

## МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ: ЭВОЛЮЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А.Ф. Файзрахманов, Д.С. Тузанкин, М.Л. Шустрова, Н.А. Староверова

*Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань*

Активное развитие информационных технологий, являющееся неотъемлемым элементом современного вектора информатизации большинства ключевых сфер деятельности современного общества, обеспечивает существенную трансформацию их материально-технического и информационного обеспечения. В этом контексте, внедрение новейших разработок в области информационных технологий в современные медицинские системы придает прикладным задачам социальную значимость. В настоящее время большую популярность приобрели технологии искусственного интеллекта, включающие алгоритмы машинного обучения, искусственные нейронные сети и глубокое обучение. Данная работа посвящена исследованию тенденций и оценке перспектив применения методов машинного обучения в контексте разработки и применения медицинских системах. Актуальность развития машинного обучения в целом, и в медицине в частности, состоит в том, что применение данных технологий способствует повышению скорости, качества и надежности выполнения целого спектра задач, в значительной степени разгружая специалистов, работающих в данных сферах и обеспечивая программную информационную поддержку их деятельности. Предметом настоящей работы являются технологии машинного обучения в контексте информационных систем медицинского назначения. Работа носит аналитический характер, методология проведения данной работы заключается в обзоре и анализе информации, представленной в открытых источниках. В результате данной работы проанализированы основные мировые тенденции развития данной сферы, выделены ключевые технологии и разработчики систем с программным обеспечением, функционирующим на базе машинных моделей, а также представлены факторы, ограничивающие данный процесс. Результаты данной работы могут быть полезны разработчикам информационных систем, а также преподавательским кадрам, ведущими деятельность в данном направлении.

*Ключевые слова: машинное обучение, медицина, мобильные медицинские устройства*

### ВВЕДЕНИЕ

Машинное обучение — наука об анализе и обработке данных, подраздел искусственного интеллекта; совокупность методик анализа данных, которые позволяют в той или иной системе обучаться в ходе решения множества сходных задач [1]. Машинное обучение базируется на идее обучаемости аналитических систем в выявлении закономерности и принятии решения с минимальным участием человека используя для этого информационные данные [1-2].

На данный момент времени количество категорий отраслей, в которых не нашло место применение методов машинного обучения, постепенно сокращается. Это связано с тем, что сейчас машинное обучение в сути своей представляет весьма универсальный и эффективный инструмент, который бурно внедряется во всех сферах жизни и отраслях промышленности. Привычными явлениями для современного человека стали камеры смартфонов, повышающие качество снимка средствами на основе машинного обучения или системы автопилотирования на машинах представительских классов, способные подбирать наилучший маршрут и при возникновении аварийной ситуации принимать решение за доли секунды. Алгоритмы на основе машинных моделей упрощают работу персонала предприятий при реализации функций складского учета и поиска

изделий и материалов, тем самым сокращая время, затрачиваемое на выполнение операций, что увеличивает производительность и эффективность работы. Искусственный интеллект и методы машинного обучения широко используются в бизнесе и финансовой аналитике [3-6], в создании образовательных систем [7-8]. В сфере информационных технологий машинное обучение применяют как для написания и анализа кода, так и для обучения и тестирования уровня разработчиков [8]. Кроме того, современные технологии искусственного интеллекта широко используются в разработке и функционировании масштабных (государственных) систем управления [10-11]

Отдельного внимания в данном контексте заслуживает медицина и применение технологий машинного обучения в данной сфере. Трудно не согласиться, что социальное и экономическое благополучие общества в значительной степени зависит от уровня развития системы здравоохранения в целом, и качества медицинского обслуживания населения, в частности. Высокая социальная значимость становится триггером интенсификации внедрения новейших разработок в аппаратное и программное обеспечение медицинских систем, эволюция которых, в свою очередь, способствует повышению качества медицинского обслуживания в целом и снижения нагрузки на специалистов, от

организации приема пациентов до их ведения и консультирования в период реабилитации.

Информационные системы, основанные на машинных алгоритмах, позволяют более точно диагностировать заболевания, выбрать оптимальную стратегию лечения, просчитать риски, варианты развития болезни или ее возможный исход [12-13]. Задачей данной работы является проведение анализа основных мировых тенденций развития технологий машинного обучения и искусственного интеллекта, в том числе, в медицинских системах, выделение ключевых технологий и разработчиков систем с программным обеспечением, функционирующим на базе машинных моделей, а также выявление факторов, ограничивающих развитие данной сферы.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Идея внедрения машинного обучения в медицинские технологии берет свои корни с программы-прототипа «MUSIN» разработанной в начале 1970-х годов в Стэнфордском университете. Функционал данного программного обеспечения включал идентификацию бактерий, вызывающих тяжелые инфекции, расчет необходимого количества антибиотиков для пациентов, а также диагностику заболеваний свертываемости крови [13,14]. Однако, широкое распространение данной программы было ограничено, поскольку технологии системной интеграции на тот период только начинали свое развитие. Несмотря на это, Стэнфордский университет продолжил свою деятельность в области искусственного интеллекта в рамках проекта «Медицинский экспериментальный компьютерно-искусственный интеллект в медицине» [15, 16, 17].

С ростом и развитием технологий к разработке медицинских продуктов, сервисов и процессов подключились такие компании, как Apple, Microsoft, Amazon, Oracle, Intel, IBM, и многие другие [18, 19]. По исследованиям компании Venture Scanner [20,21], число компаний, заинтересованных в разработке и продвижении технологий с внедренным машинным обучением, составляет в настоящее время более 800, а совокупное финансирование к концу 2020 года составило около 40 миллиардов долларов. По статистике, наибольший интерес к данному направлению проявляют компании из США и Великобритании [15].

Примерами успешных проектов по внедрению «умных» систем можно назвать «Deepmind Health» и «Watson Health», внедренные корпорациями Google и IBM соответственно. Указанные системы работают рука об руку с людьми и помогают в работе с пациентами посредством оценки состояния здоровья пациентов, предварительной диагностики, предлагают наиболее удачные курсы лечения, анализируя информацию о пациенте [22-25]. По исследованиям агентства Frost&Sullivan на 2016 год, технологии

искусственного интеллекта позволили увеличить показатель точности постановки правильных диагнозов на 30-40% [17].

Активные разработки в области информационных и коммуникационных технологий [25-28] позволили расширить область применения решений, реализованных для стационарных систем, сформировав условия для бурного развития мобильной медицины. Она подразумевает под собой применение устройств, используемых человеком в повседневной жизни, для решения задач здравоохранения.

Примерами мобильных устройств, основанных на машинном обучении, могут послужить «умные» фитнес-браслеты компании Xiaomi серии «Mi Band» [28]. Помимо функции часов, они могут выполнять функции спортивного аналитика действий пользователя, подсчитывая расход энергии в виде потраченных килокалорий, количество пройденных шагов, длительность тренировок, а также давать советы по тем или иным упражнениям на основе полученной информации. Устройства также позволяют помочь выстроить правильный и здоровый режим сна, вести подсчет пульса и выявлять отклонения относительно него, предупреждать об опасностях и формировать статистику показаний.

Примеров программного обеспечения, разработанного на базе машинных алгоритмов для мобильных систем в настоящее время довольно большое количество, среди которых ПО «Qapsula» [29], «Ada» [30] и многие другие. Концепция работы приложений состоит в том, что человек описывает свое состояние, симптомы, а система ищет в базе данных информацию на основе полученных входных данных и дает рекомендации к лечению, или советует обратиться к доктору в особо тяжелых случаях. Но помимо таких простых приложений также существуют ПО, которые способны на гораздо большее: диагностика особо сложных заболеваний, выявление возможных проблем с сердечно-сосудистой системой у внешне здоровых людей и др [30].

Развитие мобильных медицинских систем позволит уменьшить не только количество времени, затрачиваемое на оценку здоровья пациента, но и на постановку правильного диагноза и курса лечения. Помимо этих показателей, внедрение машинного обучения в мобильные устройства и системы позволяет сократить количество людей в очереди к тому или иному доктору, что позволяет сократить распространение инфекций, передающихся воздушно-капельным путем, а также позитивно влияет на эффективность работы медицинских учреждений.

Отдельной и весьма востребованной в настоящее время сферой применения технологии машинного обучения является изучение генетики. Разработанные для данной области системы позволяют

проанализировать геном того или иного организма, что имеет большое прикладное значение не только в контексте здравоохранения, но и во множестве областей науки: археологии, криминалистике, ботанике, зоологии, агротехнологии. Данные системы отличаются своей масштабностью и могут содержать базу по проведенным ранее исследованиям, и, тем самым, открывают возможности анализа, систематизации и диагностирования, в том числе, разнообразных патологий, мутаций и эволюционных изменений. Реализация данного функционала в системах диагностирования способно в корне изменить тип лечения, предупредить обострение какого-либо заболевания или даже предотвратить их возникновение, если у этого человека есть предрасположенность к ним. Примером отечественной системы, которая может предоставить услугу анализа ДНК человека и дать развернутый отчет с анализом генома, может послужить система «Атлас» [21-22].

Было бы упущением не упомянуть ПО и технологии, которые внедрены на данный момент в современных медицинских учреждениях для облегчения инфраструктуры внутри него для облегчения ежедневной «рутинной» работы в виде планировщиков приема пациентов, которые учитывают множество факторов при составлении заявки приема; систем анализа визуальной информации, призванные нивелировать время, которое врач затрачивает на изучение подобного рода информации, а также подсказать, в случае если врач упустит какую-либо мельчайшую деталь; искусственного интеллекта, который позволяет точнее моделировать лекарства для достижения более оптимального результата лечения ими же [30-33].

Широкий спектр возможностей применения технологий машинного обучения в медицинских системах, выявленный в результате проведенного анализа существующих и внедренных разработок подтверждает перспективность дальнейших исследований в данной области. Интеграция инструментов искусственного интеллекта и разработок в сфере виртуальной и дополненной реальности способно существенно расширить функционал и области применения существующих медицинских систем.

Внедрение IoT технологий способно послужить интенсификации процессов сбора и анализа информации и решить задачу непрерывного мониторинга, обеспечив постоянный сбор и обработку больших объемов данных в режиме реального времени. Логичным продолжением данных тенденций можно назвать появление продуктов, позволяющих «предсказывать» начало развития заболеваний с целью их предотвращения на самых ранних стадиях. Развитие методик глубокого обучения, с свою очередь, позволяет обеспечить

повышение точности «предсказаний», осуществляемых рекомендательными системами на их основе. Корректное развитие данного направления затруднительно без интеграции разработок в сферах «облачных» сервисов, которые бы позволили сохранять всё возрастающий объём информации, и защиты данных, поскольку вынесение персональной информации в сторонние сервисы создают риск утечки данных с нежелательными для пользователя последствиями.

В контексте принятого вектора цифровизации национальной системы здравоохранения Российской Федерации, определённый интерес и возможное широкое применение представляет формирование единой рекомендательной системы в области медицины, позволяющей не только повысить оперативность и точность диагностики, но и расширить возможности лечения. Внедрение подобной системы в деятельность бюджетных учреждений позволило бы в существенной степени повысить качество обслуживания даже в территориально удалённых населённых пунктах, что не оборудованных собственными диагностическими центрами. В частности, определённую пользу может принести функция «помощь в диагностике», позволяющая местным фельдшерам, внося анамнез пациента, получить помощь в диагностике заболевания, актуальную информацию об имеющихся в ближайших районах специалистах, используемых ими методах и полученных результатах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ современных технологий, применяемых для расширения функционала медицинских информационных систем, посредством применения технологий искусственного интеллекта, демонстрирует достаточно широкий спектр аппаратного и программного обеспечения. При этом увеличение количества разработок в данной области, является характерной тенденцией, сохраняющейся в течении последних нескольких лет. Учитывая активное развитие информационных технологий и колоссальный потенциал искусственных нейронных сетей как инструмента принятия интеллектуальных решений, не требующих сверх ответственности.

Перспектива развития машинного обучения ограничена в своем временном отрезке и будет напрямую зависеть от развития технологий, а также от развития науки, но ее развитие будет с каждым годом все больше расти, т.к. уже на нынешнем этапе все больше людей и ученых уделяют внимание данному направлению.

Несмотря на интенсивное и достаточно широкое развитие технологий машинного обучения в медицинских системах, можно выделить ряд факторов, ограничивающих его возможности. Одной

из них является ограничение аппаратного ускорения обучения, которая преследовала машинное обучение на протяжении всего развития, и которая была и будет ограничена технологиями своего отрезка времени. Следующей проблемой является относительно малая изученность моделей обучения и их многообразие. Следствием этого становится отсутствие точного представления о наибольшей эффективности какой-либо модели в той или иной ситуации или сфере жизнедеятельности.

Не менее важным аспектом является человеческий фактор. Большинство ответственных решений, принимаемых человеком, в критической ситуации возникает как следствие не только логических предпосылок, но и интуитивной составляющей. Этот фактор является одним из прецедентов, который невозможно описать алгоритмом, и, соответственно, обуславливает целесообразность присутствия человека рядом с системой или устройством, созданным с применением технологий машинного обучения. Тем не менее разработка надёжной интеллектуальной инфраструктуры способна обеспечить расширение функций интеллектуальной и экспертной поддержки оператора, особенно в контексте высокоответственных систем. Тем не менее, любая система должна отвечать нормам безопасности и не нести вред человечеству, что требует относительно большого внимания [25-26].

На основе проведенного обзора можно сделать следующие выводы:

1. Машинное обучение в настоящее время является одним из бурно развивающихся направлений информационных технологий.

2. Сфера здравоохранения в настоящее время и в перспективе одна из сфер применения технологий искусственного интеллекта и машинного обучения в частности

3. Направлениями развития машинного обучения является в настоящее время не столько поиск новых алгоритмов, сколько поиск функций оптимизации и обработки данных

4. Так как в последнее время интенсивно развиваются технологии IoT, вопросы сбора, обработки, анализа и дальнейшего применения собранных данных становятся особенно актуальными.

5. На основе собранных данных сформулирована концепция и основные требования к разрабатываемой информационной системе.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мухамадиев, Р.Р. Разработка системы управления проектами с позиции эффективности / Р.Р. Мухамадиев, Н.А. Староверова, М.Л.Шустрова // Южно-Сибирский научный вестник. – 2019. – № 1 (25). – С. 187-192.

2. Rayner, K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research [Текст] / K. Rayner // Psychological Bulletin by the American Psychological Association, Inc. – 1998. – Vol. 124. – № 3. – С. 372-422.

3. Кораблев, А.Ю. Машинное обучение в бизнесе [Текст] / А.Ю. Кораблев, Р. Булатов // АНИ: экономика и управление – 2018. – № 2. – С. 68–72.

4. Кревский, М.И. Применение машинного обучения и process mining к задачам кластеризации процессов в финансовой сфере [Текст] / М.И. Кревский, Д.М. Сметанев // Современные инструменты, методы и технологии управления знаниями – 2020. – № 3. – С. 52-60.

5. Young, T. Recent Trends in Deep Learning Based Natural Language Processing [Review Article] / T. Young, D. Hazarika, S. Poria and E. Cambria // IEEE Computational Intelligence Magazine – 2018. – vol. 13. – № 3 - pp. 55-75, doi: 10.1109/MCI.2018.2840738.

6. Егорова С. Е. Цифровизация бухгалтерского учета: перспективы и возможности [Текст] / Егорова С. Е., Богданович И. С. // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Экономика. Право. Управление. – 2019. – № 9. – С. 3-7.

7. Саханевич, Д.Ю. Исследование подходов и методов применения искусственного интеллекта и машинного обучения в социально-экономических процессах [Текст] / Д.Ю. Саханевич // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2020. – № 2. – С. 65–79.

8. Шмид А. В. Машинное обучение в экспертных системах: подготовка специалистов / Шмид А. В., Лычагин К. А. // Образовательные ресурсы и технологии. – 2014. – № 2 (5). – С.102-106

9. Щенникова Е.В. Применение машинного обучения для экспресс-тестирования уровня разработчиков / Е.В. Щенникова, Р.Е. Навошин, Д.Ю. Трифонова // Ученые записки УлГУ. Серия: Математика и информационные технологии. – 2020. №. 2. – С. 80-85.

10. Аكوпова, Л.А. Направления развития и применения современных технологий искусственного интеллекта в государственном управлении [Текст] / Л.А. Аكوпова // Modern Science. – 2021. – №. 1-2. – С. 409-414.

11. Mukhamadiev, R. Specifics of Project Management System Development for Large Organizations / R. Mukhamadiev, N. Staroverova, M. Shustrova // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok – 2020 – С. 1-8.

12. Staroverova N.A. Development of a neurocomputer modular information system for cancerous diseases diagnostics in animals / Staroverova N.A., Staroverov S.A., Shustrova M.L., Dykman L.A. // Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Instrument Engineering. – 2020. – № 2 (131). – С. 75-84.

13. Majid Janzamin, Spectral Learning on Matrices and Tensors/ Majid Janzamin, Rong Ge, Jean Kossaifi and Anima Anandkumar // Foundations and Trends® in Machine Learning – 2019. - Vol 12 - № 5-6 - pp 393-536. <http://dx.doi.org/10.1561/22000000057>

14. Badrinarayanan, V. SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation/ V. Badrinarayanan, A. Kendall and R. Cipolla // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence – 2017 - vol. 39. -№12 - pp. 2481-2495, doi: 10.1109/TPAMI.2016.2644615.

15. Shortliffe E. H. et al. Computer-based consultations in clinical therapeutics: explanation and rule acquisition capabilities of the MYCIN system // Computers and biomedical research. – 1975. – Т. 8. – №. 4. – С. 303-320.

16. Xian Yang Data driven visual tracking via representation learning and online multi-class LPBoost learning / Xian Yang, Shoujie Wang // Computer Vision IET – 2016 - vol. 10. - № 1 - pp. 28-35

17. El Naqa I. What is machine learning? / El Naqa I., Murphy M. J. // Machine learning in radiation oncology. – Springer, Cham, 2015. – С. 3-11

18. Minaee, S. Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey / S. Minaee, Y. Y. Boykov, F. Porikli, A. J. Plaza, N. Kehtarnavaz and D. Terzopoulos // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence - 2021 Feb 17 - doi: 10.1109/TPAMI.2021.3059968

19. Y. Bengio, A. Courville and P. Vincent, Representation Learning: A Review and New Perspectives // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence / Y. Bengio, A. Courville and

P. Vincent – Aug . 2013 - vol. 35 - no. 8 - pp. 1798-1828 doi: 10.1109/TPAMI.2013.50.

20. Levy M. Marketing Medicine to Millennials: Preparing Institutions and Regulations for Direct-to-Consumer Healthcare/ Levy M. //Cal. WL Rev. – 2018. – Т. 55. – С. 521.

21. Saidi Guo, Multi-level semantic adaptation for few-shot segmentation on cardiac image sequences./ Saidi Guo, Lin Xu, Cheng Feng, Huahua Xiong, Zhifan Gao, Heye Zhang// Medical Image Analysis, 2021 - 102170, <https://doi.org/10.1016/j.media.2021.102170>.

22. Banta D. The development of health technology assessment //Health policy. – 2003. – Т. 63. – №. 2. – С. 121-132.

23. Zhou N. et al. Concordance study between IBM Watson for Oncology and clinical practice for patients with cancer in China //The oncologist. – 2019. – Т. 24. – №. 6. – С. 812.

24. Ahuja A. S. The impact of artificial intelligence in medicine on the future role of the physician //PeerJ. – 2019. – Т. 7. – С. e7702.

25. Зиятдинова, А. Аналитический обзор и сравнение возможностей операционных систем для мобильных устройств [Текст] / А. Зиятдинова, Н.А. Староверова // Фундаментальные исследования – 2015. – № 9-2. – С. 227–231.

26. Байтмиров, А.Д. Беспроводные технологии в промышленности [Текст] / А.Д. Байтмиров, М.Л. Шустрова // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 14. – С. 473–475.

27. Хабиров, А.А. Тенденции развития мобильных интернет-технологий [Текст] / А.А. Хабиров, М.Л. Шустрова // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 18. – С. 212–214.

28. Xiaomi Mi Band [Электронный ресурс] // Официальный сайт Xiaomi – 2021 – Режим доступа: <https://www.mi.com/ru/mi-smart-band-5>

29. Qapsula [Электронный ресурс] // Интерактивная система поддержки здоровья – 2021. – Режим доступа: <https://qapsula.com>.

30. Health. Powered by Ada. [Электронный ресурс] // Веб-портал проекта «Ada Health GmbH» – 2021. – Режим доступа: <https://ada.com>.

31. Генетический тест жизни [Электронный ресурс] // Веб-портал Биомедицинского холдинга «Атлас» — международной компании персонализированной медицины. – 2021. – Режим доступа: <https://atlas.ru/dna>.

32. The Hospital Executive’s Guide: Six Ways to Leverage AI for Hospital Operations [Электронный ресурс] // Официальный сайт организации ReferralMD – 2021. – Режим доступа: <https://getreferralmd.com/2017/02/hospital-executives-guide-six-ways-leverage-ai-hospital-operations>.

33. Le Q. et al. Deep learning at the shallow end: Malware classification for non-domain experts //Digital Investigation. – 2018. – Т. 26. – С. S118-S126.

*Файзрахманов Айрат Фагимович – магистрант кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации ФГБОУ ВО КНИТУ,*

*Тузанкин Дмитрий Сергеевич - магистрант кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации ФГБОУ ВО КНИТУ,*

*Староверова Наталья Александровна – к.т.н., доцент кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации ФГБОУ ВО КНИТУ, тел. 89272406832, e-mail: natastaroverova@yandex.ru*

*Шустрова Марина Леонидовна – к.т.н., доцент кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации ФГБОУ ВО КНИТУ, тел. 8(843)2318943, e-mail: shu.ma@bk.ru*

# OVERVIEW OF DEVELOPMENT PROSPECTS FOR MACHINE LEARNING IN MEDICINE

A.F. Fayzrakhmanov, D.S. Tuzankin, M.L. Shustrova, N.A. Staroverova

Kazan National Research Technological University, Kazan

The active development of information technologies, which is an integral element of the modern vector of informatization of most of the key spheres of activity of modern society, provides a significant transformation of their material, technical and information support. In this context, the introduction of the latest developments in the field of information technology in modern medical systems gives social significance to applied problems. Currently, artificial intelligence technologies have gained great popularity, including machine learning algorithms, artificial neural networks and deep learning. This work is devoted to researching trends and assessing the prospects for the application of machine learning methods in the context of the development and application of medical systems. The relevance of the development of machine learning in general, and in medicine in particular, lies in the fact that the use of these technologies contributes to an increase in the speed, quality and reliability of a whole range of tasks, largely unloading specialists working in these areas and providing software information support for their activities. The subject of this work is machine learning technologies in the context of medical information systems. The work is analytical in nature, the methodology of this work is to review and analyze information presented in open sources. As a result of this work, the main global trends in the development of this area are analyzed, key technologies and developers of systems with software operating on the basis of machine models are identified, and the factors limiting this process are presented. The results of this work can be useful for the developers of information systems, as well as for teaching staff working in this direction.

Index terms: machine learning, medicine, mobile medical devices.

## REFERENCES

1. Mukhamadiev R.R., Staroverova N.A., and Shustrova M.L., "Development of a project management system in terms of efficiency," *South Siberian Scientific Bulletin*, vol. 1 (25), pp. 187-192, 2019.
2. Rayner, K. "Eye movements in reading and information processing: 20 years of research," *Psychological Bulletin by the American Psychological Association, Inc.*, vol. 124, no. 3, pp. 372-422, 1998.
3. Korabev A. Yu., and Bulatov R., "Machine learning in business," *ANI: Economics and Management*, no. 2 (23), pp. 68-72, 2018.
4. Krevskiy M.I., and Smetanov D.M., "Application of machine learning and process mining to the problems of clustering processes in the financial sphere," *Modern tools, methods and technologies of knowledge management*, vol. 3, pp. 52-60, 2020.
5. Young, T. et al "Recent Trends in Deep Learning Based Natural Language Processing" [Review Article] in *IEEE Computational Intelligence Magazine*, vol. 13., no. 3, pp. 55-75, 2018, doi: 10.1109/MCI.2018.2840738.
6. Egorova, S.V., and Bogdanovich I.S., "Digitalization of accounting: prospects and opportunities," *Bulletin of Pskov State University. Series: Economics. The law. Management*, vol. 9, pp. 3-7, 2019.
7. Sakhanevich D. Yu., "Research of approaches and methods of application of artificial intelligence and machine learning in socio-economic processes," *Bulletin of Omsk University. Series "Economics"*, vol. 2, pp. 65-79, 2020.
8. Novikov V.S., and Sheremet A.V., "The value of machine learning in education," *Physical, mathematical and technical sciences as the foundation of the formation of post-industrial society*, vol. 3, pp. 25-26, 2020.
9. Shchennikova E. V., Navoshin R. E., and Trifonova D. Yu., "Application of machine learning for rapid testing of the level of developers," *Uchenye zapiski UGU. Series: Mathematics and Information Technology*, pp. 80-85, 2020
10. Akopova L.A. , "Directions of development and application of modern technologies of artificial intelligence in public administration," *Modern Science*. vol. 1-2, pp. 409-414, 2021.
11. Mukhamadiev R., Staroverova N. and Shustrova M., "Specifics of Project Management System Development for Large Organizations," *2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon)*, Vladivostok, RF, pp. 1-8, 2020, doi: 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271201.
12. Staroverova N.A., et al., "Development of a neurocomputer modular information system for cancerous diseases diagnostics in animals," *Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Instrument Engineering*, vol. 2, pp. 75-84, 2020.
13. Majid Janzamin, et al "Spectral Learning on Matrices and Tensors", *Foundations and Trends® in Machine Learning*, vol 12, no.5-6, pp 393-536. <http://dx.doi.org/10.1561/22000000057>, 2019
14. Badrinarayanan, V et.al, "SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation" in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 39. , no 12, pp. 2481-2495, 2019, doi: 10.1109/TPAMI.2016.2644615.
15. Shortliffe E. H. et al. Computer-based consultations in clinical therapeutics: explanation and rule acquisition capabilities of the MYCIN system, *Computers and biomedical research.*, vol. 8., no. 4., pp. 303-320., 1975
16. Xian Yang "Data driven visual tracking via representation learning and online multi-class LPBoost learning", *Computer Vision IET* , vol. 10. No 1 , pp. 28-35, 2016
17. El Naqa I., and Murphy M. J., "What is machine learning? *Machine learning in radiation oncology*, Springer, Cham, , vol. 2, pp. 3-11, 2015.
18. Minaee, S. et al "Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey" in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2021 Feb 17, doi: 10.1109/TPAMI.2021.3059968
19. Y. Bengio, A. Courville and P. Vincent, Representation Learning: A Review and New Perspectives/ *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*// Y. Bengio, A. Courville and P. Vincent – Aug. 2013 - vol. 35 - no. 8 - pp. 1798-1828 doi: 10.1109/TPAMI.2013.50.
20. Levy M., "Marketing Medicine to Millennials: Preparing Institutions and Regulations for Direct-to-Consumer Healthcare," *Cal. WL Rev*, vol. 55, pp. 521., 2018.

21. Saidi Guo et al, "Multi-level semantic adaptation for few-shot segmentation on cardiac image sequences", *Medical Image Analysis*, 2021 - 102170, <https://doi.org/10.1016/j.media.2021.102170>.
22. Banta D., "The development of health technology assessment," *Health policy*, vol. 63, no. 2, pp. 121-132, 2003.
23. Zhou N. et al., "Concordance study between IBM Watson for Oncology and clinical practice for patients with cancer in China // *The oncologist*, vol. 24, no. 6, pp. 81275-84, 2019.
24. Ahuja AS. 2019. The impact of artificial intelligence in medicine on the future role of the physician. *PeerJ* 7:e7702 <https://doi.org/10.7717/peerj.7702>.
25. Ziyatdinova A., and Staroverova N.A., "Analytical review and comparison of the capabilities of operating systems for mobile devices Basic research," *Fundamental Researches*, vol. 9-2, pp. 227-231, 2015.
26. Baitimirov A.D., and Shustrova M.L., "Wireless technologies in industry," *Bulletin of Kazan Technological University*, vol. 17, no. 14, pp. 473-475, 2014.
27. Khabirov A.A., and Shustrova M.L. "Trends in the development of mobile Internet technologies," *Bulletin of the Technological University*, vol. 18, no. 18, pp. 212-214, 2015.
28. Xiaomi Mi Band - URL: <https://www.mi.com/ru/mi-smart-band-5/> - Text: electronic.
29. Qapsula - URL: <https://qapsula.com> - Text: electronic.
30. Health. Powered by Ada. - URL: <https://ada.com/> - Text: electronic.
31. Genetic test of life - URL: <https://atlas.ru/dna> - Text: electronic.
32. Referral M.D. *The Hospital Executive's Guide: Six Ways to Leverage AI for Hospital Operations*, accessed 2021, <https://getreferralmd.com/2017/02/hospital-executives-guide-six-ways-leverage-ai-hospital-operations>.
33. Perez, C.E., *Sustainable Deep Learning Architectures require Manageability*, accessed April 19, 2018, <https://medium.com/intuitionmachine/sustainable-artificial-intelligence-architecture-requires-manageability-2bd197f40cd1>

*Fayzrakhmanov Airat Fagimovich - magistracy student of department of the automated systems of data collection and processing, Kazan National Research Technological University*

*Tuzankin Dmitry Sergeevich - magistracy student of department of the automated systems of data collection and processing, Kazan National Research Technological University*

*Staroverova Natalya Aleksandrovna – associate professor of department of the automated systems of data collection and processing, Kazan National Research Technological University, Ph.D. +79272406832, e-mail: nata-staroverova@yandex.ru*

*Shustrova Marina Leonidovna – associate professor of department of the automated systems of data collection and processing, Kazan National Research Technological University, Ph.D. +79179368864, e-mail: shu.ma@bk.ru.*