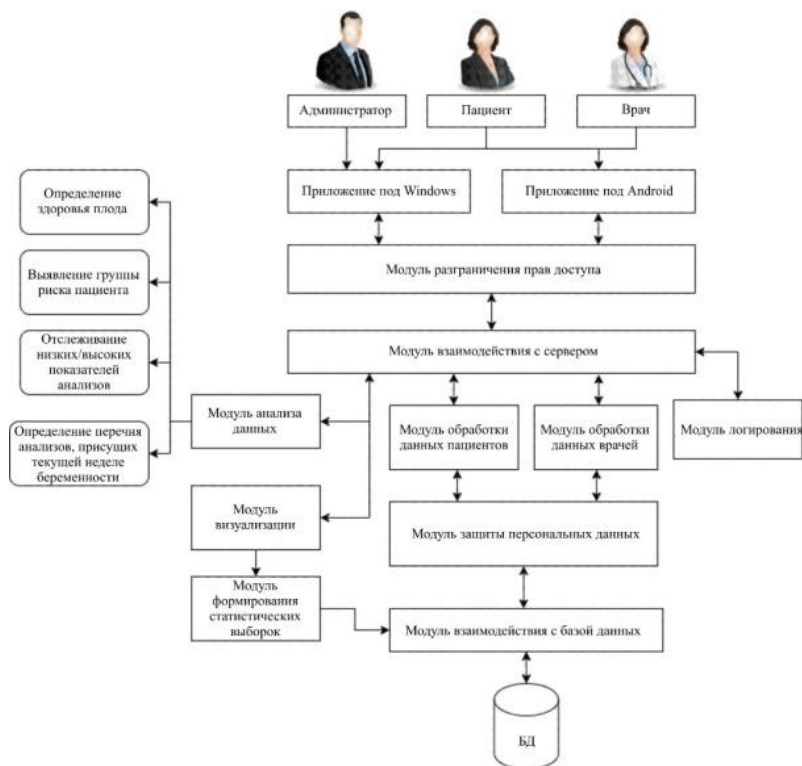


Рис. 1. Архитектура ПО

Основной модуль системы – модуль взаимодействия с сервером. Он предназначен для выполнения запросов со стороны клиентской части информационно-аналитической системы.

Модуль взаимодействия с базой данных предназначен для добавления, удаления и редактирования данных в базе данных ИАС.

Модуль анализа данных предназначен для аналитической работы системы:

- определение здоровья плода;
- выявление группы риска пациента;
- отслеживание показателей анализов;
- определение перечня анализов, соответствующих текущей неделе беременности.

Модуль обработки данных пациента предназначен для представления данных пациента в необходимом для добавления в базу данных виде.

Модуль обработки данных врача предназначен для ведения статистики приемов и пациентов, закрепленных за врачом.

Модуль логирования предназначен для идентификации действий конкретного пользователя во избежание нарушения целостности ИАС.

Модуль формирования статистических выборок формирует наборы данных из базы данных, которые необходимы для построения различных графиков статистики.

Безопасность данных и информационной системы в целом обеспечивается следующими модулями:

- модуль защиты персональных данных – предназначен для кодирования и шифрования персональных данных пациента;
- модуль разграничения прав доступа – обеспечивает логическое разделение пользователей с последующим наделением их различными правами доступа к информации.

Модуль визуализации предназначен для отображения графиков и отчетов на основе сформированных статистических выборок.

Модель

Для классификации степени здоровья плода выбрана модель мультиномиальной логистической регрессии.

Мультиномиальная логистическая регрессия – классификационный метод, который обобщает логистическую регрессию на многоклассовые задачи. Это модель, которая используется для прогнозирования вероятностей различных результатов категориально распределенной зависимой переменной при заданном наборе независимых переменных (которые могут быть действительными, двоичными, категориальными и т.д.) [10].

Модель максимальной энтропии, используемая в программе в качестве классификатора, является обобщением линейной логистической регрессии [11; 12]. Основное различие между моделью максимальной энтропии и логистической регрессией заключается в количестве классов, поддерживаемых в рассматриваемой задаче классификации.

Предположим, что количество классов равно m и количество функций n . Модель максимальной энтропии назначает c -й класс вектор коэффициентов $w_c \in R^n$ и предвзятость $b_c \in R$, для $c = 1, \dots, m$. Учитывая вектор признаков $x \in R^n$, то c -оценка класса будет равна $y^c = w_c^T x + b_c$. Вероятность x принадлежности к классу c определяется как

$$P(c|x) = \frac{e^{y^c}}{\sum_{c=1}^m e^{y^c}}.$$
 Допустим $P(c, x)$ обозначают совместную

вероятность увидеть c и x . Функция потерь, минимизированная этим тренером, равна $-\sum_{c=1}^m P(c, x) \log P(c | x)$, что является функцией отрицательного логарифма правдоподобия [13; 14].

Реализованная методика оптимизации основана на методе Бройдена – Флетчера – Гольдфарба – Шанно с ограниченной памятью (L-BFGS). L-BFGS – это квазиньютоновский метод, который заменяет дорогостоящее вычисление матрицы Гессе приближением, но при этом обладает высокой скоростью сходимости, как метод Ньютона, при котором вычисляется полная матрица Гессе. Поскольку приближение L-BFGS использует только ограниченное количество исторических состояний для вычисления направления следующего шага, оно особенно подходит для задач с многомерным вектором признаков.

Кластеризация была использована для разбиения пациентов на группы риска и осуществлена с использованием метода k -средних [15; 16].

Действие алгоритма таково, что он стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров:

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} (x - \mu_i)^2,$$

где k – число кластеров, S_i – полученные кластеры, $i = 1, 2, \dots, k$, а μ_i – центры масс всех векторов x из кластера S_i .

Алгоритм представляет собой версию EM-алгоритма, применяемого также для разделения смеси гауссиан. Он разбивает множество элементов векторного пространства на заранее известное число кластеров k [17; 18].

Алгоритм прекращает работу на итерации, не изменяющей внутрикластерное расстояние. Количество возможных разбиений множества и число итераций конечно, а суммарное квадратичное отклонение V уменьшается, что исключает закливание работы алгоритма.

Полученные результаты

Классификация здоровья плода по трем классам проводится со следующей точностью:

- точность классификации для 1-го класса («здоров») равна 89 %;
- точность классификации для 2-го класса («есть отклонения») равна 75 %;
- точность классификации для 3-го класса («болен») равна 90 %;

Результат конкретного пациента представлен в его личном кабинете и имеет исторический график (рис. 2).

Результат работы кластеризации представлен в виде столбчатой диаграммы, демонстрирующей анализы, по которым пациент был отнесен к определенной группе риска, средние показатели в этой группе риска и его текущие показатели по каждому анализу (рис. 3).

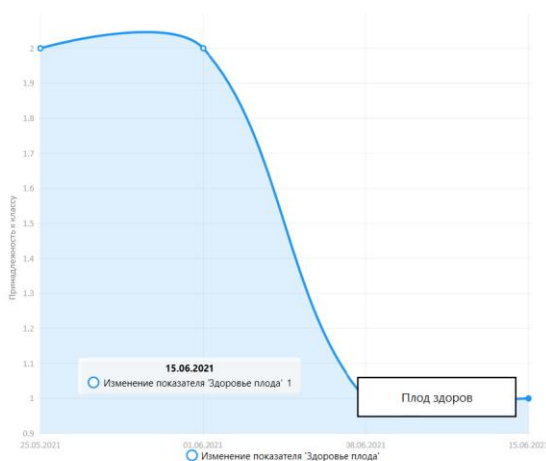


Рис. 2. Результат классификации на основе кардиотокографии

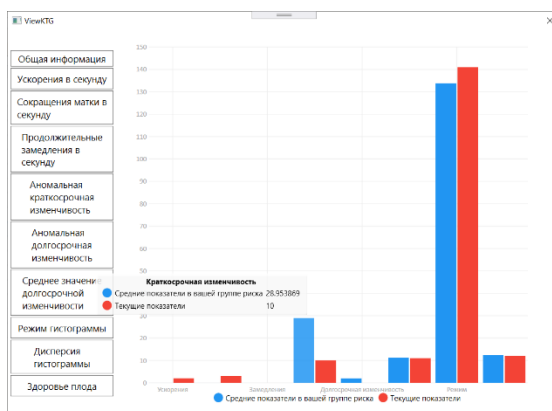


Рис. 3. Результат кластеризации

Для корректного проведения кластеризации оптимальное число найденных кластеров равно 5, при таком количестве кластеров силуэтный анализ, являясь одной из основных метрик, определяющих степень сходства каждого объекта с кластером, к которому он принадлежит, достигает оптимального значения. Каждый кластер соответствует группе риска с определенной тяжестью отклонений.

Заключение

В результате проведенного исследования была разработана информационно-аналитическая система, способная определять риски патологии развития плода, классифицировать результаты анализов с высокой точностью и относить конкретного пациента к группе риска.

Разработанная система позволяет пользователю отслеживать течение беременности и наличие отклонений, предоставляет список рекомендаций для каждого периода и анализирует показатели всех сданных пользователем анализов с целью определения общего состояния здоровья пациента и плода.

Проведена классификация здоровья плода по трем классам: «здоров», «есть отклонения», «болен». Минимальная точность анализа составляет свыше 75 %. Для классификации степени здоровья плода использована модель мультиномиальной логистической регрессии.

Модульная архитектура позволяет модернизировать систему, добавлять новые модули по мере необходимости и вносить изменения в систему с сохранением её целостности [19].

Разработанная информационно-аналитическая система подходит для применения в частных и государственных медицинских учреждениях по профилю выявления патологии развития плода. Достигнутые результаты имеют большую практическую значимость в области раннего предупреждения патологии плода при беременности.

Список литературы

1. Повышение показателей выживаемости и благополучного развития детей / Всемирная организация здравоохранения. – текст : электронный. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/children-reducing-mortality> (дата обращения 21.07.2022 г.)
2. Fetal Health Data Set / Набор данных о состоянии плода. – текст: электронный. – URL: <https://www.kaggle.com/andrewmvd/fetal-health-classification>. (дата обращения 21.07.2022 г.)
3. Выучейская М.В., Крайнова И.Н., Грибанов А.В. Нейросетевые технологии в диагностике заболеваний (обзор) // Журнал медико-биологических исследований. – 2018. – № 3. – С. 284–294. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.3.284
4. Цидвинцева Л.Н. Определение информативности автоматизированной КТГ в оценке состояния плода во время родов: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.01. 2007. – 27 с.

5. Ившин А.А., Гусев А.В., Новицкий Р.Э. Искусственный интеллект: предиктивная аналитика перинатального риска // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. – 2020. – № 19(6) – С. 133–144. DOI: 10.20953/1726-1678-2020-6-133-144.
6. Мультиномиальная логическая регрессия. – текст: электронный. – URL: https://datewiki.ru/wiki/Multinomial_logistic_regression. (дата обращения 19.05.2022 г.)
7. Интернет вещей: основные понятия: учебно-методическое пособие / Р.А. Филиппов, Л.Б. Филиппова, А.С. Сазонова. – Брянск: БГТУ, 2016. – 112 с.
8. Intelligent System of Classification and Clusterization of Environmental Media for Economic Systems / A.A. Kuzmenko, L.B. Filippova, A.S. Sazonova, R.A. Filippov // Advances in Economics, Business and Management Research [Proceedings of the International Conference on Economics, Management and Technologies 2020 (ICEMT 2020)]. – 2020. – Vol. 139. – P. 583–586. DOI: 10.2991/aebmr.k.200509.103
9. Филиппов, Р.А. Интернет вещей и обеспечение безопасности // Международная научно-практическая конференция «Инновации в промышленности, управлении и образовании». – Брянск: БГТУ, 2017. – С. 76–78
10. Максимальная энтропия. – текст: электронный. – URL: https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/papers/maxent_dual.pdf (дата обращения 16.06.2022 г.)
11. Selection of rational schemes automation based on working synthesis instruments for technological processes / Yu.A. Leonov, E.A. Leonov, A.A. Kuzmenko, A.A. Martynenko, E.E. Averbchenkova, R.A. Filippov. – Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House LLC, 2019. – 192 p.
12. Intellectual subsystems for collecting information from the internet to create knowledge bases for self-learning systems / E.A. Leonov, Y.A. Leonov, Y.M. Kazakov, L.B. Filippova. Text: electronic // Proceedings of the Second International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (ИТИ’17). ИТИ 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing / In: Abraham A., Kovalev S., Tarassov V., Snasel V., Vasileva M., Sukhanov A. (eds). – 2017. – Vol. 679. – Springer, Cham. – P. 95–103. – DOI:10.1007/978-3-319-68321-8_10
13. Методы продвижения российских инноваций на международный рынок / А.А. Тищенко, О.М. Симоненкова, Ю.М. Казаков, Л.Б. Филиппова, А.А. Кузьменко // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Т. 2. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет, 2018. – С. 39–41.
14. Сазонова А.С., Филиппов Р.А., Филиппова Л.Б. Теория информационных процессов и систем: учебно-методическое пособие. – Брянск, 2016. – 136 с.
15. Метод k-means – текст: электронный. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_k-средних. (дата обращения 12.05.2022 г.)

16. Мониторинг и прогнозирование региональной потребности в специалистах высшей научной квалификации: монография / В.М. Кожухар, В.И. Аверченков, А.Г. Подвесовский, А.С. Сазонова // Брянский государственный технический университет. – Брянск, 2010. –150 с.

17. Silwattananusarn Tipawan, Kulthida Tuamsuk Data mining and its applications for knowledge management: a literature review from 2007 to 2012 // International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process. – 2012. – Vol. 2, № 5. – P. 13–24. DOI: 10.48550/arXiv.1210.2872

18. Divya T., Agarwal S. A survey on Data Mining approaches for Healthcare // International Journal of Bio-Science and Bio-Technology. – 2013. – Vol. 5, № 5. – P. 241–266.

19. A Review Paper on Various Data Mining Techniques. / A. V. Saurkar, B. Vaibhav, P. Bhagat, A. Khaparde // International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering. – 2014. – Vol. 4, №4. – P. 163–169.

References

1. Povyshenie pokazatelei vyzhivaemosti i blagopoluchnogo razvitiia detei [Improving child survival and developmental outcomes], available at: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/children-reducing-mortality> (accessed 21 July 2022)

2. Fetal Health Data Set, available at: <https://www.kaggle.com/andrewmvd/fetal-health-classification>. (accessed 21 July 2022)

3. Vyucheyskaya M.V., Kraynova I.N., Gribanov A.V Neurosetevye tekhnologii v diagnostike zabolevanii (obzor) [Neural Network Technologies in Medical Diagnosis (Review)]. *Journal of Medical and Biological Research*, 2018, vol. 6, no. 3, pp. 284-294. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.3.284

4. Tsidvintseva L.N. Opredelenie informativnosti avtomatizirovannoi KTG v otsenke sostoianii ploda vo vremia rodov [Determination of the informativeness of automated CTG in assessing the condition of the fetus during childbirth]. Abstract of Ph. D. thesis. Moscow, 2007, 27 p.

5. Ivshin A.A., Gusev A.V., Novitskii R.E. Iskusstvennyi intellekt: prediktivnaia analitika perinatal'nogo riska [Artificial intelligence: predictive analytics of perinatal risk]. *Issues of gynecology, obstetrics and perinatology*, 2020, no. 19(6), pp. 133-144. DOI: <https://doi.org/10.20953/1726-1678-2020-6-133-144>.

6. Mul'tinominal'naya logicheskaya regressiya [Multinomial logical regression], available at: https://datewiki.ru/wiki/Multinomial_logistic_regression. (accessed 19 May 2022)

7. Filippov R.A., Filippova L.B., Sazonova A.S. Internet veshchei: osnovnye poniatia [Internet of Things: basic concepts]. Bryansk, BSTU, 2016, 112 p.

8. Kuzmenko A. A., Filippova L.B., Sazonova A.S., Filippov R.A. Intelligent System of Classification and Clusterization of Environmental Media for Economic Systems // Proceedings of the International Conference on Economics, Management

and Technologies 2020 (ICEMT 2020). – *Advances in Economics, Business and Management Research*, 2020, vol. 139, pp. 583-586. DOI: 10.2991/aebmr.k.200509.103

9. Filippov R.A. Internet veshchei i obespechenie bezopasnosti [Internet of Things and security]. *International Scientific and Practical Conference "Innovations in Industry, Management and Education"*, Bryansk, BSTU, 2017, pp. 76-78

10. Maksimal'naya entropiya [Maximum entropy], available at: https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/papers/maxent_dual.pdf. (accessed 16 June 2022)

11. Leonov Yu.A. Selection of rational schemes automation based on working synthesis instruments for technological processes. Yelm, WA, USA, Science Book Publishing House LLC, 2019, 192 p.

12. Leonov E.A., Leonov Y.A., Kazakov Y.M., Filippova L.B. Intellectual subsystems for collecting information from the internet to create knowledge bases for self-learning systems. In: Abraham A., Kovalev S., Tarassov V., Snasel V., Vasilova M., Sukhanov A. (eds). *Proceedings of the Second International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (ITI'17)*. IITI 2017. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer, Cham, 2017, vol. 679., p. 95-103. DOI:10.1007/978-3-319-68321-8_10

13. Tishchenko A.A., Simonenkova O.M., Kazakov Iu.M., Filippova L.B., Kuz'menko A.A. Metody prodvizheniia rossiiskikh innovatsii na mezhdunarodnyi rynek [Methods of promoting Russian innovations to the international market]. *New information technologies in scientific research Materials of the XXIII All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Young Scientists and specialists*. Ryazan, Ryazan State Radio Engineering University, 2018, vol. 2, pp. 39-41

14. Sazonova A.S., Filippov R.A., Filippova L.B. Teoriia informatsionnykh protsessov i sistem [Theory of information processes and systems]. Bryansk, 2016, 136 p.

15. Metod k-means [k-means method], available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Metod_k-srednih. (accessed 12 May 2022)

16. Kozhukhar V.M., Averchenkov V.I., Podvesovskii A.G., Sazonova A.S. Monitoring i prognozirovanie regional'noi potrebnosti v spetsialistakh vysshei nauchnoi kvalifikatsii [Monitoring and forecasting of the regional need for specialists of the highest scientific qualification]. Bryansk, Bryansk State Technical University, 2010, 150 p.

17. Silwattananusarn Tipawan, Kulthida Tuamsuk. Data mining and its applications for knowledge management: a literature review from 2007 to 2012. *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process*, 2012, vol. 2, No.5, pp. 13-24. DOI: 10.48550/arXiv.1210.2872

18. Tomar Divya and Sonali Agarwal. A survey on Data Mining approaches for Healthcare. *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*, 2013, vol. 5.5, pp. 241-266.

19. Saurkar A.V., Vaibhav B., Bhagat P., Khaparde A. A Review Paper on Various Data Mining Techniques. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2014, vol. 4.4, pp. 163-169.

Сведения об авторах

Леонов Юрий Алексеевич (Брянск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Компьютерные технологии и системы» Брянского государственного технического университета (241050, Брянск, Бульвар 50 лет Октября, 7, г. Брянск, e-mail: yorleon@yandex.ru)

Филиппова Людмила Борисовна (Брянск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Компьютерные технологии и системы» Брянского государственного технического университета (241050, Брянск, Бульвар 50 лет Октября, 7, Брянск, e-mail: libv88@mail.ru)

Мартыненко Алексей Александрович (Брянск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Компьютерные технологии и системы» Брянского государственного технического университета (241050, Брянск, Бульвар 50 лет Октября, 7, г. Брянск, e-mail: martynenko_alex@mail.ru)

Свиридова Эльвира Дмитриевна (Брянск, Россия) – студентка Брянского государственного технического университета (241050, Брянск, Бульвар 50 лет Октября, 7, г. Брянск, e-mail: libv88@yandex.ru)

About the authors

Yury A. Leonov (Bryansk, Russian Federation) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Computer Technologies and Systems, Bryansk State Technical University (7, Boulevard 50 Let Oktyabrya, Bryansk, 241050, e-mail: yorleon@yandex.ru)

Lyudmila B. Filippova (Bryansk, Russian Federation) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Computer Technologies and Systems, Bryansk State Technical University (7, Boulevard 50 Let Oktyabrya, Bryansk, 241050, e-mail: libv88@mail.ru)

Aleksey A. Martynenko (Bryansk, Russian Federation) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Computer Technologies and Systems, Bryansk State Technical University (7, Boulevard 50 Let Oktyabrya, Bryansk, 241050, e-mail: martynenko_alex@mail.ru)

Elvira D. Sviridova (Bryansk, Russian Federation) – student, Bryansk State Technical University (7, Boulevard 50 years of October, Bryansk, 241050, e-mail: libv88@yandex.ru)

**Библиографическое описание статьи согласно
ГОСТ Р 7.0.100–2018:**

Использование методов интеллектуального анализа данных для выявления рисков патологии развития плода / Ю. А. Леонов, Л. Б. Филиппова, А. А. Мартыненко [и др.] – текст : непосредственный. – DOI: 10.15593/2499-9873/2022.4.03 // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2022. – № 4. – С. 47–59.

Цитирование статьи в изданиях РИНЦ:

Использование методов интеллектуального анализа данных для выявления рисков патологии развития плода / Ю. А. Леонов, Л. Б. Филиппова, А. А. Мартыненко, Г. В. Царева, Э. Д. Свиридова // Прикладная математика и вопросы управления. – 2022. – № 4. – С. 47–59. – DOI: 10.15593/2499-9873/2022.4.03

Цитирование статьи в references и международных изданиях

Cite this article as:

Leonov Y.A., Filippova L.B., Martynenko A.A., Tsareva G.V., Sviridova E.D. The use of data mining methods to identify risks of fetal pathology. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2022, no. 4, pp. 47–59. DOI: 10.15593/2499-9873/2022.4.03 (in Russian)

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов равноценен.

Поступила: 21.07.2022

Одобрена: 20.09.2022

Принята к публикации: 12.12.2022