УДК 004.622+004.8+338.242.46+378.147+618.2+612.63.01+001.891.53
DOI: 10.56871/MHCO.2024.69.20.005

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ РИСКА МАТЕРИНСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ БЕРЕМЕННОСТИ

© Игорь Петрович Вихров, Шерзод Пардаевич Аширбаев, Шахноза Тулкиновна Искандарова, Камила Мавляновна Даминова

Ташкентский педиатрический медицинский институт. 100140, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Ж. Абидова, д. 223

Контактная информация: Игорь Петрович Вихров — к.м.н., начальник отдела внедрения передовых технологий. E-mail: ipvikhrov@tashpmi.uz ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4333-8533 SPIN: 7544-0392

Для цитирования: Вихров И.П., Аширбаев Ш.П., Искандарова Ш.Т., Даминова К.М. Использование алгоритмов машинного обучения для профилактики риска материнских осложнений при беременности // Медицина и организация здравоохранения. 2024. Т. 9. № 1. С. 52–58. DOI: https://doi.org/10.56871/MHCO.2024.69.20.005

Поступила: 10.01.2024 **Одобрена: 14.02.2024** **Принята к печати: 14.03.2024**

РЕЗЮМЕ. В публикации представлены результаты разработки, анализа использования технологий искусственного интеллекта в здравоохранении на примере определения риска материнских осложнений при беременности, а также результаты онлайн-опроса женщин репродуктивного возраста Республики Узбекистан на предмет использования разработанного мобильного приложения во время беременности. Были использованы методы обработки данных при помощи встроенных библиотек программного обеспечения Python с автоматическими модулями статистической обработки данных, а также проведен онлайн-опрос посредством Google Forms. Результаты показали высокую точность прогнозирования осложнений беременности. Это исследование вносит вклад в цифровизацию здравоохранения и помогает в раннем выявлении рисков для здоровья матерей. Анализ показал, что уровень глюкозы в крови, возраст и кровяное давление существенно влияют на здоровье беременных женщин. На основе этих данных была построена модель случайного леса с точностью 92,15%. Кроме того, были разработаны цифровые медицинские продукты, и опрос продемонстрировал готовность использовать мобильные приложения для отслеживания состояния здоровья. Опрос показал, что 84,4% женщин готовы пользоваться мобильным приложением во время беременности, и более 60% из них даже при условии платной подписки. Разработанный цифровой программный продукт в виде мобильного приложения с использованием алгоритмов машинного обучения является альтернативным способом профилактики материнских осложнений во время беременности у женщин.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: машинное обучение, цифровизация, материнское здоровье, случайный лес, онлайн-опрос

USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS TO PREVENT THE RISK OF MATERNAL COMPLICATIONS DURING PREGNANCY

© Igor P. Vikhrov, Sherzod P. Ashirbaev, Shakhnoza T. Iskandarova, Kamila M. Daminova

Tashkent Pediatric Medical Institute. 223 J. Abidova, Tashkent 100140 Republic of Uzbekistan

Contact information: Igor P. Vikhrov — Candidate of Medical Sciences, Implementation of advanced technologies Department Head. E-mail: ipvikhrov@tashpmi.uz ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4333-8533 SPIN: 7544-0392

For citation: Vikhrov IP, Ashirbaev ShP, Iskandarova ShT, Daminova KM. Using machine learning algorithms to prevent the risk of maternal complications during pregnancy. Medicine and Health Care Organization. 2024;9(1):52–58. DOI: https://doi.org/10.56871/MHCO.2024.69.20.005

Received: 10.01.2024 **Revised: 14.02.2024** **Accepted: 14.03.2024**

ABSTRACT. The publication presents the results of the drafting, analysis of the use of artificial intelligence technologies in the sphere of healthcare on the example of determining the risk of maternal complications during pregnancy, as well as the results of an online survey of women of reproductive age in the Republic of Uzbekistan for the use of the developed mobile application during pregnancy. Data processing methods were used using built-in Python libraries with automatic statistical data processing modules, and an online survey was conducted by means of Google Forms. The results showed high accuracy in predicting pregnancy complications. This research contributes to the digitalization of healthcare in general and helps to early identification of risks to maternal health. The analysis showed that blood glucose levels, age and blood pressure may significantly affect the health of pregnant women. Based on these data, a random forest model was built with an accuracy of 92.15%. In addition, digital medical products have been developed, and the survey demonstrated a willingness to use mobile applications to examine health status. The survey showed that 84.4% of women are ready to use a mobile app during pregnancy, and more than 60% of them even with a paid subscription. The developed digital software product in the form of a mobile application using machine learning algorithms is an alternative approach of preventing maternal complications during pregnancy in women.

KEYWORDS: machine learning, digitalization, maternal health, Random Forest, online survey

ВВЕДЕНИЕ

В мире используются разные подходы к мониторингу прогресса развития цифрового здравоохранения, одним из индикаторов которого в том числе является наличие «мобильного здравоохранения» [4]. Цифровизация здравоохранения также призвана обеспечить большую прозрачность и доступ к данным о пациентах, повысить уровень знаний и уверенности людей, а также позволить им стать активными партнерами в управлении своим здоровьем и благополучием [6]. Те, кто это делает, с высокой вероятностью будут придерживаться более здорового образа жизни, что приведет к улучшению клинических результатов и снижению частоты госпитализаций [10].

Материнская смертность во всем мире остается острым вопросом, и предпринятые усилия всех стран отмечают в целом определенный прогресс, но она все еще остается на высоком уровне. Так, глобальный коэффициент материнской смертности (КМС) за 2020 г. оценивается на уровне 223 случаев материнской смертности на 100 000 живорождений (интервал неопределенности (ИН) 202–255) по сравнению с 227 случаями в 2015 г. (ИН 211–246) и с 339 случаями в 2000 г. (ИН 319–360): снижение на одну треть (34,3%) за полный 20-летний период. Среднегодовые темпы сокращения (ГТС) глобального КМС составили в 2000–2020 гг. 2,1% (ИН 1,3–2,6%), то есть с 2000 по 2020 г. в среднем глобальный КМС ежегодно снижался на 2,1%, хотя прогресс в этот период был неравномерным [11].

В Узбекистане по разным оценкам материнская смертность снизилась с 41 случая на 100 000 живорождений в 2000 г. до 29 случаев на 100 000 живорождений в 2017 г. Однако это более чем в два раза превышает средний показатель по Европейскому региону ВОЗ (13 материнских смертей на 100 000 живорождений), а также превышает показатели в Таджикистане и Кыргызстане [7].

По данным официальной статистики, материнская смертность в Республике Узбекистан в 2021 и 2022 гг. составила 130 случаев в год, по сравнению с 2017–2020 гг., когда материнская смертность превышала в среднем 155 случаев [5].

Предоставление большего количества услуг за пределами больниц и ближе к дому посредством цифровых и инновационных технологий, включая мобильные и социальные сети, облегчит людям доступ к медицинским услугам, когда и как они хотят, с учетом местных потребностей. Таким образом, разработанное нами приложение для пациентов и медицинских сестер для прогнозирования риска материнского здоровья во время беременности является одним из примеров процессов цифровизации здравоохранения в Республике Узбекистан.

В Узбекистане в связи с увеличением количества рождений, а соответственно, и повышением риска материнских осложнений при беременности, наиболее остро стоит вопрос смены парадигмы в сторону цифровизации здравоохранения. Предпринимаются усилия как на национальном уровне, так и на уровне отдельных инициатив [3]. Отдельные сложности для

усиления эффекта от практического использования подобных инициатив в области цифровизации и искусственного интеллекта составляют недостаточное финансирование, незрелость нормативно-правовой базы, доступ к национальным базам электронных данных и недостаток цифровых компетенций врачей и медицинских сестер [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При проведении данного исследования были проанализированы открытые базы данных [1], а также проведен анонимный онлайн-опрос 105 женщин репродуктивного возраста Республики Узбекистан на предмет возможного будущего использования цифровых программных продуктов и их монетизации. Были использованы методы обработки данных при помощи встроенных библиотек программного обеспечения Python: NumPy — использовалась для обработки многомерных массивов; Pandas — для анализа и построения сводных таблиц данных; Scikit-learn — содержит алгоритмы классификации и регрессии, позволяет проводить кластеризацию, валидацию и выбор моделей машинного обучения; SciPy — использовался для научных расчетов с автоматическими модулями статистической обработки данных (аналог STATISTICA 10.0), а также проведен онлайн-опрос посредством открытого ресурса Google Forms от компании Google.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Нами была улучшена точность и аккуратность алгоритма на основе машинного обучения и искусственного интеллекта по прогнозированию риска материнскому здоровью у беременных женщин. Многие случаи материнской смертности связаны с осложнениями беременности, что обусловлено недостаточной информированностью о мерах охраны здоровья матери в период гестации и послеродовом периоде. Это чаще встречается в сельских районах и среди семей с низким уровнем дохода в развивающихся странах. В период беременности требуется непрерывный мониторинг состояния здоровья беременной женщины для обеспечения нормального развития плода и успешного родоразрешения.

Данные были собраны из различных больниц, общественных клиник, служб охраны материнства с помощью системы мониторинга рисков при помощи Интернета вещей (IoT — Internet of Things), на основе которых рядом зарубежных ученых были проведены аналогичные исследования [8, 12]. Возраст, систолическое артериальное давление (АД), диастолическое АД, уровень глюкозы в крови и частота сердечных сокращений (ЧСС) были использованы для определения уровня риска. Прогнозируемый уровень интенсивности риска во время беременности учитывал данные каждого из этих параметров [9]. На основании анализа этих гиперпараметров были разработаны алгоритмы машинного обучения, обладающие различной точностью в прогнозировании материнского риска осложнений беременности.

Всего в исследовании участвовали 1014 беременных женщин, из которых 272 (27%) были с высоким риском материнских осложнений, 406 (40%) с низким риском и 336 (33%) — со средним риском. Среднее значение столбца по возрасту составило 30 лет. Медиана по возрасту — 26 лет. Минимальное значение по возрасту — 10 лет, а максимальное — 70 лет. Диапазон фрейма данных составил от 10 до 70 лет и стандартным квадратичным отклонением 13,5 лет. В гиперпараметре «возраст» наиболее часто встречающиеся группы моложе 30 лет: 23, 19, 17 и 15 лет. Общие данные по возрасту были сгруппированы по категориям: 54,3% — взрослые, 40% — молодежь, 5,3% — дети и 0,4% — пожилые. Анализ корреляции гиперпараметров составил следующие значения: возраст / уровень риска — 55%, возраст / ЧСС — 73%, систолическое АД / температура тела — 92%, систолическое АД / диастолическое АД — 66%, диастолическое АД / уровень риска — 79%, диастолическое АД / сахар в крови — 58%.

После ряда экспериментов по обучению данных с помощью машинного обучения и нейронных сетей, мы остановились на алгоритме случайный лес, который дал наилучший результат. Случайный лес содержит множество деревьев решений, представляющих отдельный экземпляр классификации входных данных. Техника случайного леса рассматривает экземпляры по отдельности, принимая за выбранный прогноз тот, у которого больше всего голосов. Таким образом, случайный лес позволяет любым классификаторам со слабыми корреляциями создать сильный классификатор. Мы выбрали случайный лес, потому что это один из самых точных доступных алгоритмов обучения, и времени на его обучение затрачивается достаточно мало. Кроме того, случайный лес может работать с набором данных, который имеет значения признаков с разным масштабом, поэтому нам не нужно выполнять нормализацию или масштабирование признаков.

Проведя анализ открытого набора данных, мы можем сделать вывод, что уровень глюкозы в крови является наиболее важной переменной в определении уровня материнского риска. Беременные женщины с высоким уровнем глюкозы в крови, как правило, имеют высокий риск для здоровья. Более 75% беременных с показателем сахара 8 и выше имеют высокий риск для здоровья. Сахар в крови также имеет относительно сильную положительную корреляцию с возрастом, систолическим и диастолическим АД, поэтому беременным женщинам старшего возраста с высокими систолическим и диастолическим АД следует быть бдительными. Возраст также является довольно важной переменной, поскольку риски для здоровья беременных женщин, по-видимому, начинают увеличиваться начиная с 25-летнего возраста. Для систолического и диастолического АД эти две переменные действительно имеют сильную взаимосвязь, о чем свидетельствует значение коэффициента корреляции, равное 0,79. Что касается температуры, эта переменная не дает много информации, потому что более 79% общего значения составляет 36,6 °C. Но из этой переменной мы знаем, что беременные женщины с температурой тела выше 37 °C, как правило, имеют больший риск для здоровья. И последний параметр — частота сердечных сокращений — наименее значимая переменная для определения уровня здоровья беременных женщин. Нами была построена модель классификации с использованием алгоритма случайного леса для этого набора данных. С исходным набором данных мы получили максимальную точность 86,7%. Но после того, как мы выполнили очистку данных, удалив выбросы и ненужную переменную, точность увеличилась до 89,16%. Это показывает, что модель дает лучшие результаты обучения с предварительно обработанным набором данных. Мы также выполнили настройку показателей, чтобы получить лучший результат для алгоритма случайного леса. Используя лучшие из полученных результатов настройки показателей, модель способна обеспечить более высокую точность, которая составила после ряда экспериментов 92,15%.

После разработки модели на основе машинного обучения нами был разработан ряд цифровых программных продуктов (WEB-приложение, Android и iOS мобильное приложение, а также Телеграм-бот) для дальнейшего использования в практическом здравоохранении. В целях изучения вопросов дальнейшего финансирования и монетизации разработанных цифровых продуктов, нами также было изучено, какую сумму готовы платить женщины за право использования наших цифровых продуктов.

Опросник был разработан на основе технологий Google Forms и содержал ряд вопросов популяционного, социологического, мотивационного и материально-технического характера. В исследовании приняли участие 105 женщин. Возрастная структура выборки была следующей: 54,3% участниц были в возрасте 18–25 лет, 23,8% — 26–35 лет, 14,3% — 35–45 лет и 7,6% — старше 45 лет. Из них 82,6% проживали в городе и 17,4% — в сельской местности. Кроме того, 52,4% участниц не имели детей, тогда как 47,6% имели одного или более детей.

Среди 105 респондентов 63,8% используют мобильные приложения для мониторинга своего здоровья, тогда как 36,2% не пользуются такими приложениями. В случае же доступности подобных мобильных приложений готовы использовать их 91,4%, а 8,6% не хотят их использовать.

При оценке положительных сторон подобных мобильных приложений 56,2% респондентов отмечают их удобство, 27,6% — доступность, 12,4% — качество, 7,4% — скорость. Если брать разработанное приложение Homila AI, то 84,4% респондентов будут использовать его во время беременности для оценки материнского риска, а 15,2% участников не будут.

Из 105 респондентов 44,8% будут использовать его каждый день, 34,3% — каждую неделю, 9,5% — каждый месяц, 11,4% — не будут его использовать. 64,8% респондентов считают, что все 3 модуля Homila AI являются одинаково полезными, 28,6% — что модуль искусственного интеллекта по оценке риска материнских осложнений является наиболее полезным, 17,1% — модуль рисков и осложнений (согласно нормативному документу Минздрава Республики Узбекистан), 12,4% — модуль адресов и геопозиции перинатальных центров Республики Узбекистан.

Для повышения привлекательности мобильного приложения Homila AI пользователи предлагают добавить следующий функционал (можно было выбрать несколько модулей): модуль контроля для развития плода — 37,1%, модуль удаленных онлайн-консультаций — 34,3%, модуль измерения набора массы тела во время беременности — 30,5%, модуль определения даты рождения будущего ребенка — 25,7%, календарь овуляции и модуль о льготах для беременных — по 21%. Также среди респондентов 12,4% считают, что в оригинальном мобильном приложении достаточно трех модулей, в то время как 41,9% предпочитают наличие всех вышеупомянутых модулей.

При оценке дизайна мобильного приложения удобным считают его 64,8%, привлекательным — 30,5%, неудобным — 1,9%, непривлекательным — 2,9%. Для оценки финансовой устойчивости оригинального мобильного приложения 44,8% респондентов выразили готовность приобрести платную подписку, в то время как 55,2% не готовы к этому. В случае добавления новых модулей к существующим готовность приобрести платную подписку возросла до 52,4%, в то время как 47,6% остались не готовы к оплате. Таким образом, добавление новых модулей увеличило процент респондентов, готовых приобрести платную подписку, на 7,6%.

Следующую сумму готовы потратить респонденты на подписку в год: 400 рублей — 44,8%, 800 рублей — 13,3%, не готовы платить за подписку — 38,1%, меньше 400 рублей — 3,8%.

Один из вопросов опроса относился к получению мнения респондентов по данной разработке мобильного приложения, наиболее интересные высказывания мы также сочли необходимым привести в нашей работе. Респонденты выразили свои пожелания и рекомендации разработчикам для повышения качества и привлекательности использования мобильного приложения Homila AI, часть из которых приведена ниже.

Респондент 1: *Очень интересное приложение, пока действительно маленький функционал, но потенциал у приложения определенно есть.*

Респондент 2: *Строгий дизайн, хотелось бы более доброжелательный, возможно с картинками.*

Респондент 3: *О подписке могу сказать следующее. Предположим, что я забеременела, купила pro-версию, но она на 1 год. Но мне не нужен год, мне 9 месяцев важно. Либо нужно будет дорабатывать приложение, чтобы молодая мамочка могла там вести заметки, могла также посмотреть, что норма для малыша, а что прям явные отклонения, ну или чтобы по завершении беременности мне приложение советовало перейти в другое, от вашей же компании, в котором я смогу продолжить получать помощь, теперь уже как молодая мамочка.*

Респондент 4: *Подписка на период беременности. Лучше добавить еще приложение для развития детей от 1 месяца до 1 года.*

Респондент 5: *Сейчас очень много бесплатных подобных приложений, очень привлекательных, удобных и информативных. Я сама сейчас в положении и пользуюсь одним из них. Что бы я не хотела видеть в подобном приложении — проверку уровня риска у себя, потому что и без этого есть поводы для беспокойства, а когда приложение на основе немногих данных выдает повышенный риск, это приводит в еще большее беспокойство. К тому же, я не смогла измерить уровень сахара в крови и давление и не смогла бы измерить пульс, если бы не имела смарт часы. То есть для использования приложения нужны какие-то еще средства для получения информации (тонометр, градусник и т.д.).*

В целом более 90% ответов участников опроса положительно оценили разработанное мобильное приложение и более 60% респондентов готовы оплачивать платную годовую подписку на использование мобильного приложения во время беременности.

ВЫВОДЫ

Анализ существующих информационных и цифровых продуктов в Республике Узбекистан показал определенную зрелость системы здравоохранения в плане ее цифровизации, тем не менее ряд изученных разработок, особенно с использованием технологий искусственного интеллекта, остается невостребованным или не работает в полной мере, что требует дальнейшего изучения и поддержки со стороны государства.

Разработанный программный продукт с использованием технологий искусственного интеллекта на основе машинного обучения является альтернативным способом профилактики материнских осложнений во время беременности и может использоваться как медицинскими сестрами, так и непосредственно женщинами репродуктивного возраста в качестве самостоятельной диагностики и настороженности по отношению к своему материнскому здоровью.

Проведенный опрос показал готовность к использованию мобильного приложения во время беременности, причем более 50% готовы оплачивать платную подписку в целях его использования.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие участников анкетирования на публикацию данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from the survey participants for publication of relevant information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. База данных материнского риска в портале открытых данных Kaggle.com. Доступно по: https://www.kaggle.com/datasets/csafrit2/maternal-health-risk-data (дата обращения: 28.10.2023).
2. Вихров И.П. Оптимизация использований технологий больших данных и искусственного интеллекта в Республике Узбекистан. Автореф. дис. … канд. мед. наук. Ташкент; 2023.
3. Даминова К., Искандарова Ш. Профилактика риска материнских осложнений при беременности с помощью машинного обучения. Современные проблемы охраны окружающей среды и общественного здоровья. Ташкент. 2023; 1(1): 20–2. Доступно по https://inlibrary.uz/index.php/environmental-protection/article/view/19506 (дата обращения: 25.10.2023).
4. Мониторинг внедрения цифрового здравоохранения: обзор отдельных национальных и международных методологических подходов. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2022.
5. Официальный сайт Агентства по статистике Республике Узбекистан. Коэффициент материнской смертности. Доступен по: https://stat.uz/ru/ofitsialnaya-statistika/demography (дата обращения 27.10.2023).
6. Системная работа для обеспечения поддержки и внедрения изменений: цифровое здравоохранение в Европейском регионе ВОЗ, 2023 г. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2023.
7. Тенденции материнской смертности 2000–2020 гг.: оценки ВОЗ, ЮНИСЕФ, ЮНФПА, Группы Всемирного банка и Отдел народонаселения ДЭСВ ООН. Резюме. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2023.
8. Ahmed M., Kashem M.A. IoT Based Risk Level Prediction Model For Maternal Health Care In The Context Of Bangladesh. In: 2020 2nd International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI). Dhaka. Bangladesh; 2020: 1–6. Available at: DOI: 10.1109/STI50764.2020.9350320 (accessed 27.10.2023).
9. Ahmed M., Kashem M.A., Rahman M., Khatun S. Review and Analysis of Risk Factor of Maternal Health in Remote Area Using the Internet of Things (IoT). In: Kasruddin Nasir A. et al (eds). InECCE2019. Lecture Notes in Electrical Engineering. Singapore. Springer. 2020; 632: 357–65. DOI: 10.1007/978-981-15-2317-5_30.
10. Cresswell K., Anderson S., Montgomery C. et al. Evaluation of Digitalisation in Healthcare and the Quantification of the “Unmeasurable”. Journal of General Internal Medicine. 2023; 38(16): 3610–5. Available at: https://doi.org/10.1007/s11606-023-08405-y (accessed 27.10.2023). DOI: 10.1007/s11606-023-08405-y.
11. Robinson S., Recheet B. WHO Report: Health Systems in Action Insight for Uzbekistan. Division of Country Health Policies and Systems. WHO Regional Office for Europe. 2022: 7–14.
12. Santhi V., Ramya K., Tarana A.P.J., Vinitha G. IOT based wearable health monitoringsystem for pregnant ladies using CC 3200. International Journal of Advanced Research Methodology in Engineering &Technology. 2017; 1(3): 56–60.

REFERENCES

1. Baza dannyh materinskogo riska v portale otkrytyh dannyh Kaggle.com. [Maternal Risk Database in the Open Data Portal Kaggle.com.]. Available at: https://www.kaggle.com/datasets/csafrit2/maternal-health-risk-data (accessed: 28.10.2023). (in Russian).
2. Vihrov I.P. Optimizacija ispol’zovanij tehnologij bol’shih dannyh i iskusstvennogo intellekta v Respublike Uzbekistan. [Vikhrov I.P. Optimization of the Use of Big Data and Artificial Intelligence Technologies in the Republic of Uzbekistan]. PhD thesis. Tashkent; 2023. (in Russian).
3. Daminova K., Iskandarova Sh. Profilaktika riska materinskih oslozhnenij pri beremennosti s pomoshh’ju mashinnogo obuchenija. [Prevention of the risk of maternal complications in pregnancy using machine learning]. Sovremennye problemy ohrany okruzhajushhej sredy i obshhestvennogo zdorov’ja. Tashkent. 2023; 1(1): 20–2. Available at: https://inlibrary.uz/index.php/environmental-protection/article/view/19506 (accessed: 25.10.2023). (in Russian).
4. Monitoring vnedrenija cifrovogo zdravoohranenija: obzor otdel’nyh nacional’nyh i mezhdunarodnyh metodologicheskih podhodov. [Monitoring the implementation of digital health: an overview of selected national

and international methodological approaches]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2022. (in Russian).
5. Oficial'nyj sajt Agentstva po statistike Respublike Uzbekistan. Kojefficient materinskoj smertnosti. [Official website of the Agency on Statistics of the Republic of Uzbekistan. Maternal mortality ratio]. Available at: https://stat.uz/ru/ofitsialnaya-statistika/demography (accessed 27.10.2023). (in Russian).
6. Sistemnaja rabota dlja obespechenija podderzhki i vnedrenija izmenenij: cifrovoe zdravoohranenie v Evropejskom regione VOZ, 2023 g. [Working systematically to support and implement change: digital health in the WHO European Region 2023]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2023. (in Russian).
7. Tendencii materinskoj smertnosti 2000–2020 gg.: ocenki VOZ, JuNISEF, JuNFPA, Gruppy Vsemirnogo banka i Otdel narodonaselenija DJeSV OON. Rezjume. [Trends in maternal mortality 2000 to 2020: estimates by WHO, UNICEF, UNFPA, World Bank Group and UNDESA. Population Division. Executive summary]. Zheneva: Vsemirnaja organizacija zdravoohranenija; 2023. (in Russian).
8. Ahmed M., Kashem M.A. IoT Based Risk Level Prediction Model For Maternal Health Care In The Context Of Bangladesh. In: 2020 2nd International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI). Dhaka. Bangladesh; 2020: 1–6. Available at: DOI: 10.1109/STI50764.2020.9350320 (accessed 27.10.2023).
9. Ahmed M., Kashem M.A., Rahman M., Khatun S. Review and Analysis of Risk Factor of Maternal Health in Remote Area Using the Internet of Things (IoT). In: Kasruddin Nasir A. et al (eds). InECCE2019. Lecture Notes in Electrical Engineering. Singapore. Springer. 2020; 632: 357–65. DOI: 10.1007/978-981-15-2317-5_30.
10. Cresswell K., Anderson S., Montgomery C. et al. Evaluation of Digitalisation in Healthcare and the Quantification of the "Unmeasurable". Journal of General Internal Medicine. 2023; 38(16): 3610–5. Available at: https://doi.org/10.1007/s11606-023-08405-y (accessed 27.10.2023). DOI: 10.1007/s11606-023-08405-y.
11. Robinson S., Recheet B. WHO Report: Health Systems in Action Insight for Uzbekistan. Division of Country Health Policies and Systems. WHO Regional Office for Europe. 2022: 7–14.
12. Santhi V., Ramya K., Tarana A.P.J., Vinitha G. IOT based wearable health monitoringsystem for pregnant ladies using CC 3200. International Journal of Advanced Research Methodology in Engineering &Technology. 2017; 1(3): 56–60.