


Искусственный интеллект в мировом здравоохранении. От начала до наших дней

 А. А. Головкова


 ГБУ «Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента Департамента здравоохранения города Москвы»



Фото: shutterstock

Слово «нейросеть» признано словом 2023 года по версии Института русского языка и справочно-информационного портала «Грамота.ру». Вторым по популярности, по оценке экспертов, стало слово «джипити» — GPT (Generative pre-trained transformer), то есть генеративный предобученный трансформер. Оба эти слова отражают тенденции и настрой общества на освоение искусственного интеллекта и его внедрение во все сферы жизни, в том числе в здравоохранение, где он уже нашел немало точек приложения.



Предпосылки и прообразы

Отцом-основателем искусственного интеллекта стал молодой талантливый математик, ассистент профессора в Дартмутском колледже (США) Джон Маккарти. В 1956 году он предложил своим коллегам организовать двухмесячный семинар для проведения мозгового штурма, который мог помочь найти более серьезное применение вычислительным ресурсам ЭВМ, а именно — разработать способ автоматического решения логических задач. На этом семинаре впервые прозвучало словосочетание «искусственный интеллект». А через несколько лет Маккарти создал язык программирования LISP (от англ. LISt Processing language — язык обработки списков), который до сих пор используется в машинном обучении¹.

В середине 60-х годов с помощью искусственного интеллекта в Стэнфордском университете была разработана экспертная система для идентификации топологических структур органических молекул, которая определяет молекулярную структуру химических веществ по данным масс-спектрометрии и ядерного магнитного резонанса². В середине 70-х годов сотрудники того же университета создали на основе машинного обучения экспертную систему для диагностирования

бактерий, вызывающих тяжелые инфекционные заболевания, такие как менингит, сепсис, а также для расчета необходимой дозы антибиотиков в зависимости от массы тела пациента. Чтобы получить результат, врачу нужно было ответить на ряд вопросов опросника, выбрав нужный ответ, предложенный системой³.

Само понятие «искусственный интеллект» появилось только в начале 1980-х годов. Его определение предложили ученые в области теории вычислений. Это область информатики, которая занимается разработкой интеллектуальных компьютерных систем, то есть систем, обладающих возможностями, которые мы традиционно связываем с человеческим разумом, — понимание языка, обучение, способность рассуждать, решать проблемы и т.д.

В середине 1980-х годов с развитием цифровизации заинтересованность в технологиях искусственного интеллекта, в том числе в решении медицинских задач, активно проявляет бизнес-сообщество, эта область получает неплохие денежные инвестиции. Но настоящему расцвету нейросетей, оказавшему существенное влияние на медицинскую науку и практику, суждено было произойти лишь через несколько десятилетий.



Джон Маккарти, американский информатик, автор термина «искусственный интеллект», изобретатель языка LISP

Век стартапов в информатизации медицины

Бурное развитие искусственный интеллект получил лишь в XXI веке со всеобщим распространением цифровых технологий и с появлением способных аккумулировать большие объемы информации серверных

хранилищ, благодаря чему стало возможным глубокое обучение нейросетей поиску закономерностей, на обнаружение которых у обычного человека могут уйти годы, а то и десятилетия⁴. >>>

¹ Первый древнейший: в чем уникальность языка программирования LISP // Блог компании СберПрограммирование. — 14 мар 2022. — URL: <https://habr.com/ru/companies/sberbank/articles/655509/>

² McCarthy J. Some expert system need common sense. — Stanford: Common Sense Group. — May 12 1996. — URL: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/someneed/someneed.html>

³ Поряева Е. П., Евстафьева В. А. Искусственный интеллект в медицине // Вестник науки и образования. — № 6(60). — Часть 2. — 2019. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvenny-intellekt-v-meditsine-1/viewer>

⁴ Грицков И. О., Говоров А. В., Васильев А. О., Ходырева Л. А., Ширяев А. А., Пушкарь Д. Ю. Data Science — глубокое обучение нейросетей и их применение в здравоохранении // Здоровье мегаполиса. — 2021. — Т. 2. — № 2. — С. 109-115. doi: 10.47619/2713-2617.zm.2021.v2i2;109-115

У ПРИЛОЖЕНИЯ ПРИЯТНЫЙ ГОЛОС И СОЧУВСТВУЮЩИЕ ИНТОНАЦИИ. ОНО ИНТЕГРИРУЕТСЯ С ИИ-СИСТЕМОЙ, КОТОРАЯ АНАЛИЗИРУЕТ НАСТРОЕНИЕ И ПСИХИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПАЦИЕНТОВ

Так, используя технологии глубокого обучения, созданная в 2010 году лондонская IT-компания разработала для британской Национальной службы здравоохранения (NHS) медицинское приложение, IT-ассистент для врачей. На основе информации о пациенте оно выдает специалисту список рекомендаций, которые помогают поставить диагноз⁵. В ноябре 2018 года компания-разработчик вместе с этим проектом вошла в состав одного из мировых IT-гигантов — закономерный шаг, говорящий о том, что крупные мировые IT-компании усмотрели большое будущее в такого рода проектах.

Осенью 2016 года свой вариант медицинского помощника врача, чат-бот, которому поручался сбор анамнеза, представил китайский поисковик Baidu. В разговоре

с пациентом чат-бот выяснял важные для постановки диагноза детали: возраст, наличие хронических заболеваний, жалобы, симптомы, после этого шифровал информацию и передавал ее в единую базу медицинских данных, где она обрабатывалась по определенным алгоритмам на поиск соответствий и предлагала врачу для проверки и корректировки свой диагноз и план лечения. Создатели чат-бота ставили целью освободить медиков от рутинной работы и направить их энергию на решение более сложных задач. Подобные приложения позволяют снизить и существенный дефицит врачей и медсестер во всем мире, который насчитывал в то время, по оценке Всемирной организации здравоохранения, около 4 млн человек и с каждым годом становится только больше⁶.

Чат-боты совершенствуются с каждым годом и уже стали привычными

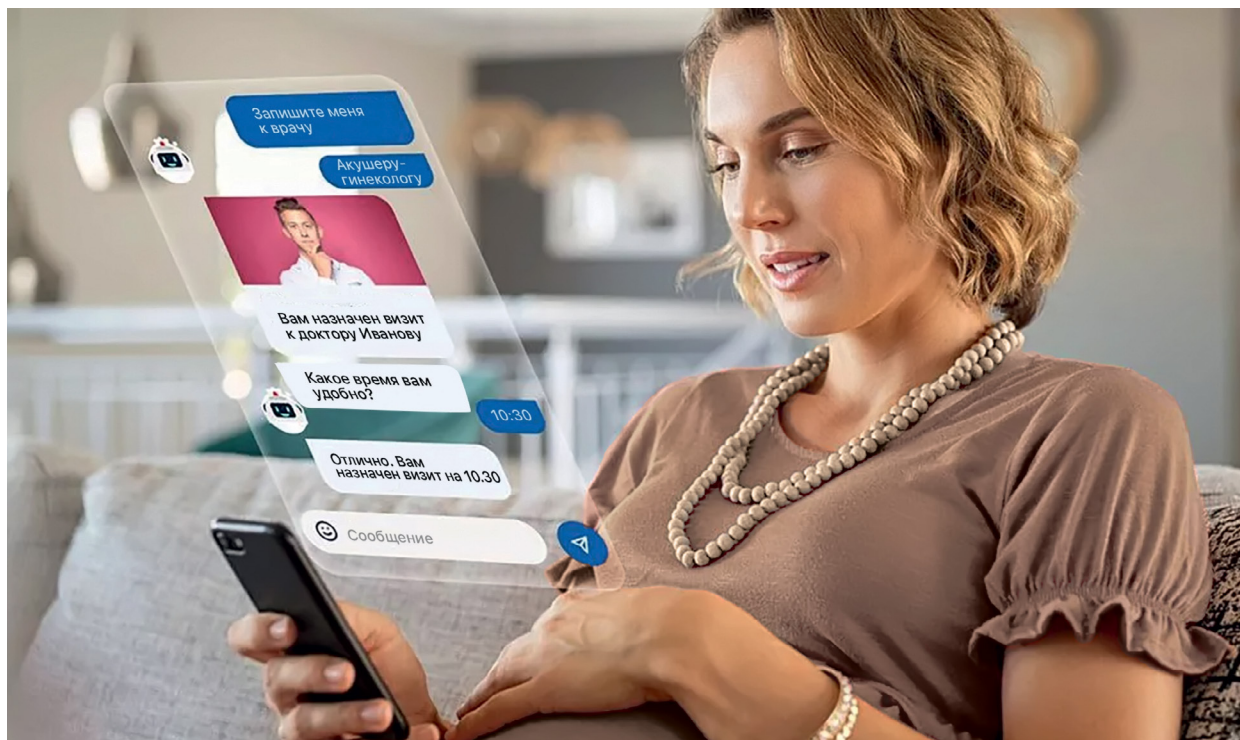


Иллюстрация: НИИОЗММ ДЗМ



Сервисы для пациентов — отчасти следствие дефицита медиков

Дефицит медицинского персонала даже в развитых странах стимулирует развитие искусственного интеллекта в здравоохранении. Так, в 2017 году британская компания запустила созданный на основе искусственного интеллекта телемедицинский сервис, который по симптомам определяет проблемы со здоровьем. По замыслу разработчиков сервис поможет людям действовать проактивно в отношении здоровья и избавит от необходимости лишней раз обращаться к врачу. В серьезных случаях он предлагает удаленную консультацию со специалистом при помощи обмена текстовыми сообщениями. Позже на этой основе разработали платформу поддержки принятия врачебных решений⁷.

Для людей, которые недавно серьезно переболели или имеют хронические заболевания,

в том же 2017 году группа специалистов из Сан-Франциско разработала приложение, которое в ежедневном режиме опрашивает пациента о его самочувствии. У приложения приятный голос и сочувствующие интонации. Оно интегрируется с ИИ-системой, которая анализирует настроение и психическое состояние пациентов. Кроме того, сервис собирает и анализирует данные со всех возможных IoT-устройств (IoT — Internet of Things — бытовые приборы, настроенные для управления через Интернет. — ред.), которые использует пациент. Вся информация оформляется в медицинскую запись и перенаправляется лечащему врачу. Разработчики подчеркивают, что приложение ни в коем случае не заменяет собой врача: это всего лишь технология, которая помогает доктору более эффективно выполнять свою работу⁸.

Приложения-ассистенты позволят снизить существенный дефицит врачей и медсестер во всем мире, который, по оценке Всемирной организации здравоохранения, с каждым годом становится только больше.

Первый блин — комом

В 2015 году американская компания IBM решила подключить свое детище, суперкомпьютер Watson, к решению задач здравоохранения. Специально созданное подразделение компании Watson Health организовало облачное хранилище, куда стекались данные с айфонов и носимых диагностических устройств для изучения воздействия широкого спектра частных факторов в разработке рекомендаций по лечению. На их основе искусственный интеллект сгенерировал алгоритмы, которые должны были повысить точность диагностики и эффективность лечения заболеваний. Специалисты

в первую очередь занялись применением искусственного интеллекта в области онкологии с прицелом на коммерциализацию проекта. В октябре 2016 года компания объявила, что приступает к использованию супервозможностей электронного мозга Watson для лечения онкозаболеваний среди сотрудников IBM и членов их семей. Однако в августе 2018 года при внедрении в клиническую практику суперкомпьютер не оправдал возложенных на него ожиданий, так как нередко выдавал неверные и небезопасные схемы лечения онкобольным. В результате десятки пациентов >>>

⁵ Vincent J. Google is absorbing DeepMind's health care unit to create an 'AI assistant for nurses and doctors. — The Verge. — Nov 13, 2018. — URL: <https://www.theverge.com/2018/11/13/18091774/google-deepmind-health-absorbing-streams-team-ai-assistant-nurse-doctor>

⁶ Самуилкина А. Baidu представила чатбота-врача. — Хайтек. — 12 окт 2016. — URL: <https://hightech.fm/2016/10/12/baidu-melody-medical-chatbot>

⁷ O'Hear S. Ada is an AI-powered doctor app and telemedicine service. — TechCrunch. — 19 Apr 2017. — URL: <https://techcrunch.com/2017/04/19/ada-health/>

⁸ Kolodny L. Virtual nurse app Sense.ly raises \$8 million from investors including the Mayo Clinic. — TechCrunch. — 14 Febr 2017 — URL: <https://techcrunch.com/2017/02/14/virtual-nurse-app-sense-ly-raises-8-million-from-investors-including-the-mayo-clinic/?ncid=rss>

вышли из этого проекта. Впоследствии выяснилось, что искусственный интеллект обучали не на реальных клинических данных, а на искусственно разработанных гипотетических примерах злокачественных заболеваний. Тем не менее компания не поставила крест на проекте, а продолжила обучать и совершенствовать искусственный интеллект в сотрудничестве с крупными клиниками страны⁹.

Также IBM продолжила начатое в октябре 2016 года партнерство с немецкой компанией, специализирующейся на выпуске

цифрового диагностического оборудования и другой медицинской техники, в рамках которого разработчики сервиса искусственного интеллекта получили доступ к медицинским данным. Сотрудничество этих компаний было направлено на помощь медицинским учреждениям в эффективном управлении потоками пациентов, а также на создание систем управления здоровьем населения Population Health Management (PHM), которые должны помочь в ведении людей с тяжелыми хроническими заболеваниями, в том числе требующими дорогостоящего лечения¹⁰.

Нейросети в роли предсказателя

В 2018 году объемом мирового рынка нейросетевых технологий в здравоохранении составил 1,4 млрд долл., по данным аналитической компании Zion Market Research, она же предсказала ежегодное увеличение этой цифры на 43,8 %.

Предчувствия не обманули представителей большого бизнеса: инвестиции в здравоохранение довольно быстро окупались и стали приносить дивиденды. В 2018 году объемом мирового рынка нейросетевых технологий в здравоохранении составил 1,4 млрд долл., по данным крупной аналитической компании, она же предсказала ежегодное увеличение этой цифры на 43,8 %. В том же 2018-м в разработке медицинских сервисов искусственного интеллекта принимали участие уже практически все крупнейшие IT-корпорации мира, которые обеспечили выход на новый уровень.

Разработками программ и обучением искусственного интеллекта занялись крупнейшие научные институты и клиники мира, что также дало свои результаты. Так, в апреле 2017 года был представлен сервис, способный предупредить об инфаркте миокарда по 22 критериям, таким как пол, возраст, уровень холестерина в крови, наличие заболеваний почек, артрита. Предсказания искусственного интеллекта оказались точнее, чем у докторов, которые руководствовались рекомендациями Американского колледжа кардиологии и Американской кардиологической ассоциации: точность от 74,5 до 76,4 %

против 72,8 %¹¹. А весной 2019 года американские разработчики представили сервис, который не только по косвенным признакам предсказывал приближающийся инфаркт, но и определял вклад различных факторов риска, приводящих к его развитию. Для обучения искусственного интеллекта они загрузили данные о 27 тыс. пациентов кардиологических отделений 38 больниц Китая — более 40 показателей: пол, возраст, вредные привычки, условия и образ жизни, сведения о заболеваниях и лекарственных препаратах, в том числе о статинах, антитромботических препаратах, бета-блокаторах, которые принимали больные¹².

В конце 2018 года британские ученые научили нейросети определять качество эмбрионов с удивительной точностью — в 97 %. Такой точностью предсказаний не может похвастаться ни один эмбриолог¹³. Это помогло повысить на 10–20 % результативность экстракорпорального оплодотворения.

Каждое такое открытие многократно укрепляло интерес к внедрению технологий искусственного интеллекта в практическую медицину и вдохновляло на поиски новых областей его применения.

ПРЕДСКАЗАНИЯ ИНФАРКТА МИОКАРДА, СДЕЛАННЫЕ ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ, ОКАЗАЛИСЬ ТОЧНЕЕ, ЧЕМ У ДОКТОРОВ: 76,4 % ПРОТИВ 72,8 %



Вклад в борьбу с пандемией

Пандемия COVID-19 не оставила в стороне разработчиков технологий искусственного разума, заставив всех консолидировать усилия по борьбе с коронавирусом. Так, в октябре 2020 года две IT-компании, работающие над применением искусственного интеллекта в медицине, создали алгоритм с открытым

исходным кодом, который был обучен на 30 тыс. подтвержденных рентгеновских снимках обнаруживать пневмонию и COVID-19, и бесплатно отдали ее для всеобщего пользования. Этот сервис очень помог разгрузить медиков в то тяжелое для всех время¹⁴.

Создана система, которая устанавливает диабет 2-го типа с точностью 89 % у женщин и 86 % у мужчин и может делать это удаленно, что проще и дешевле, чем анализ крови на гликированный гемоглобин или содержание глюкозы натощак.

Дистанционные скрининги: с нейросетями все возможно

Скрининговые программы — одна из наиболее востребованных сфер приложения искусственного интеллекта. И здесь работа ведется в самых разных направлениях, подчас приводя к совершенно удивительным открытиям. Оказывается, диагноз «диабет» можно поставить дистанционно.

Не так давно, в октябре 2023 года, канадские ученые из Технологического университета Онтарио отчитались о том, что им удалось обучить нейросети буквально за 6–10 секунд выявлять людей, больных диабетом 2-го типа, по едва различимым человеческим ухом вибрациям голоса, небольшим изменениям высоты тона. Для обучения искусственного интеллекта, которое проводилось в Индии, они записывали

в течение двух недель шесть раз в день голоса 267 человек. Из них 79 женщин и 113 мужчин не были диабетиками, у остальных 18 женщин и 57 мужчин был диагностирован диабет 2-го типа. В общей сложности сделано около 18 тыс. записей, в которых исследователи выявили 14 акустических различий между двумя группами людей — с диабетом и без него. Они подметили, что при диабете у женщин немного ниже тон голоса при меньшей вариативности интонаций, а у мужчин более слабый голос при большем тоновом разнообразии. Четыре наиболее явных различия легли в основу создания системы, которая устанавливает диабет 2-го типа с точностью 89 % у женщин и 86 % у мужчин, при этом может делать это удаленно¹⁵. Куда проще >>>

НЕЙРОСЕТИ СПОСОБНЫ БУКВАЛЬНО ЗА 6–10 СЕКУНД ВЫЯВЛЯТЬ ЛЮДЕЙ, БОЛЬНЫХ ДИАБЕТОМ 2-ГО ТИПА, ПО ЕДВА РАЗЛИЧИМЫМ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ УХОМ ВИБРАЦИЯМ ГОЛОСА

⁹ Miliard M. IBM responds to recent Watson media coverage. — Healthcare IT News. — 14 Aug, 2018. — URL: <https://www.healthcareitnews.com/news/ibm-responds-recent-watson-media-coverage>

¹⁰ Alliance to enable providers worldwide to transform health through value-based healthcare. — Siemens Healthineers. — 10 Oct 2016. — URL: <https://www.siemens-healthineers.com/en-us/news/ibm-watson-alliance-10-11-2016.html>

¹¹ Weng S. F., Reys J., Kai J., Garibaldi J. M., Qureshi N. (2017) Can machine-learning improve cardiovascular risk prediction using routine clinical data? — PLOS ONE 12(4): e0174944. — URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174944>

¹² Wiggers K. AI predicts precursors to heart attacks. — VentureBeat. 5 Mar, 2019. — URL: <https://venturebeat.com/ai/ai-predicts-precursors-to-heart-attacks/>

¹³ Khosravi P., Kazemi E., Zhan Q. et al. Deep learning enables robust assessment and selection of human blastocysts after in vitro fertilization. — NPJ Digit. Med. 2, 21 (2019). — <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0096-y>

► Специальные технологии позволят диагностировать у маленьких детей наследственные заболевания

Диагностика по фотографии редких наследственных заболеваний — еще одна область, где помощь компьютерного зрения неоценима. Идея создать сервис, который поможет врачам ставить такие диагнозы, появилась еще в 2011 году, когда была разработана система распознавания лиц и создатели искали возможности ее применения, в том числе и в медицине.



Фото: ГКБ № 67 им. Л. А. Ворохובה

и дешевле, чем анализ крови на гликированный гемоглобин или содержание глюкозы натощак!

Другая международная группа ученых из Вашингтонского университета в Сиэтле и Кенийского центра исследований респираторных заболеваний в Найроби обучает в настоящий момент тонкий компьютерный слух по характеру и частоте кашля определять легочную форму туберкулеза, отличая его от других респираторных заболеваний. Исследования продолжаются, но уже получены очень неплохие результаты. Даже трудно представить, насколько этот сервис в виде приложения для смартфона будет востребован в густонаселенных регионах с недостаточно развитой инфраструктурой здравоохранения и высокой распространенностью этого инфекционного заболевания. И насколько он дешевле флюорографии или посева мокроты, микробиологических методов диагностики¹⁶.

Еще одна команда исследователей — уже из Тайваня, из Мемориальной больницы Чунг

Хо Медицинского университета Гаосюна, поделилась предварительными результатами своей работы по созданию модели, способной обнаруживать у грудничков ранние признаки детского церебрального паралича. Алгоритм искусственного интеллекта создавался на основе 270 видеороликов 41 младенца из группы высокого риска, отснятых самими родителями. Система отслеживает 13 реперных точек на видео ребенка, на основании которых автоматически выявляет нарушения в движениях и возрастные задержки двигательной активности. В дальнейшем ее можно будет использовать для удаленного скрининга таких проблем на предмет раннего обнаружения патологий, что позволит вовремя приступить к лечению, улучшив прогноз таких детей¹⁷.

Диагностика по фотографии редких наследственных заболеваний — еще одна область, где помощь компьютерного зрения неоценима. Идея создать сервис, который поможет врачам ставить такие диагнозы, появилась

ГЛАВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРТЫ СВЯЗЫВАЮТ С ГЕНЕРАТИВНЫМ ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ, КОТОРЫЙ БУДЕТ НАЦЕЛЕН НА ГИПЕРПЕРСОНАЛИЗИРОВАННУЮ ПОМОЩЬ ПАЦИЕНТАМ



еще в 2011 году, когда была разработана система распознавания лиц и создатели искали возможности ее применения, в том числе и в медицине. В общении со специалистами они выяснили, что черепно-лицевые фенотипы высокоинформативны для диагностики врожденных генетических заболеваний. Так появилась самая полная на сегодня база данных лиц пациентов с редкими болезнями, предназначенная для анализа фенотипа и помощи

в постановке диагноза пациентам. Сегодня ею пользуются генетики из более чем 2000 медицинских центров в 130 странах мира. Они собирают, структурируют и анализируют сложные физиологические данные человека для получения актуальной и достоверной геномной информации. Добавление алгоритма фенотипа к лабораторному анализу генотипов образцов тканей пациентов серьезно улучшило результаты лабораторного анализа¹⁸.

Всемирная организация здравоохранения в 2023 году, признав многообещающими перспективы использования искусственного интеллекта в медицине, предложила руководителям региональных органов здравоохранения разработать технические и регуляторные механизмы, которые защитят информацию от кибервзломов.

Без врача? Проблема доверия и безопасности

В ноябре 2023 года в США был представлен проект модульных медицинских кабинетов, где прием ведет не врач, а чат-бот. Воспользоваться услугой можно будет людям, купившим подписку, ежемесячная стоимость которой — 99 долл. Кабинет-капсула открывается через приложение со смартфона, там установлен сенсорный монитор, с его помощью можно будет выбрать ту или иную диагностическую процедуру — от измерения давления и анализа крови, который берется одноразовой системой, до сканирования всего тела. Все данные передаются на IT-платформу, где с помощью искусственного интеллекта обрабатываются и подвергаются анализу. Результаты исследований абонент получает на смартфон. Такие кабинеты планируется установить в торговых центрах, офисных зданиях и других многолюдных местах¹⁹.

У одних экспертов эта новость вызвала воодушевление, других явно озадачила:

не слишком ли мы далеко зашли в наших отношениях с искусственным разумом? Опасения, что тотальное вторжение в медицину искусственного интеллекта приведет к утрате гуманистической составляющей этой сферы деятельности, действительно имеют под собой почву. Кроме того, возникают вопросы о защите конфиденциальных медицинских данных пациентов, а также проблемы с верификацией диагнозов, поставленных машиной.

В связи с этим Всемирная организация здравоохранения в 2023 году, признав многообещающими перспективы использования искусственного интеллекта в медицине, предложила руководителям региональных органов здравоохранения разработать технические и регуляторные механизмы, которые защитят информацию от кибервзломов, гарантируют использование качественных данных для корректного обучения машин, смогут защитить конфиденциальную информацию о пациентах²⁰. 

¹⁴ 2020: Announcement of Spline.ai — AI systems for processing X-ray pictures//URL: [https://tadviser.com/index.php/Product:Spline.ai_\(an_AI_system_for_processing_X-ray_pictures\)](https://tadviser.com/index.php/Product:Spline.ai_(an_AI_system_for_processing_X-ray_pictures))

¹⁵ Kaufman J. M., Thommandram A., Fossat Y. Acoustic Analysis and Prediction of Type 2 Diabetes Mellitus Using Smartphone-Recorded Voice Segments. — Mayo Clinic Proceedings: Digital Health. Open AccessPublished: October 17, 2023. — DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mcpdig.2023.08.005>

¹⁶ Sharma M., Nduba V., Njagi L. N., Murithi W., Mwongera Z., Hawn T. R., Patel S. N., Horne D. J. TBscreen: A passive cough classifier for tuberculosis screening with a controlled dataset. — Science Advances. — 3 Jan 2024 Vol 10, Issue 1. — DOI: [10.1126/sciadv.adi0282](https://doi.org/10.1126/sciadv.adi0282)

¹⁷ Chung H. W., Chang C. K., Huang T. H., Chen H. C., Chen H. L., Yang S. T. et al. Mobile Device-Based Video Screening for Infant Head Lag: An Exploratory Study. — Children (Basel) 2023;10(7):1239. — <https://doi.org/10.3390/children10071239>

¹⁸ Face 2 Gene. — URL: <https://www.face2gene.com/>

¹⁹ Dyrda L. — November 16, 2023The 'AI doctor's office' is coming to a city near you <https://www.beckershospitalreview.com/healthcare-information-technology/the-ai-doctors-office-is-coming-to-a-city-near-you.html>

²⁰ WHO releases AI ethics and governance guidance for large multi-modal models. — WHO. — 18 Jan 2024. — URL: <https://www.who.int/news/item/18-01-2024-who-releases-ai-ethics-and-governance-guidance-for-large-multi-modal-models>