



Применение искусственного интеллекта в ультразвуковой диагностике пороков ЦНС плода в сроках гестации с 19 по 22 неделю беременности

©А.В. Поморцев^{1*}, А.Н. Редько¹, Е.А. Барсукова¹, М.А. Матосян¹, Ю.Ю. Дьяченко¹,
Р.А. Дьяченко², И.А. Белоглядова^{1,2}, М.В. Янаева², В.Т. Бабаян¹

¹Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

²Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

* А.В. Поморцев, Кубанский государственный медицинский университет, 350063, Краснодар, ул. М. Седина 4, Pomor-av@mail.ru

Поступила в редакцию 26 октября 2023 г. Исправлена 9 января 2024 г. Принята к печати 14 февраля 2024 г.

Резюме

Введение: Актуальной проблемой медицинской визуализации остается применение современных технологий, в том числе искусственного интеллекта. Необходимым условием для внедрения данной информационной системы является стандартизация рентгенологических и ультразвуковых сканов исследуемой области. Важными задачами являются создание и применение искусственного интеллекта в ультразвуковой диагностике пороков развития центральной нервной системы плода для повышения качества дифференциального диагностического поиска.

Цель: Оценить диагностическую точность применения искусственного интеллекта в диагностике выявления патологии центральной нервной системы плода в сроках гестации с 19 по 22 неделю беременности.

Материалы и методы: Для оценки диагностической эффективности искусственного интеллекта в выявлении патологии центральной нервной системы плода в сроках гестации с 19 по 22 неделю беременности проводилось мультицентровое двух-этапное ультразвуковое исследование. На первом этапе было обследовано более 1500 беременных. Во время скринингового ультразвукового исследования головки плода в аксиальном сечении выводилось 5 анатомических ориентиров и далее на данном сечении осуществлялась 15-секундная запись в формате mp4 (видеоряд). На втором этапе осуществлялась опытная эксплуатация «системы принятия решений выявления патологии ЦНС плода» для определения диагностической точности разработанной информационной системы.

Результаты: Диагностическая точность разработанной программы «Формирования инструментального диагноза выявления пороков ЦНС у плода» в соотношении таких показателей, как «норма» и «не норма», составила 78,9%. При формировании конкретного инструментального диагноза диагностическая точность составила 74,4%.

Выводы: Внедренный искусственный интеллект в современную ультразвуковую дифференциальную диагностику пороков развития ЦНС плода в период гестации с 19 по 22 неделю позволит с высокой точностью формировать инструментальный диагноз по типу «норма» и «не норма» и может быть использован как дополнительная компьютерная технология при первичном скрининговом обследовании беременных.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейросеть, цифровизация в медицине, ультразвуковая диагностика, пороки развития плода

Цитировать: Поморцев А.В., Редько А.Н., Барсукова Е.А. и др. Применение искусственного интеллекта в ультразвуковой диагностике пороков ЦНС плода в сроках гестации с 19 по 22 неделю беременности. *Инновационная медицина Кубани*. 2024;9(2):42–47. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-2-42-47>

Use of Artificial Intelligence in Ultrasound Diagnosis of Fetal Central Nervous System Anomalies Between 19 and 22 Weeks' Gestation

©Alexey V. Pomortsev^{1*}, Andrey N. Redko¹, Ekaterina A. Barsukova¹, Mariam A. Matosyan¹,
Julia Yu. Dyachenko¹, Roman A. Dyachenko², Irina A. Beloglyadova^{1,2},
Marina V. Yanaeva², Vartan T. Babayan¹

¹Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

²Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation

* Alexey V. Pomortsev, Kuban State Medical University, ulitsa M. Sedina 4, Krasnodar, 350063, Russian Federation, Pomor-av@mail.ru

Received: October 26, 2023. Received in revised form: January 9, 2024. Accepted: February 14, 2024.

Abstract

Introduction: The use of modern technologies, including artificial intelligence (AI), in medical imaging is a current hot topic. Standardization of radiologic and ultrasound scans of the studied area is a prerequisite for implementation of this computer system. It is important to create and apply AI in ultrasound diagnosis of fetal central nervous system (CNS) anomalies in order to improve the quality of differential diagnosis.



Objective: To evaluate diagnostic accuracy of AI in detecting fetal CNS anomalies between 19 and 22 weeks' gestation.

Materials and methods: We conducted a multicenter 2-stage study to evaluate AI effectiveness in detecting fetal CNS anomalies between 19 and 22 weeks' gestation. At stage I, more than 1500 pregnant women underwent sonographic examination of the fetal head in the axial plane with 5 anatomical landmarks, and we recorded a 15-second video in the MP4 format (video sequence). At stage II, we tested "Decision-Making System for Detecting Fetal Central Nervous System Anomalies" to determine its diagnostic accuracy.

Results: The diagnostic accuracy of the developed software ("Formulation of an Imaging-Based Diagnosis of Fetal Central Nervous System Anomalies") in regard to such parameters as "normal findings" and "abnormal findings" was 78.9%. The diagnostic accuracy for formulation of a specific imaging-based diagnosis was 74.4%.

Conclusions: The AI implemented into modern ultrasound differential diagnosis of fetal CNS anomalies between 19 and 22 weeks' gestation will make it possible to formulate an imaging-based diagnosis ("normal findings"/"abnormal findings") with high accuracy and can be used as an additional computer technology in the primary screening of pregnant women.

Keywords: artificial intelligence, neural network, health care digitalization, ultrasound diagnosis, fetal anomalies

Cite this article as: Pomortsev AV, Redko AN, Barsukova EA, et al. Use of artificial intelligence in ultrasound diagnosis of fetal central nervous system anomalies between 19 and 22 weeks' gestation. *Innovative Medicine of Kuban*. 2024;9(2):42–47. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-2-42-47>

Введение

Одной из актуальных проблем медицинской визуализации является применение современных технологий обработки изображений для формирования инструментального диагноза. Разработка автоматизированных систем в практическом здравоохранении берет начало с середины 60-х гг. прошлого века и сегодня одним из наиболее значимых направлений автоматизации является применение искусственного интеллекта (ИИ), способного «логически рассуждать и принимать решения» [1].

В последние годы имеется большое количество публикаций, посвященных применению ИИ в медицинской визуализации. В частности, рассматриваются вопросы применения искусственного интеллекта для определения объема поражения легких при диффузных и очаговых заболеваниях, прогнозирование течения заболевания с учетом клинко-анамнестических данных [2]. Активно внедряется ИИ в диагностике инсульта, заболеваний органов грудной клетки, заболеваний органов брюшной полости.

Известно, что человеческий мозг в тандеме со зрительным анализатором может анализировать в среднем до 30 «картинок» в секунду. Применение ИИ для обработки эхографических срезов имеет неограниченные возможности. Важным условием внедрения ИИ является стандартизация рентгенологических и ультразвуковых (УЗ) срезов интересующей области, наличие «большой» верифицированной базы данных различных изображений исследуемого объекта [3–5]. Активное внедрение ИИ в рентгенологии было обусловлено соблюдением обозначенных принципов: выделение определенных анатомических ориентиров при проведении рентгенологического исследования и формирование архива «данных» для оценки динамики заболевания.

В УЗ диагностике получение анатомических «срезов» во многом зависит от конституциональных особенностей пациента, настроек УЗ оборудования и уровня квалификации специалиста в реализации мануальных навыков [6–8]. Все это создает колоссальные проблемы применения ИИ в ультразвуковой диагностике. Имеются единичные публикации применения

ИИ при проведении УЗ исследований в акушерстве и гинекологии. Как правило, «программное обеспечение» интегрировано в ультразвуковые сканеры и предназначено для автоматического и полуавтоматического выделения исследуемой анатомической области и расчета большого количества цифровых значений: подсчет количества и диаметр антральных фолликулов в скан-срезе, параметры сократительной активности сердца плода [9–12]. Некоторые варианты оценки биометрических параметров (измерение шейной складки у плода в 1 триместре беременности) требуют жесткого соблюдения стандарта исследования, что увеличивает временные затраты для специалиста, проводящего исследование [13, 14]. В связи с чем особую актуальность приобретает поиск методов и информационных технологий, позволяющих без увеличения временных затрат улучшить диагностическую точность в выявлении патологий различных органов и систем.

Цель исследования

Разработать и оценить диагностическую точность применения искусственного интеллекта в диагностике выявления патологии центральной нервной системы плода в сроках гестации с 19 по 22 неделю беременности.

Материалы и методы

С сентября 2021 г. и по настоящее время сотрудниками кафедры лучевой диагностики №1 ФПК и ППС Кубанского государственного медицинского университета совместно с институтом компьютерных систем и информационной безопасности Кубанского государственного технологического университета разрабатывается программа «Интеллектуальная система поддержки принятия решения при формировании инструментального диагноза для выявления пороков ЦНС у плода на основе нейросетевых моделей». Данный проект является мультицентровым, поскольку в его реализации задействованы 2 региональных перинатальных центра с общим объемом до 20 тысяч исследований в год.

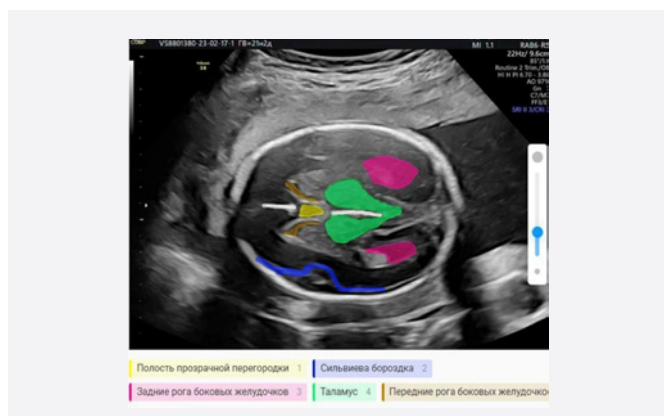


Рисунок 1. Эхограмма головного мозга плода в аксиальном срезе с выделением исследуемых 5 анатомических областей
Figure 1. An echogram of the fetal brain. Axial view. Five studied anatomical landmarks



Рисунок 2. Эхограмма головного мозга плода в парааксиальном срезе с выделением исследуемых 2-х анатомических областей
Figure 2. An echogram of the fetal brain. Paraaxial view. Two studied anatomical landmarks

Исследование состояло из двух этапов. На первом этапе было обследовано более 1500 беременных, а на втором этапе для определения диагностической точности разрабатываемой системы было обследовано 565 женщин в сроках гестации с 19 до 22 недели согласно приказу № 1130 Н от 20.10.2022 г. При проведении УЗИ плода (скрининговое исследование 2-го триместра) выводилась головка плода в аксиальном сечении с 5 анатомическими ориентирами (М-эхо, передние и задние рога боковых желудочков, полость прозрачной перегородки и сильвиева бороздка) и далее на данном сечении осуществлялась 15-секундная запись в формате mp4 (видеоряд). Затем записанный видеоряд передавался

на персональный компьютер и подвергался нейросетевому анализу на предмет выделения и наличия 5 анатомических ориентиров при первом аксиальном срезе: М-эхо, передние и задние рога боковых желудочков головного мозга, полость прозрачной перегородки и сильвиева бороздка (рис. 1). Все получаемые анатомические ориентиры четко визуализировались и были абсолютно симметричны. Далее из видеоряда выделялось второе сечение (парааксиальное). При данном сечении оценивались: мозжечок и задняя основная цистерна (рис. 2).

Далее ИИ сопоставлял обработанные эхограммы с имеющимся «архивом изображений» и формировался инструментальный диагноз (рис. 3).

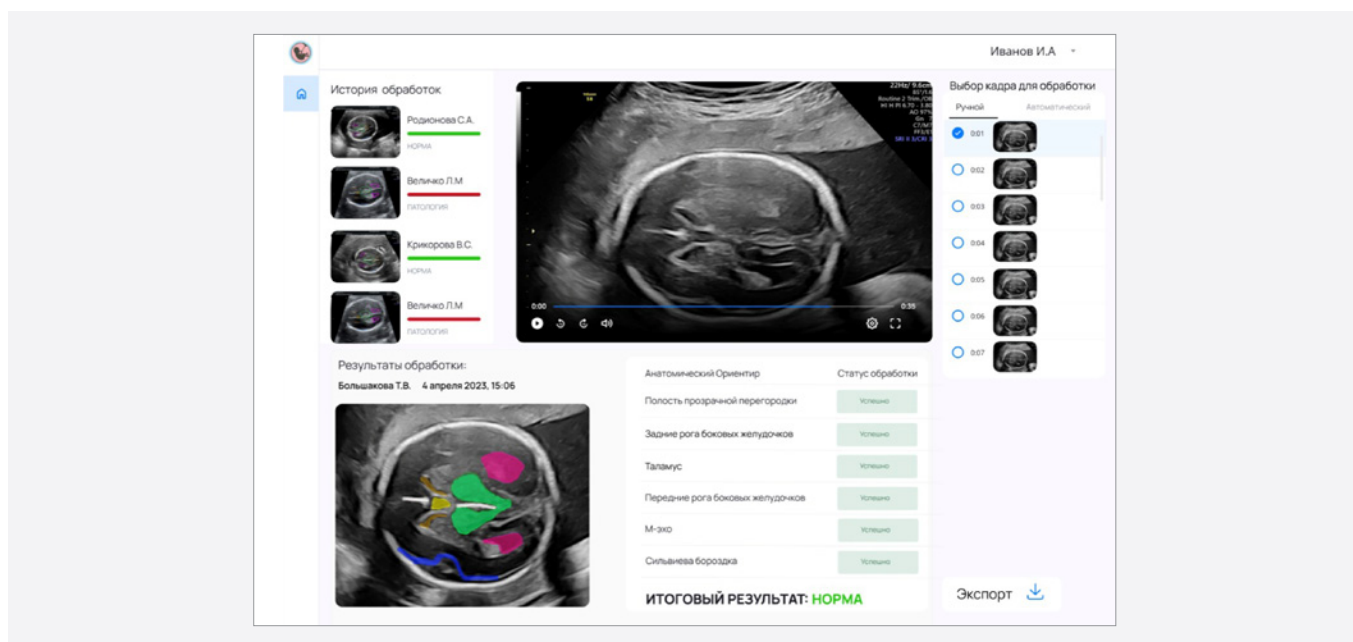


Рисунок 3. Экспериментальный вид интерфейса программы «Интеллектуальная система поддержки принятия решения при формировании инструментального диагноза для выявления пороков ЦНС у плода на основе нейросетевых моделей»
Figure 3. Experimental interface of “Intelligent Decision-Making System for Formulation of an Image-Based Diagnosis of Fetal Central Nervous System Anomalies Based on Neural Network Models”

Выделение двух «скан-срезов» из видеоряда позволяло выявлять значительную часть патологии головного мозга плода, определяемую тремя анатомическими отделами мозгового пузыря: передний, средний и задний.

На втором этапе осуществлялась опытная эксплуатация «системы принятия решений выявления патологии ЦНС плода» с целью определения диагностической точности.

Результаты и обсуждения

Основополагающим направлением развития современной диагностической медицины является применение ИИ. В основе данной технологии заложено получение качественных и информативных изображений. Важным вопросом является стандартизация изображения.

Преимуществом применения 15-секундного видеоряда является возможность получения информации практически всех анатомических структур головного мозга плода, поскольку в видеофайле имеется информация по всем эхографическим срезам. В нашем исследовании для анализа использовались два среза: «аксиальный» и «аксиальный через таламус» для получения информации по всем анатомическим областям головного мозга плода. По мере обучения ИИ появится возможность анализа большего количества анатомических срезов головного мозга плода, что несомненно повысит привлекательность данной программы в диагностике пороков ЦНС плода.

Главными задачами на первом этапе являлись анализ и подбор инструментальных средств для маркировки 5 анатомических ориентиров головного мозга плода, отбор конкретных методов и алгоритмов разметки, осуществлялась разработка модели «нейросети» по формированию инструментального диагноза выявления пороков ЦНС плода, подготовка основных выборок для обучения «нейросети».

Используемыми компьютерными технологиями являлись:

1. Предобработка (распознавание головки плода из видеоряда, выявление областей для исследования, выделение «нужного» среза по видеофрагменту): Python, PyTorch, OpenCV, Label Studio.
2. Клиентская часть – Vue.js.
3. Серверная часть: Kotlin, Spring Boot, Python, FastApi.
4. Нейросеть: Python, PyTorch.

Было обработано 1300 эхограмм головного мозга плода с «нормальной» анатомией и 200 эхограмм с различными вариантами патологии ЦНС плода. Неправильное развитие черепной коробки (анэнцефалия, акрания) отмечались у 10 (5%) плодов; различные варианты гидроцефалии – у 96 (48%); аномальное развитие переднего мозгового пузыря (голопроэнцефа-

лия) – у 23 (11,5%); патология полости прозрачной перегородки (агенезия мозолистого тела) – у 5 (2,5%); патология задней черепной ямки (синдром Денди-Уокера, Арнольда-Киари) – у 63 (31,5%), неправильное развитие силвиевой борозды (агирия) – у 3 (1,5%). Данные варианты патологии оценивались пренатальным консилиумом для решения вопроса о прерывании или пролонгировании беременности. В последующем выявленная патология верифицировалась с результатами нейросонографии или результатами патологоанатомического исследования.

Для оценки диагностической точности работы программы «Интеллектуальная система поддержки принятия решения при формировании инструментального диагноза для выявления пороков ЦНС у плода на основе нейросетевых моделей» было обследовано 565 беременных, при этом из них у 15 (2,6%) выявилась различная патология ЦНС плода. При этом у 12 (80%) плодов нейросеть выявила следующую патологию ЦНС плода: у 6 (50%) плодов – гидроцефалию различного генеза, у 3 (25%) – алобарную голопроэнцефалию и у 3 (25%) – агирию. У 3 (20%) плодов выявленная патология с помощью нейросети не совпадала с конкретным инструментальным диагнозом из-за различных вариантов сочетания: у 1-го плода – агирия с гидроцефалией, у 1-го – агенезия мозолистого тела с патологией задней черепной ямки и у 1-го – сосудистая мальформация со смещением М-эхо головного мозга плода.

В 4 (0,7%) случаях нейросеть не определяла патологию ЦНС плода. Пациенты с невыявленной патологией направлялись на пренатальный консилиум для уточнения инструментального диагноза. После его проведения было установлено, что в 2 (0,3%) случаях были выявлены кисты сосудистого сплетения без дилатации боковых желудочков головного мозга плода, и по 1 (0,2%) случаю – частичная агенезия мозолистого тела и сосудистая мальформация (аневризма Вены Галена) без смещения М-эхо головного мозга плода.

Диагностическая точность разработанной программы «Формирования инструментального диагноза выявления пороков ЦНС у плода» в соотношении таких показателей, как «норма» и «не норма», составила 78,9%. При формировании конкретного инструментального диагноза диагностическая точность составила 74,4%. Снижение диагностической точности формирования «конкретного» инструментального диагноза было связано с относительно небольшим количеством осмотренных плодов.

Выводы

Внедренный искусственный интеллект в современную ультразвуковую дифференциальную диагностику пороков развития ЦНС плода в период

гестации с 19 по 22 неделю позволит с высокой точностью формировать инструментальный диагноз по типу «норма» и «не норма» и может быть использован как дополнительная компьютерная технология при первичном скрининговом обследовании беременных. По мере формирования инструментальной базы данных (эхографических изображений) и «обучения искусственного интеллекта» на большой выборке наблюдений появятся новые возможности постановки инструментального диагноза пороков развития и нарушений конкретной анатомической области головного мозга плода.

Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования: А.В. Поморцев,

А.Н. Редько, М.А. Матосян, Ю.Ю. Дьяченко

Написание статьи: А.В. Поморцев, А.Н. Редько,

Е.А. Барсукова

Проведение статистического анализа: Р.А. Дьяченко,

И.А. Белоглядова, М.В. Янаева

Исправление статьи: А.В. Поморцев, Е.А. Барсукова,

М.А. Матосян, Ю.Ю. Дьяченко, В.Т. Бабаян

Утверждение окончательной версии: все авторы

Author contributions

Concept and design: Pomortsev, Redko, Matosyan,

J.Yu. Dyachenko

Manuscript drafting: Pomortsev, Redko, Barsukova

Statistical analysis: R.A. Dyachenko, Beloglyadova, Yanaeva

Manuscript revising: Pomortsev, Barsukova, Matosyan,

J.Yu. Dyachenko, Babayan

Final approval of the version to be published: All authors

Литература/References

- Lin M, He X, Guo H, et al. Use of real-time artificial intelligence in detection of abnormal image patterns in standard sonographic reference planes in screening for fetal intracranial malformations. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2022;59(3):304–316. PMID: 34940999. <https://doi.org/10.1002/uog.24843>
- Блохин И.А., Морозов С.П., Чернина В.Ю. и др. Использование искусственного интеллекта в здравоохранении: опыт валидации алгоритма искусственного интеллекта в медицинских организациях в условиях пандемии COVID-19. *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены.* 2021;(1):271–282. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2021.1.1736>
- Blokhin IA, Morozov SP, Chernina VYu, et al. Artificial intelligence in healthcare: validating an AI algorithm in health institutions in the COVID-19 pandemic (a use case). *Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes.* 2021;(1):271–282. (In Russ.). <https://doi.org/10.14515/monitoring.2021.1.1736>
- Malani SN 4th, Shrivastava D, Raka MS. A comprehensive review of the role of artificial intelligence in obstetrics and gynecology. *Cureus.* 2023;15(2):e34891. PMID: 36925982. PMCID: PMC10013256. <https://doi.org/10.7759/cureus.34891>
- Xiao S, Zhang J, Zhu Y, et al. Application and progress of artificial intelligence in fetal ultrasound. *J Clin Med.* 2023;12(9):3298. PMID: 37176738. PMCID: PMC10179567. <https://doi.org/10.3390/jcm12093298>
- Drukker L, Noble JA, Papageorgiou AT. Introduction to artificial intelligence in ultrasound imaging in obstetrics and gynecology. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2020;56(4):498–505.

PMID: 32530098. PMCID: PMC7702141. <https://doi.org/10.1002/uog.22122>

6. Safiullina ER, Rychkova EI, Mayorova IV, et al. Application of digital methods and artificial intelligence capabilities for diagnostics in obstetrics and gynecology. *Cardiometry.* 2023;(27):111–117. <https://doi.org/10.18137/cardiometry.2023.27.111117>

7. Ультразвуковое исследование центральной нервной системы плода: руководство по выполнению «базисного исследования» и «нейросонографии плода». Дата обращения: 20.10.2023. <https://www.isuog.org/static/uploaded/7343613c-b64f-4385-8a5e340582fd1a38.pdf>

Sonographic examination of the fetal central nervous system: guidelines for performing the ‘basic examination’ and the ‘fetal neurosonogram. Accessed October 20, 2023. (In Russ.). <https://www.isuog.org/static/uploaded/7343613c-b64f-4385-8a5e340582fd1a38.pdf>

8. Пурискина Н.Л., Суханова Т.И., Гиргель Ю.С., Минайчева Л.И., Сеитова Г.Н. Структура врожденных пороков развития центральной нервной системы в пренатальном периоде. *Медицинская генетика.* 2022;21(8):35–39. <https://doi.org/10.25557/2073-7998.2022.08.35-39>

Puriskina NL, Suhanova TI, Giregel YS, Minaycheva LI, Seitova GN. The structure of congenital malformations of the central nervous system in the prenatal period. *Medical Genetics.* 2022;21(8):35–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.25557/2073-7998.2022.08.35-39>

9. Авачева Т.Г., Алмазова М.К., Зубцова Ю.В. Применение искусственного интеллекта в радиологии. В: *Информационный обмен в междисциплинарных исследованиях: Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Рязань, 18–20 октября 2022 года.* Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина; 2022:67–72.

Avacheva TG, Almazova MK, Zubtsova YuV. Use of artificial intelligence in radiology. In: *Information Exchange in Interdisciplinary Studies: Proceedings of the Russian Scientific and Practical Conference With International Participation, Ryazan, October 18–20, 2022.* Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin; 2022:67–72. (In Russ.).

10. Попов С.В., Красников А.В., Титова Л.А., Петросян С.Л., Попов И.В. Нейросетевое моделирование при эхографической оценке простатитов. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах.* 2023;22(1):107–115. <https://doi.org/10.36622/vstu.2023.22.1.015>

Popov SV, Krasnikov AV, Titova LA, Petrosyan SL, Popov IV. Neural network modeling in sonic assessment of prostatitis. *Sistemnyi analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh.* 2023;22(1):107–115. (In Russ.). <https://doi.org/10.36622/vstu.2023.22.1.015>

11. Karri K, Deole N, Engineer N. P15.07: Prenatally diagnosed central nervous system anomalies: a ten year experience. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology.* 2010;36(S1):224–225. <https://doi.org/10.1002/uog.8508>

12. Барсуков А.А., Панов М.Д., Крылов М.В., Ермолаева В.В. Искусственный интеллект в медицине. *Тенденции развития науки и образования.* 2022;(82–4):12–14. <https://doi.org/10.18411/trnio-02-2022-137>

Barsukov AA, Panov MD, Krylov MV, Ermolaeva VV. Artificial intelligence in medicine. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya.* 2022;(82–4):12–14. (In Russ.). <https://doi.org/10.18411/trnio-02-2022-137>

13. Давыдов А.И., Соколова И.И., Шахламова М.Н. Клиническая оценка ультразвуковых маркеров внематочных форм эктопической беременности: выбор метода оперативно-го пособия и принципы восстановительного лечения. *Вопросы*

гинекологии, акушерства и перинатологии. 2020;19(4):178–183. <https://doi.org/10.20953/1726-1678-2020-4-178-183>

Davydov AI, Sokolova II, Shakhlamova MN. Clinical evaluation of ultrasound markers of extratubal forms of ectopic pregnancy: choice of surgical method and principles of rehabilitation treatment. *Voprosy ginekologii, akušerstva i perinatologii*. 2020;19(4):178–183. (In Russ.). <https://doi.org/10.20953/1726-1678-2020-4-178-183>

14. Ившин А.А., Гусев А.В., Новицкий Р.Э. Искусственный интеллект: предиктивная аналитика перинатального риска. *Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии*. 2020;19(6):133–144. <https://doi.org/10.20953/1726-1678-2020-6-133-144>

Ivshin AA, Gusev AV, Novitskiy RE. Artificial intelligence: predictive analytics of perinatal risks. *Voprosy ginekologii, akušerstva i perinatologii*. 2020;19(6):133–144. (In Russ.). <https://doi.org/10.20953/1726-1678-2020-6-133-144>

Сведения об авторах

Поморцев Алексей Викторович, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики № 1 ФПК и ППС, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-4129-3930>

Редько Андрей Николаевич, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья, здравоохранения и истории медицины, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-3454-1599>

Барсукова Екатерина Алексеевна, клинический ординатор кафедры лучевой диагностики № 1 ФПК и ППС, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0009-0005-9684-4025>

Матосян Мариам Альбертовна, ассистент кафедры лучевой диагностики № 1 ФПК и ППС, врач ультразвуковой диагностики университетской клиники, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-9576-6724>

Дьяченко Юлия Юрьевна, к. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики № 1 ФПК и ППС, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-2957-9100>

Дьяченко Роман Александрович, д. т. н., директор института компьютерных систем и информационной безопасности, Кубанский государственный технологический университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-1244-1228>

Белоглядова Ирина Александровна, ассистент кафедры общественного здоровья, здравоохранения и истории медицины, Кубанский государственный медицинский университет; аспирант, Кубанский государственный технологический университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-8817-2787>

Янаева Марина Викторовна, к. т. н., заведующая кафедрой информационных систем и программирования,

Кубанский государственный технологический университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0009-0004-4792-5622>

Бабаян Варган Тигранович, ассистент кафедры лучевой диагностики № 1 ФПК и ППС, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0009-0007-0420-1466>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Alexey V. Pomortsev, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Diagnostic Radiology Department No. 1, Faculty of Continuing Professional Development and Retraining, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-4129-3930>

Andrey N. Redko, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Public Health, Health Care, and History of Medicine, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-3454-1599>

Ekaterina A. Barsukova, Resident, Diagnostic Radiology Department No. 1, Faculty of Continuing Professional Development and Retraining, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0005-9684-4025>

Mariam A. Matosyan, Assistant Professor at the Diagnostic Radiology Department No. 1, Faculty of Continuing Professional Development and Retraining, Ultrasonographer, University Clinic, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-9576-6724>

Julia Yu. Dyachenko, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Diagnostic Radiology Department No. 1, Faculty of Continuing Professional Development and Retraining, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-2957-9100>

Roman A. Dyachenko, Dr. Sci. (Tech.), Director, Institute of Computer Systems and Information Security, Kuban State Technological University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-1244-1228>

Irina A. Beloglyadova, Assistant Professor at the Department of Public Health, Health Care, and History of Medicine, Kuban State Medical University; Postgraduate Student, Kuban State Technological University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-8817-2787>

Marina V. Yanaeva, Cand. Sci. (Tech.), Head of the Department of Information Systems and Programming, Kuban State Technological University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0004-4792-5622>

Vartan T. Babayan, Assistant Professor at the Diagnostic Radiology Department No. 1, Faculty of Continuing Professional Development and Retraining, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0007-0420-1466>

Conflict of interest: none declared.