



ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРАКТИКЕ ВРАЧА-ОРТОДОНТА: ОБЗОР РОССИЙСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗА ПЕРИОД 2013–2023

А.А. СИМАКОВА, М.А. ГОРБАТОВА, Д.С. РУСАНОВ, А.А. КАРЯКИН, А.М. ГРЖИБОВСКИЙ

*Северный государственный медицинский университет,
пр. Троицкий, д. 51, г. Архангельск, 163069, Россия*

Аннотация: Искусственные нейронные сети стали активно применяться на практике лишь в последнее десятилетие, но уже стали неотъемлемой частью производственной и повседневной деятельности. ИНС нашли свое применение в офтальмологии, хирургии, нейрохирургии, функциональной диагностике и рентгенологии. Искусственные нейронные сети, обученные на сотнях тысяч пациентов, дают меньший процент ошибок, чем практикующие врачи, поэтому их внедрение в качестве помощника врача позволит не только ускорить процесс постановки диагноза, но и уменьшить количество врачебных ошибок. В 2021 году в англоязычной литературе был обобщён многолетний опыт применения технологий машинного обучения в ортодонтии. Однако, примеров синтеза научной информации в русскоязычной литературе нам обнаружить не удалось. **Цель исследования** – обобщить российский опыт применения технологий машинного обучения и ИНС в практике врача ортодонта за последние 10 лет. **Материалы и методы исследования.** Проведен систематический поиск и качественный синтез научной литературы за период с 01.01.2013 г. по 01.12.2023г. в Научной Электронной Библиотеке (www.elibrary.ru). После скрининга из 308 идентифицированных работ было отобрано 7, отвечающих критериям включения. **Результаты и их обсуждение.** Основной областью применения ИНС в ортодонтии является оценка рентгенограмм, расставление точек и проведение расчётов. Искусственные нейронные сети также могут выстраивать персонализированные планы лечения и предлагать удалять или сохранять зубы, основываясь на результатах обучения. Применение Искусственные нейронные сети в отечественной ортодонтической практике пока ограничено большими городами и крупными клиниками, но в ближайшем будущем искусственные нейронные сети имеют потенциал стать неотъемлемым помощником на ортодонтическом приеме. **Заключение:** Искусственные нейронные сети позволяют ортодонтам анализировать рентгенограммы, составлять планы лечения., однако их ценность зависит от объема и особенностей выборки, используемой для обучения. Хорошо обученная искусственная нейронная сеть с высокой прогностической ценностью позволяет сократить время приема пациента, что имеет большой потенциал для увеличения эффективности ортодонтического приема и развития персонализированной медицины.

Ключевые слова: ортодонтия, искусственная нейронная сеть, Россия.

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN ORTHODONTIC PRACTICE: A REVIEW OF RUSSIAN STUDIES FOR THE PERIOD 2013-2023

A.A. SIMAKOVA, M.A. GORBATOVA, D.S. RUSANOV, A.A. KARYAKIN, A.M. GRZHIBOVSKY

Northern State Medical University, 51, Troitsky Ave., Arkhangelsk, 163069, Russia

Abstract. Artificial neural networks have been actively used in practice only in the last decade, but they have already become an integral part of industrial and everyday activities. ANNs have found their application in ophthalmology, surgery, neurosurgery, functional diagnostics and radiology. Artificial neural networks, having been trained on hundreds of thousands of patients, give a lower error rate than practicing doctors, so their introduction as a physician's assistant will not only speed up the process of diagnostics, but also reduce the number of medical errors. In 2021, years of experience in applying machine learning technologies in orthodontics were summarized in English-language literature. However, we failed to find examples of synthesizing scientific information in the Russian-language literature. **Purpose of the study** is to summarize the Russian experience of applying machine learning and ANN technologies in the practice of orthodontists over the last 10 years. **Materials and methods.** A systematic search and qualitative synthesis of scientific literature for the period from 01.01.2013 to 01.12.2023 in the Scientific Electronic Library (www.elibrary.ru) was conducted. After screening, 7 papers were selected out of 308 identified papers which fulfilled the inclusion criteria. **Results and their discussion.** The main area of ANNs application in orthodontics is radiograph evaluation, pointing and calculation. Artificial neural networks can also build personalized treatment plans and suggest extraction or retention of teeth based on training results. The application of Artificial neural networks in domestic orthodontic practice is still limited to large cities and large clinics, but in the near future artificial neural networks have the potential to be-

come an indispensable assistant at orthodontic appointments. **Conclusion.** Artificial neural networks allow orthodontists to analyze radiographs and make treatment plans but their value depends on the size and characteristics of the sample used for training. A well-trained artificial neural network with high predictive value can reduce the time of patient admission, which has great potential to increase the efficiency of orthodontic admission and the development of personalized medicine.

Keywords: orthodontics, artificial neural network, Russia.

Введение. Искусственные нейронные сети (ИНС) широко применяются в производственной, научной и повседневной жизни лишь в последнее десятилетие, их рост имел экспоненциальный характер, включая медицину [6,23]. ИНС нашли свое применение в таких направлениях медицины [19], как: офтальмология, хирургия, нейрохирургия, функциональная диагностика, челюстно-лицевая хирургия, стоматология, ортодонтия и рентгенология [9,25]. Нейросеть это математическая модель, которая работает по тем же самым принципам что и нервная система человека и других живых организмов [11,24].

Задача ИНС – это решение задачи, основываясь на имеющихся данных и конечного прогнозируемого результата, то есть она должна на основе этих данных выдать один или несколько окончательных вариантов [2].

Нейросеть очень похожа на человеческий мозг как по структуре, так и по функционалу. В 1943 году Уорреном Маккаломом и Уолтером Питтсом было установлено сходство работы человеческого мозга и компьютера и предложена первая математическая модель искусственного нейрона, и уже в 1957 году нейрофизиолог Фрэнк Розенблатт разработал первую нейросеть [30]. В 2010 году технологический прогресс позволил использовать нейросети для машинного обучения [18]. Машинное обучение требуются данные, на основе которых и происходит обучение и прогнозирование новых данных и условий на основе ранее изученной статистической модели данных [20]. Это метод позволяет компьютерной модели совершенствоваться на основе ранее полученного опыта [32]. Глубокое машинное обучение – это одна из разновидностей машинного обучения, когда нейросети обучаются на огромных объемах данных [32]. Работу глубокого машинного обучения обеспечивают уровни нейросетей, которые состоят из алгоритмов, действующих подобно мозгу человека [13,28,37]. Это открытие положило начало новой эре компьютерных помощников, началось их активное изучение и внедрение, сейчас это получило название «нейросети» [15]. Они помогают специалистам решать большое количество сложных задач, позволяют формировать «еще одно мнение», а самое главное – существенно экономят время специалистов [18,21].

Нейросети нашли свое применение в стоматологии, в том числе и ортодонтии. На решения в ортодонтии влияют множество различных факторов [31]. Ортодонты не всегда очень точно интерпретируют данные. Будет ли проводиться инвазивное лечение, будут удаляться зубы, или им хватит места не всегда являются очевидными. И что бы упростить работу ортодонта в их практике стал применяться искусственный интеллект [4,29]. Он помогает врачам выбрать лучший вариант лечения пациентов из тех что предлагает нейросеть на основе расчетов [35]. Свёрточная нейронная сеть позволяет распознавать и анализировать не просто набор данных, а использовать в качестве изучаемых данных изображения.

Нейросеть так же может классифицировать ортодонтическое лечение при неправильном прикусе как хирургическое, так и не хирургическое [14]. Что бы принять такое решение специалисту требуется большой клиническому опыту и практика. Предполагается, что модель искусственной нейронной сети, основанная на методах глубокого обучения будет отличной помощью молодым специалистам, у которых нет еще достаточного опыта, она прекрасно себя зарекомендовала, например, помогает определить врачу требуется ли ортохирургия [23].

Существует несколько программных продуктов на основе машинного обучения. Один из них «OverJet» был разработан и внедряется в стоматологических клиниках США. Данный инструмент в режиме реального времени позволяет определять диагноз на основе рентгенологических снимков, значительно сокращая время, которое потратил бы врач на изучение этих же снимков. [17,22] В настоящее время программа «OverJet» активно применяется страховыми компаниями для подтверждения диагноза. В будущем планируется получить разрешение для новых версий, которые помогут выявить зубной камень, зубы повреждённых кариесом и другие стоматологические заболевания на ранних этапах.

Известна компьютерная программа «Dental Assist», которая при помощи нейросети позволяет измерять потерю костной массы на снимках зубов, что позволяет своевременно обнаружить патологии и провести диагностику пародонта, при поражении которого появляется боль, что приводит к потере зубов. Программа работает в режиме реального времени и помогают врачам в изучение снимков. [12,37]

Распознавание изображений стало неотъемлемой частью возможностей искусственных нейронных сетей. В ортодонтии и челюстно-лицевой хирургии актуальным и наиболее важным методом исследования является телерентгенограмма, анализ которой занимает большую часть времени врача [31,39]. С помощью систем поддержки врачебных решений, основанных на методах машинного обучения можно избежать различных диагностических ошибок, составить оптимальный план лечения и наглядно объяснить

его пациенту. Такие системы автоматически выявляют любые отклонения от нормы и находят патологии, составляют план лечения каждого зуба и каждой патологии [25,26].

В данном обзоре будут рассмотрены отечественные исследования в области технологии машинного обучения и ИНС, а также стадии их развития и возможность применения в стоматологической практике.

Материалы и методы исследования.

Протокол. Задача исследования заключалась в том, чтобы понять, как применяются искусственные нейронные сети в практике врача ортодонта в России. В данном исследовании был проведен поиск публикации, которые оценивали точность, с которой работают ИНС и эффективность подхода в следующих областях: анализ данных в ортодонтии, прогнозирование результатов лечения в ортодонтии, ортодонтическая диагностика, планирование лечения в ортодонтии.

Критерии приемлемости

При выборе статей были использованы следующие *критерии включения*:

1. Статьи связанные с изучением применения искусственных нейронных сетей в ортодонтии.
2. Исследования, которые сравнивали эффективность применения нейросетей для проведения диагностики в ортодонтии.

«*Критерии исключения*» были следующие:

1. Статьи, в которых использовались подходы к нейросетям для решения проблем, не связанных с ортодонтией.
2. Статьи в которых не полно описан принцип решения проблемы при помощи нейросетей.
3. Статьи в которых отсутствовали цифровые данные.

Источники информации и поиск

Электронный поиск был проведен в Научной Электронной Библиотеке, доступной по адресу www.elibrary.ru. Поиск был ограничен российскими статьями с 01.01.2013 года по 10.12.2023 года. В следующих ключевых словах: нейросети, искусственный интеллект, ортодонтия, машинное обучение.

Результаты и их обсуждение. *Выбор источников доказательств.* Поиск выполнялся в электронной библиотечной системе *eLibrary*. В общей сложности, по ключевым словам, было идентифицировано 308 статей. Первичный анализ включал в себя удаление дубликатов (43 статьи) от первоначального набора, что позволило оставить 265 статей. Публикации, прошедшие скрининг 46. После оценки на приемлемость было оставлено 35 статей. Учитывая критерии включения и исключения, в итоговом наборе осталось 7 статей. Блок схема представлена на рис. 1

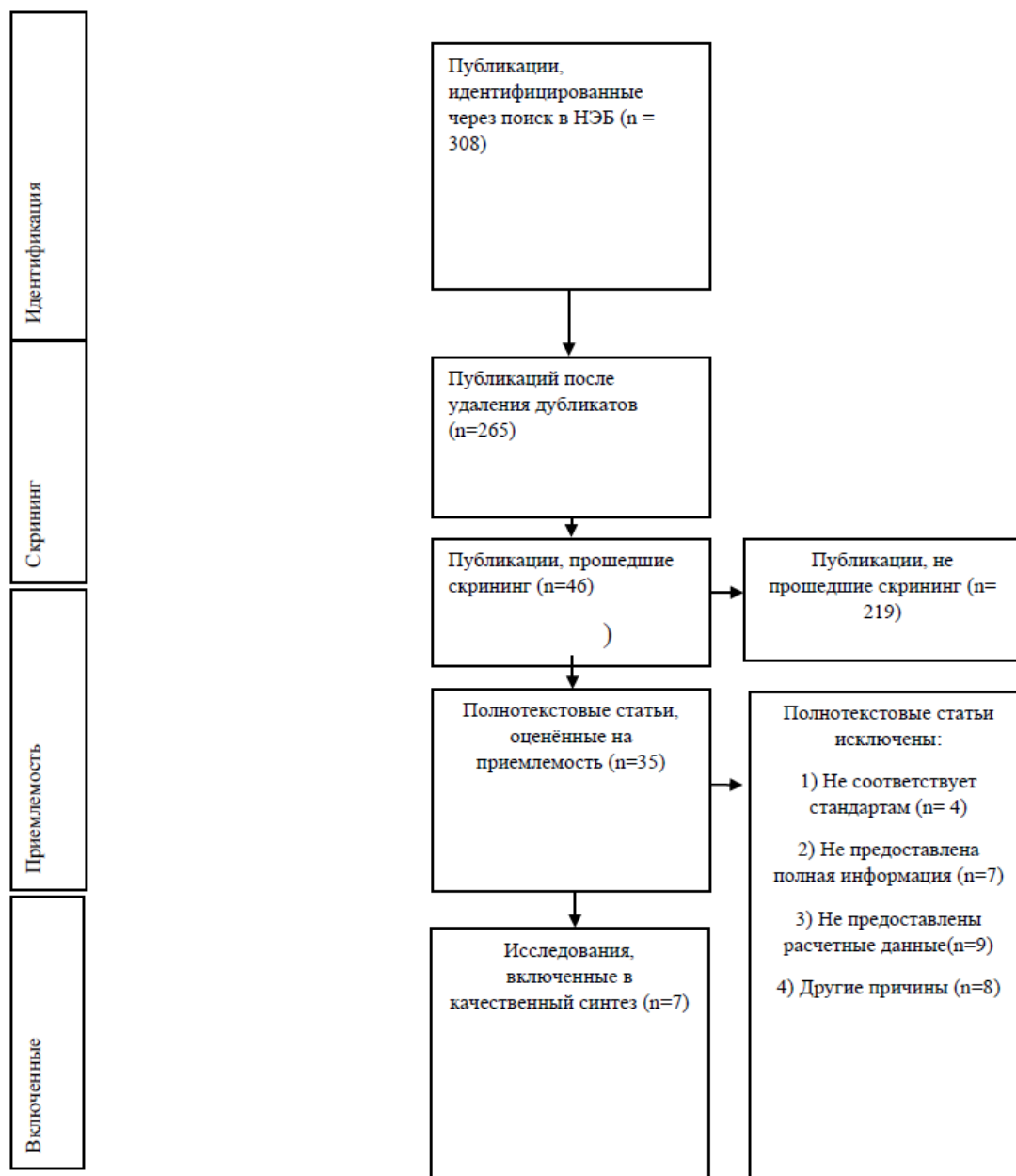


Рис. 1. Блок-схема отбора публикаций для обзора

Резюмирование исследований

Автор статьи	Год публикации	Данных используемые в исследованиях	Результат исследования	Номер в списке литературы
Гордеева Е.Г.	2014	Обучающая выборка 100 Историй болезни. 37 пациентов	Достоверность постановки диагноза и выбора тактики лечения составила 94.59%	7
Аюпова О.И. и соавт.	2020	70200 <i>Телерентгенограмм</i> (ТРГ)	Было определено, что среднее отклонение от координат, установленных специалистами по методу Хаара и при помощи нейросети <i>CNN</i> составило 3.61 ± 0.66 мм и 3.68 ± 0.63 мм, с использованием нейросети <i>U-net</i> показатель составил $1,5 \pm 0,25$ мм.	1
Левашов А.В. и соавт.	2016	Окклюзиограммы, в 2019 году добавлено еще 24 шт.	По результатам исследования точность повысилась на 4-6 процента по сравнению с традиционными пробами И.С. Рубинова и О.М. Ряховского, а также более быстрая оценка при проведении трудоемких проб	21
Мураев А.А. и соавт.	2020	80 ТРГ	По результатам исследования было выявлено что нейросеть ошибается приблизительно на 2 процента, и сокращая время в 2-3 раза по сравнению со стандартными методами	24
Добратулин К.С. и соавт.	2020	100 ТРГ	После получения результатов был сделан вывод, что нейросеть выставила точки со средним отклонением в 2.11мм	10
Оборотистов Н.Ю. и соавт	2022	100 ТРГ в прямой и боковой проекции	ИНС обрабатывает телерентгенограммы с точностью до 98% независимо от источника самого изображения. Это в 5 раз меньше времени, чем ручная расстановка точек.	27
Оборотистов Н.Ю. и соавт	2022	30 ТРГ, и выбранно 2 программы: « <i>ViSurgery</i> » в которой точки ставит ИНС и « <i>Dolphin Imaging</i> » в которой точки ставились вручную	Время обработки снимка в программе « <i>ViSurgery</i> » на 12.5% меньше	28

Гордеева Е.Г. в 2014 г. описала принцип работы одной из нейросетей. В исследовании изучалась эффективность использования имитационного моделирования и адаптивного алгоритма для принятия решений по выбору тактики лечения аномалий прикуса. Для анализа использовались данные о частоте выявления ортодонтических патологий, и было выявлено, что преобладают аномалии прикуса. В качестве исходных данных были предложены и рассмотрены ортодонтические патологии, такие как: сужение,

укорочение, и удлинение зубных рядов, и также используемые методы коррекции аномалий прикуса. Оценку функционального состояния проводили по клиническим показателям на основе опроса пациентов и на основе расчета ортодонтических индексов. По данным 100 историй болезни, была сформирована обучающая выборка. Патологии имели как единичные, так и сочетанные признаки. В качестве показателя для оценки стоматологического эффекта принимается разница в ортодонтических индексах: Корхауза, Пона и др. после определенного периода лечения. Основываясь на различных данных, формировался дальнейших план работы. Результатом разработки архитектуры модели стал трехслойный перцептрон, имеющий 17 входов – клинико-диагностические признаки ортодонтических патологий и 3 выхода, которые соответствовали методам коррекционного действия. Так же сеть имела один скрытый слой, который состоял из 8 нейронов. Обучение осуществлялось при помощи 100 обучающих векторов. Тестирование полученной модели было выполнено на данных 37 пациентов, 35 из них модель ИНС правильно определила вид лечения. Достоверность постановки диагноза с помощью модели и выбора тактики лечения составила 94.59%. Работу алгоритма нейросети контролировали опытные врачи. Даже высококлассный специалист не может всегда идеально поставить диагнозы и выбрать методы лечения, имея несколько специалистов они могут предложить несколько различных вариантов лечения, нейросеть позволяет сделать это за врача и предлагает наиболее подходящий вариант для пациента [7].

Аюпова О.И. и соавт. в 2020 г. провели исследование целью которого было совершенствование методов расчетов снимков (телерентгенограмм) ТРГ в боковой проекции. Для этого в своем исследовании они привлекли 25 врачей-стоматологов различной квалификации, включая стоматологов-ортодонтот и ординаторов первого года по специальности ортодонтия, а также студентов. Всем участникам было предложено поставить 27 ориентиров на 100 ТРГ в боковой проекции. На расстановку всех точек было потрачено более 500 часов. Затем все полученные данные были проанализированы при помощи нейросетей на базе сверточных слоев *CNN* и сети, предназначенной для сегментации изображений *U-Net*, а также методом Хаара. Было определено, что среднее отклонение от координат, составило (3.61 ± 0.66) мм, (3.68 ± 0.63) мм, (1.5 ± 0.25) мм с использованием метода Хаара, свёрточной нейросети *CNN* и нейросети *U-net* соответственно. Исследователи доказали, что применение нейронных сетей для расстановки точек на ТРГ более эффективно, по сравнению с методом Хаара и дает возможность минимизировать ошибку почти в 2 раза. Можно сделать вывод, что алгоритмы искусственных нейронных сетей могут качественно справляться с задачами такого типа, и экономить время врача, обладают большой перспективой к развитию и работе с ними. Алгоритмы постоянно совершенствуются и в ближайшем будущем смогут почти без погрешностей проводить различного рода исследования в области стоматологии [1].

Левашов А.В. и соавт. в 2016 г. разработали и успешно применяют программу, которая позволяет им определить жевательную эффективность на основе анализа цифровых окклюзиограмм, полученных при сканировании отпечатков зубов на пластинке воска. Алгоритм ИНС строился на основе применения классической жевательной пробы В.Н. Трезубова. В качестве единицы измерения жевательной эффективности был процентный показатель. Результаты, обработанные с помощью, разработанной авторами программы, а также при помощи методов анализа многомерных данных с использованием метода проекции на латентные структуры, позволили оценить взаимосвязь величины жевательной эффективности и характеристики площади и яркости областей, которые соответствующих окклюзионным контактам. Программа позволяет выполнять сравнение результатов анализа цифровых окклюзиограмм и формировать заключение. Статистический анализ по оценке окклюзиограмм с помощью разработанной программы и традиционными жевательными пробами показал статистически значимые результаты. Актуальность данной программы была бесспорной, было принято решение усовершенствовать методы самообучения программы для более эффективной работы с большим количеством данных. В 2019 были добавлены 24 окклюзиограммы с дефектами зубных рядов от девяти до двенадцати зубов. На основе расширенной базы данных алгоритм нейронной сети, реализованный в программе, был дообучен с учетом ранее полученных с помощью жевательной пробы В.Н. Трезубова степени изменения эффективности жевания при различных дефектах зубных рядов, а также по результатам сопоставления минимально достигаемые значения жевательной эффективности. По результатам исследования точность повысилась на 4-6 процента по сравнению с традиционными пробами И.С. Рубинова и О.М. Ряховского, сократилось времена на оценку изображений жевательных проб при проведении исследований [21].

Муравьев А.А. и соавт. в 2018 г. провели исследование где нейронная сеть расставляла точки на ТРГ головы в боковой проекции. На основе 80 снимков ТРГ был разработан алгоритм нейронной сети. Авторами было измерено время, которое потребовалось врачу и алгоритму ИНС для расстановки точек. Врачу для выполнения задачи требовалось порядка 6-7 минут, нейросеть делала это менее чем за 2-3 минуты с учетом корректировки. По результатам исследования было выявлено что алгоритм нейронной сети ошибается приблизительно на 2 процента, при этом время, затрачиваемое специалистом, на расстановку точек на снимке сокращается в 2-3 раза по сравнению со стандартными методами. Все зависит от количества точек и сложности расшифровки снимка. Это является наглядным доказательством, что нейросети позволяют экономить время врачей [24].

Добратулин К.С. и соавт. в 2020 г. провели исследование, целью которого было оценить насколько точно при помощи нейросети, можно выставить точки на ТРГ в боковой проекции. Для проведения исследования было использовано 100 телерентгенограмм. Исследование проводилось при помощи нейросети *U-net*. После получения результатов был сделан вывод, что нейросеть выставила точки со средним отклонением в 2.11мм. Данное исследование показывает еще раз, что нейросети могут быть рекомендованы для такого вида задач в ортодонтии [10].

Оборотистов Н.Ю. и соавт. в 2022 г. описал принцип работы ИНС «*ViSurgery*». Им были использованы ТРГ в прямой и боковой проекции и было доказано, что недавно разработанный искусственный интеллект «*ViSurgery*» позволит врачам-стоматологам проводить расчеты телерентгенограмм в прямой и боковой проекции в автоматическом режиме с помощью технологии искусственных нейронных сетей. Настоящая искусственная сеть обрабатывает телерентгенограммы с точностью до 98% независимо от источника самого изображения. Это дает специалистам выигрыш во времени практически в 5 раз, по сравнению механической расстановкой цефалометрических точек. Распознавание изображений стало неотъемлемой частью возможностей искусственных нейронных сетей. В ортодонтии и челюстно-лицевой хирургии актуальным и наиболее важным методом исследования является телерентгенограмма, анализ которой занимает большую часть и без того ценного времени врача. ИНС позволит это делать быстрее и точнее [27].

Оборотистов. Н.Ю. и соавт. в 2022 г. провели исследование, в котором оценивали потенциал нейросети для расчета снимком для помощи молодым врачам и опытным специалистам. Для исследования было получено 30 ТРГ, и 2 программы: «*ViSurgery*» в которой точки расставляет ИНС и «*Dolphin Imaging*» в которой точки расставляются врачом. Разница в постановке точек вручную и точек при помощи нейросети оказалась незначительной. Время обработки снимка в программе «*ViSurgery*» на 12,5% меньше. Это исследование доказало, что расчет точек при помощи ИНС, осуществляется быстрее, чем с применением классического подхода [28].

Принятие решений требует от практикующего врача большого опыта и знаний для постановки правильного диагноза и выбора стратегии лечения. Применение искусственных нейронных сетей позволило повысить точность диагностики и лечения. Данный обзор показал насколько эффективно применение технологии искусственных нейронных сетей повышает качество диагностики и принятия решений в ортодонтии.

Стоматологические проблемы, такие как боли в височно-нижнечелюстном суставе, рецессия десны, потеря кости, неправильные контакты часто возникают из-за неточного диагноза [13,36,39].

Алгоритм нейронной сети может рассчитать все возможные варианты лечения пациента, и свести к минимуму негативные последствия ортодонтического лечения [35]. Так же нейросети позволяют существенно экономить время, которое врач тратит на рутинные задачи, так ИНС может сама расставить точки на телерентгенограмме, рассчитать углы, а также установить их взаимосвязи. С помощью ИНС могут быть найдены кариозные полости в скрытых местах и пациент будет направлен на санацию перед ортодонтическим лечением [33,38].

Применение искусственных нейронных сетей в стоматологии поможет врачу быстрее проводить анализ полученных данных, находить заболевания и предлагать варианты лечения, проводить расчеты снимков и составлять подробный план лечения, что значительно ускоряет рабочие моменты и экономит бесценное время врача [16].

Применение технологии искусственных нейронных сетей в ортодонтии требует еще изучения. Некоторые продвинутые клиники уже применяют искусственные нейронные сети в своей работе. В будущем времени нейросети будут уже неотъемлемой частью работы врача-ортодонта и его незаменимым помощником.

Значительных отрицательных элементов ИНС практически не имеют, себестоимость разработки их достаточно высока, а их применение еще находятся на ранних этапах развития, для полного внедрения в стоматологию потребуется большее количество времени, ресурсов и испытаний, но несмотря на это они уже активно применяются.

Заключение. Разработка компьютерных программ на основе ИНС обладают практически безграничным потенциалом для развития, несмотря на то что они появились относительно недавно, они уже показывают невероятные результаты. В стоматологии они формируют диагнозы пациентов, выявляют кариес, заболевания пародонта, по снимкам находят заболевания височно-нижнечелюстного сустава, заболевания костной ткани с разночтениями с высококлассными специалистами всего в три десятых миллиметра, выстраивают план лечения, на телерентгенограммах расставляют точки для последующих расчетов и даже могут показать примерный результат лечения ортодонтических пациентов. ИНС помогают стоматологам наглядно показать пациентам в чем проблема, и предложить пути её решения, составляют полные планы лечения, с различными способами достижения результатов. Самое главное, искусственные нейросети значительно экономят время врачей при выполнении рутинных задач, обладают большой перспективой. ИНС постоянно совершенствуются и в ближайшем будущем смогут почти без

погрешностей проводить различные исследования, ставить диагнозы и составлять планы лечения. ИНС являются отличным помощником для молодого специалиста, так как уже действует на основании полученного опыта и информации. Проведенный обзор наглядно показывает, что ИНС показывают отличные результаты и справляются с поставленной задачей.

Литература

1. Аюпова И.О., Морина А.В. Цифровые методы анализа в ортодонтии - Синтез наук как основа развития медицинских знаний: Сборник материалов I Межвузовской научно-практической конференции с международным участием, Самара, 18 декабря 2020 года / Под редакцией Н.П. Аввакумовой. Самара: Самарский государственный медицинский университет, 2020. С. 482-486.
2. Аль-Нами Б. А., Головач П.О. Чем опасны нейронные сети - Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2023): Сборник научных статей XII Международной научно-технической и научно-методической конференции. В 4-х томах, Санкт-Петербург, 28 февраля – 01 2023 года / Под редакцией С.И. Макаренко, сост. В.С. Елагин, Е.А. Аникевич. Том 2. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2023. С. 107-109.
3. Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины: Материалы 75-й открытой научно-практической конференции молодых ученых и студентов ВолгГМУ с международным участием, Волгоград, 19–22 апреля 2017 года. Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет - 2017. с. 864 .
4. Аюлова И.О., Лебедева М.В., Гайдель А.В. Автоматизированный поиск анатомических ориентиров на двухмерных рентгеновских снимках при цефалометрическом анализе. Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине - 2019: Сборник статей Всероссийской школы-семинара, посвященной 110-летию Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, 14-15 ноября 2019 года / Под редакцией А.В. Скрипаля. Саратов: Издательство "Саратовский источник", 2019. - С. 187-190.
5. Бердутин В.А., Абаева П.О., Романова Т.Е., Романов С.В. Применение искусственного интеллекта в медицине: достижения и перспективы. Обзор литературы. Часть 2 // Социология медицины. 2022. Т. 21, № 2. С. 203-209. DOI 10.17816/socm107908.
6. Бобров А.Ф., Щелканова Е.С., Щелбанов В.Ю. Современные методы медицинской психофизиологии: технология виброизображения и искусственные нейронные сети // Современная психофизиология. Технология виброизображения. 2020. № 1(3). С. 30-39. DOI 10.25696/ELSYS.04.VC3.RU
7. Гордеева Е.Г. Разработка системы принятия решений по выбору тактики лечения ортодонтических патологий на основе нейросетевого моделирования и адаптивного подхода // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2014. Т. 13, № 1. С. 231-236.
8. Гаев Л.В., Симонов И.Н. Про использование датасетов и применении нейросетей в медицине на современном киберэтапе развития общества Человек и общество в современном киберпространстве - Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции, Москва, 21 апреля 2023 года. ФГБОУ ВО "Государственный университет управления". Москва: Энциклопедист-Максимум - 2023. С. 100-102.
9. Добратулин К.С., Аюпова И.О., Гайдель А.В., Ивлева А.И. Создание прикладного программного обеспечения для автоматической диагностики зубочелюстных аномалий. VOLGAMEDSCIENCE: Сборник тезисов VII Всероссийской конференции молодых ученых и студентов с международным участием: материалы конференции, Нижний Новгород, 16–18 марта 2021 года. Нижний Новгород: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Приволжский исследовательский медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2021. С. 720-722.
10. Добратулин, К. С., Аюпова И.О., Гайдель А.В. Нейронные сети в диагностике и планировании ортодонтического лечения. Синтез наук как основа развития медицинских знаний : Сборник материалов I Межвузовской научно-практической конференции с международным участием, Самара, 18 декабря 2020 года / Под редакцией Н.П. Аввакумовой. Самара: Самарский государственный медицинский университет. 2020. С. 500-505.
11. Железный П.А., Железная Ю.К., Железный С.П. - Расчет и анализ телерентгенографии в ортодонтии. Новосибирск: Новосибирский государственный медицинский университет, 2020. 41 с.
12. Жулев Е.Н., Богатова Е.А. Методика изучения пространственной ориентации шарнирной оси при ортогнатическом прикусе на основе компьютерной томографии височно-нижнечелюстного сустава.// Клиническая стоматология. 2013. №1 (65). С. 70-73.
13. Залеев А.Н., Артамонов Е.В. Нейронные сети в медицине. Фундаментальные и прикладные аспекты развития современной науки: Сборник научных статей по материалам XII Международной научно-практической конференции, Уфа, 12 мая 2023 года. Том Часть 4. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки". 2023. С. 162-164.
14. Краснов А.Н., Ксенофонтов А.А., Шмелева Л.А. Искусственный интеллект как прорывная инновация // Инновации и инвестиции. 2023. № 5. С. 6-11.
15. Колсанов А.В., Попов Н.В., Аюпова О.И. Разработка программного комплекса диагностики зубочелюстных аномалий с применением нейронных сетей - Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2021): Сборник трудов по материалам VII Международной конференции и молодежной шко-

лы, Самара, 20–24 сентября 2021 года. Том 3. Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2021. С. 34572.

16. Колсанов В.А., Попов Н.В., Аюпова О.И. Цефалометрический анализ рентгенологических снимков боковой проекции черепа с помощью компонентов мягких вычислений в поиске ключевых точек // *Стоматология*. 2021. Т. 100, № 4. С. 63-67. DOI 10.17116/stomat202110004163.

17. Колсанов А.В., Попов Н.В., Аюпова И.О. Идентификация цефалометрических точек твердых тканей черепа на двухмерных рентгенологических снимках боковой проекции врачами-специалистами Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2021) : Сборник трудов по материалам VII Международной конференции и молодежной школы, Самара, 20–24 сентября 2021 года. Том 3. – Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева 2021. С. 34742.

18. Колсанов А.В., Попов Н.В., Аюпова О.И. Определение релевантности телерентгенографических исследований в практике врачей-ортодонтот // *Медицинская техника*. 2023. № 3(339). С. 29-32.

19. Колсанов А.В., Попов Н.В., Аюпова О.И., Ивлева А.И. Согласованность мнений экспертов при изучении позиции опорных точек для изучения мягкотканного профиля лица на цифровых телерентгенологических снимках боковой проекции черепа // *Стоматология*. 2021. Т. 100, № 4. С. 49-54. DOI 10.17116/stomat202110004149.

20. Качалов Д. Л., Петухова Н.В., Фархадов М.П. Интеллектуальный метод анализа данных в системах поддержки процесса лечения ортодонтотических заболеваний. Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2019 Материаль двенадцатой международной конференции Научное электронное издание, Москва, 01-03 октября 2019 года / Под общей ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2019. С.1110-1113. DOI 10.25728/mlsd.2019.1.1110.

21. Левашов Н.Е., Гуськов А.В., Олейников А.А., Домашкевич Н.С. Оценка жевательной эффективности с помощью искусственного интеллекта // *Digital Diagnostics*. 2023. Т. 4, № S1. С. 81-83. DOI 10.17816/DD430352.

22. Леванов В.М., Голуб Е.А., Агашина А.И., Гаврилова Е.П. Состояние и перспективы применения информационных и телекоммуникационных технологий в стоматологии (обзор) // *Журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. 2021. Т. 7, № 1. С. 39-48. – DOI 10.29188/2542-2413-2021-7-1-39-48.

23. Мокренко М.Е. Гусейнов Н.А., Хаффар Ж. Аль. Обзор рентгенодиагностических on-line сервисов, основанных на искусственных нейронных сетях в стоматологии // *Медицинская визуализация*. 2022. Т. 26, № 3. С. 114-122. DOI 10.24835/1607-0763-1103.

24. Мураев А.А., Кибардин И.А., Оборотистов Н.Ю. Использование нейросетевых алгоритмов для автоматизированной расстановки цефалометрических точек на телерентгенограммах головы в боковой проекции // *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2018. Т. 8, № 4. С. 16-22. DOI 10.21569/2222-7415-2018-8-4-16-22.

25. Мураев А.А., Гусейнов Н.А., Цай П.А. Искусственные нейронные сети в лучевой диагностике, в стоматологии и в челюстно-лицевой хирургии (обзор литературы) // *Клиническая стоматология*. 2020. № 3(95). С. 72-80. – DOI 10.37988/1811-153X_2020_3_72.

26. Ненашев Е.А., Ненашев С.С. Искусственный интеллект - прогнозы на 2019 год. // *Информационные технологии. Проблемы и решения*. 2019. № 1 (6). С. 71-74.

27. Оборотистов Н.Ю., Мураев А.А., Сенько Д.А. Инновационная онлайн-платформа ViSurgery для расчета телерентгенограмм с использованием искусственного интеллекта // *Ортодонтия*. 2022. №4(100). С. 15-20.

28. Оборотистов Н.Ю. Сравнение традиционной - ручной и автоматической систем расстановки цефалометрических точек на телерентгенограмме головы в боковой проекции в специализированных программах // *Ортодонтия*. 2022. № 4(100). С. 22-29.

29. Пальмов С. В., Бахмурина А.В. Использование нейронных сетей в стоматологии // *Проблемы развития предприятий: теория и практика*. 2020. № 1-2. С. 237-240.

30. Стебнев В.С., Журавлев А.В. Особенности применения традиционной аналоговой и трехмерной цифровой визуализации в офтальмохирургии // *Российский офтальмологический журнал*. 2023. Т. 16, № 1. С. 168-174. DOI 10.21516/2072-0076-2023-16-1-168-174..

31. Семенов М.Г., Кудрявцева О.А., Стеценко А., Филиппова А. Современные методики цефалометрического анализа при планировании костно-реконструктивных операций на лицевом отделе черепа в растущем организме // *Институт стоматологии*. 2015. № 1 (66). С. 48-51.

32. Фадеев Р.А., Чибисова М.А., Овсянников К.А. Анализ височно-нижнечелюстного сустава по данным денальной компьютерной томографии Санкт-Петербург: Издательство "Человек", 2021. 48 с.

33. Шадлинская Р.В., Гасымова З.В., Гасымов О.Ф. Сравнительная характеристика челюстно-лицевых параметров пациентов с большой β -талассемией и дистальной окклюзией. // *Клиническая стоматология*. 2019. № 1 (89). С. 46-50.

34. Abaskhanova Kh., Khaydarova M. Mirzaeva M. Development of hardware and software complex for monitoring system of agricultural crops // *Universum: технические науки*. 2022. № 9-5(102). P. 5-7.

35. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet classification. // *Proceedings of the 015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*. Santiago, 2015. Pp. 1026-1034.

36. Mamta J., Poojita G., Ravinder K. A review on cephalometric landmark detection techniques// Biomed. Signal Processing Control. 2021 № 66. P. 102486. DOI: 10.1016/j.bspc.2021.102486
37. Lee J.H., Kim D.H., Jeong S.N., Choi S.H. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. // J. Dent. 2018. №77. P. 106-111. DOI: 10.1016/j.jdent.2018.07.015
38. Rao G.K.L., Mokhtar N., Iskandar Y.H.P., Srinivasa A.C. Learning orthodontic cephalometry through augmented reality: A conceptual machine learning validation approach. 2018.
39. Sawchuk D., Alhadlaq A., Alkhadra T. Comparison of two three-dimensional cephalometric analysis computer software // J. Orthod. Sci. 2014. № 3 (4). P. 111-117. DOI: 10.4103/2278-0203.143230

References

1. Ajupova IO, Morina AV. Cifrovye metody analiza v ortodontii - Sintez nauk kak osnova razvitiya medicinskih znaniy [Digital methods of analysis in orthodontics]: Sbornik materialov I Mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Samara, 18 dekabrya 2020 goda. Pod redakciej N.P. Avvakumovoj. Samara: Samarskij gosudarstvennyj medicinskij universitet, 2020. Russian.
2. Al'-Nami BA, Golovach PO. Chem opasny nejronnye seti - Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii (APINO 2023) [What are the dangers of neural networks]: Sbornik nauchnyh statej XII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi i nauchno-metodicheskoi konferencii. V 4-h tomah, Sankt-Peterburg, 28 fevralja – 01 2023 goda / Pod redakciej S.I. Makarenk, sost. V.S. Elagin, E.A. Anikevich. Tom 2. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet telekommunikacij im. prof. M.A. Bonch-Bruevicha, 2023. S. 107-109. Russian.
3. Aktual'nye problemy jeksperimental'noj i klinicheskoi mediciny [Actual problems of experimental and clinical medicine]: Materialy 75-j otkrytoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh i studentov VolgGMU s mezhdunarodnym uchastiem, Volgograd, 19–22 aprelja 2017 goda. Volgograd: Volgogradskij gosudarstvennyj medicinskij universitet - 2017. . Russian.
4. Ajulova IO, Lebedeva MV, Gajdel' AV. Avtomatizirovannyj poisk anatomicheskikh orientirov na dvuhmernih rentgenovskih snimkah pri cefalometricheskom analize. Metody komp'juternoj diagnostiki v biologii i medicine – 2019 [Automated search for anatomical landmarks on two-dimensional]: Sbornik statej Vserossijskoj shkoly-seminara, posvjashhennoj 110-letiju Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta imeni N.G. Chernyshevskogo, Saratov, 14-15 nojabrya 2019 goda / Pod redakciej A.V. Skripalja. Saratov: Izdatel'stvo "Saratovskij istochnik", 2019. Russian.
5. Berdutin V.A., Abaeva P.O., Romanova T.E., Romanov S.V. Primenenie iskusstvennogo intel-lekta v medicine: dostizhenija i perspektivy [Application of artificial intelligence in medicine: achievements and prospects. Literature review]. Obzor literatury. Chast' 2 . Sociologija mediciny. 2022;21:203-9. DOI 10.17816/socm107908. Russian.
6. Bobrov AF, Shhelkanova ES, Shheblanov VJu. Sovremennye metody medicinskoj psihofiziologii: tehnologija vibrozobrazhenija i iskusstvennye nejronnye seti. Sovremennaja psihofiziologija [Modern methods of medical psychophysiology: vibration imaging technology and artificial neural networks]. Tehnologija vibrozobrazhenija. 2020;1(3):30-9. DOI 10.25696/ELSYS.04.VC3.RU Russian.
7. Gordeeva EG. Razrabotka sistemy prinjatija reshenij po vyboru taktiki lechenija ortodonticheskikh patologij na osnove nejrosetevogo modelirovanija i adaptivnogo podhoda [Development of a decision-making system for choosing tactics for the treatment of orthodontic pathologies based on neural network modeling and adaptive approach]. Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2014;13(1):231-6. Russian.
8. Gaev LV, Simonov IN. Pro ispol'zovanie datasetov i primenenii nejrosetej v medicine na sovremennom kiberjetape razvitiya obshhestva Chelovek i obshhestvo v sovremennom kiberprostranstve - Sbornik nauchnyh trudov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [About the use of datasets and the use of neural networks in medicine at the modern cyber stage of the development of society], Moskva, 21 aprelja 2023 goda. FGBOU VO "Gosudarstvennyj universitet upravlenija". Moskva: Jenciklopedist-Maksimum - 2023. Russian.
9. Dobratulin KS, Ajupova IO, Gajdel' AV, Ivleva AI. Sozdanie prikladnogo programmno obespechenija dlja avtomaticheskoi diagnostiki zubochejstnyh anomalij [Creation of application software for automatic diagnosis of dental anomalies]. VOLGAMEDSCIENCE: Sbornik tezisov VII Vserossijskoj konferencii molodyh uchenyh i studentov s mezhdunarodnym uchastiem: materialy konferencii, Nizhnij Novgorod, 16–18 marta 2021 goda. Nizhnij Novgorod: Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovanija "Privolzhskij issledovatel'skij medicinskij universitet" Ministerstva zdavoohranenija Rossijskoj Federacii. 2021. S. 720-722. Russian.
10. Dobratulin KS, Ajupova IO, Gajdel' AV. Nejronnye seti v diagnostike i planirovanii ortodonticheskogo lechenija [Neural networks in the diagnosis and planning of orthodontic treatment]. Sintez nauk kak osnova razvitiya medicinskih znaniy : Sbornik materialov I Mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Samara, 18 dekabrya 2020 goda / Pod redakciej N.P. Avvakumovoj. Samara: Samarskij gosudarstvennyj medicinskij universitet. 2020. S. 500-505. Russian.
11. Zheleznyj PA, Zheleznaja JuK, Zheleznyj SP. Raschet i analiz telerentgenografii v ortodontii. Novosibirsk [Calculation and analysis of telerentgenography in orthodontics]: Novosibirskij gosudarstvennyj medicinskij universitet, 2020. Russian.

12. Zhulev EN, Bogatova EA. Metodika izuchenija prostranstvennoj orientacii sharnirnoj osi pri ortognaticheskom prikuse na osnove komp'juternoj tomografii visochno-nizhnecheljustnogo sustava [Methodology for studying the spatial orientation of the hinge axis in orthognathic occlusion based on computed tomography of the temporomandibular joint]. *Klinicheskaja stomatologija*. 2013;1 (65):70-3. Russian.
13. Zaleev AN, Artamonov EV. Nejrnyne seti v medicine Fundamental'nye i prikladnye aspekty razvitiya sovremennoj nauki [Neural networks in medicine]: Sbornik nauchnyh statej po materialam XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Ufa, 12 maja 2023 goda. Tom Chast' 4. Ufa: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Nauchno-izdatel'skij centr "Vestnik nauki". 2023. S. 162-164. Russian.
14. Krasnov AN, Ksenofontov AA, Shmeleva LA. Iskusstvennyj intellekt kak proryvnaja innovacija [Artificial intelligence as a breakthrough innovation]. *Innovacii i investicii*. 2023;5:6-11. Russian.
15. Kolsanov AV, Popov NV, Ajupova OI. Razrabotka programmogo kompleksa diagnostiki zubochelestnyh anomalij s primeneniem nejronnyh setej - Informacionnye tehnologii i nanotehnologii (ITNT-2021) [Development of a software package for diagnosing dental anomalies using neural networks - Information technologies and nanotechnology]: Sbornik trudov po materialam VII Mezhdunarodnoj konferencii i molodezhnoj shkoly, Samara, 20–24 sentjabrja 2021 goda. Tom 3. Samara: Samarskij nacional'nyj issledovatel'skij universitet imeni akademika S.P. Koroleva, 2021. S. 34572. Russian.
16. Kolsanov VA, Popov NV, Ajupova OI. Cefalometricheskij analiz rentgenologicheskikh snimkov bokovoj proekcii cherepa s pomoshh'ju komponentov mjagkih vychislenij v poiske ključevykh toček [Cephalometric analysis of X-ray images of the lateral projection of the skull using soft computing components in the search for key points]. *Stomatologija*. 2021;100:63-7. DOI 10.17116/stomat202110004163. Russian.
17. Kolsanov AV, Popov NV, Ajupova IO. Identifikacija cefalometricheskikh toček tverdyh tkanej cherepa na dvuhmernykh rentgenologicheskikh snimkah bokovoj proekcii vrachami-specialistami Informacionnye tehnologii i nanotehnologii [Identification of cephalometric points of hard tissues of the skull on two-dimensional X-ray images of lateral projection] (ITNT-2021) : Sbornik trudov po materialam VII Mezhdunarodnoj konferencii i molodezhnoj shkoly, Samara, 20–24 sentjabrja 2021 goda. Tom 3. – Samara: Samarskij nacional'nyj issledovatel'skij universitet imeni akademika S.P. Korolevaju 2021. S. 34742. Russian.
18. Kolsanov AV, Popov NV, Ajupova OI. Opredelenie relevantnosti telerentgenograficheskikh issledovanij v praktike vrachej-ortodontov [Determination of the relevance of telerentgenographic studies in the practice of orthodontists]. *Medicinskaja tehnika*. 2023;3(339):29-32. Russian.
19. Kolsanov AV, Popov NV, Ajupova OI, Ivleva AI. Soglasovannost' mnenij jekspertov pri izuchenii pozicii opornyh toček dlja izuchenija mjagkotkannogo profilja lica na cifrovych telerentgenologicheskikh snimkah bokovoj proekcii cherepa [Consistency of expert opinions in studying the position of reference points for studying the soft tissue profile of the face on digital telerentgenological images of the lateral projection of the skull]. *Stomatologija*. 2021;100:49-54. DOI 10.17116/stomat202110004149. Russian.
20. Kachalov DL, Petuhova NV, Farhadov MP. Intellektual'nyj metod analiza dannyh v sistemah podderzhki processa lechenija ortodontologicheskikh zaboŀevanij [An intelligent method of data analysis in systems to support the treatment of orthodontic diseases]. Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnyh sistem MLSD'2019 Material' dvenadcatoj mezhdunarodnoj konferencii Nauchnoe jelektronnoe izdanie, Moskva, 01-03 oktjabrja 2019 goda / Pod obshhej red. S.N. Vasil'eva, A.D. Cvirikuna. Moskva: Institut problem upravlenija im. V.A. Trapeznikova RAN, 2019. DOI 10.25728/mlsd.2019.1.1110. Russian.
21. Levashov NE, Gus'kov AV, Olejnikov AA, Domashkevich NS. Ocenka zhevatel'noj jeffektivnosti s pomoshh'ju iskusstvennogo intellekta [Assessment of chewing efficiency using artificial intelligence]. *Digital Diagnostics*. 2023;4:81-3. DOI 10.17816/DD430352. Russian.
22. Levanov VM, Golub EA, Agashina AI, Gavrilova EP. Sostojanie i perspektivy primenenija informacionnyh i telekommunikacionnyh tehnologij v stomatologii (obzor) [State and prospects of application of information and telecommunication technologies in dentistry (review)]. *Zhurnal telemeditsiny i jelektronnogo zdravoohraneniya*. 2021;7:39-48. DOI 10.29188/2542-2413-2021-7-1-39-48. Russian.
23. Mokrenko ME, Gusejnov NA, Haffar Zh. Al'. Obzor rentgenodiagnosticheskikh on-line servisov, osnovannyh na iskusstvennyh nejronnyh setjah v stomatologii [An overview of X-ray diagnostic on-line services based on artificial neural networks in dentistry]. *Medicinskaja vizualizacija*. 2022;26:114-22. DOI 10.24835/1607-0763-1103. Russian.
24. Muraev AA, Kibardin IA, Oborotistov NJu. Ispol'zovanie nejrosetevykh algoritmov dlja avtomatizirovannoj rasstanovki cefalometricheskikh toček na telerentgenogrammah golovy v bokovoj proekcii. *Rossijskij jelektronnyj zhurnal lučevoj diagnostiki*. 2018;8:16-22. DOI 10.21569/2222-7415-2018-8-4-16-22. Russian.
25. Muraev AA, Gusejnov NA, Caj PA. Iskusstvennye nejronnye seti v lučevoj diagnostike, v stomatologii i v cheljustno-licevoj hirurgii (obzor literatury) [The use of neural network algorithms for automated placement of cephalometric points on telerentgenograms of the head in a lateral projection]. *Klinicheskaja stomatologija*. 2020;3(95):72-80. DOI 10.37988/1811-153X_2020_3_72. Russian.
26. Nenasheva EA, Nenashev SS. Iskusstvennyj intellekt - prognozy na 2019 god. Informacionnye tehnologii [Artificial intelligence - forecasts for 2019]. *Problemy i reshenija*. 2019;1 (6):71-4. Russian.

27. Oborotistov NJu, Muraev AA, Sen'ko DA. Innovacionnaja onlajn-platforma ViSurgery dlja rascheta telerentgenogramm s ispol'zovaniem iskusstvennogo intellekta [Innovative online platform ViSurgery for calculating telerentgenograms using artificial intelligence]. *Ortodontija*. 2022;4(100):15-20. Russian.
28. Oborotistov NJu. Sravnenie tradicionnoj - ruchnoj i avtomaticheskoy sistem rasstanovki cefalometricheskikh toчек na telerentgenogramme golovy v bokovoj proekcii v specializirovannyh programmah [Comparison of traditional - manual and automatic systems for placing cephalometric points on a telerentgenogram of the head in a lateral projection in specialized programs]. *Ortodontija*. 2022;4(100):22-9. Russian.
29. Pal'mov SV, Bahmurina AV. Ispol'zovanie nejronnyh setej v stomatologii [The use of neural networks in dentistry]. *Problemy razvitiya predpriyatij: teorija i praktika*. 2020;1-2:237-40. Russian.
30. Stebnev VS, Zhuravlev AV. Osobennosti primenenija tradicionnoj analogovoj i trehmernoj cifrovoj vizualizacii v oftal'mohirurgii [Features of the use of traditional analog and three-dimensional digital imaging in ophthalmic surgery]. *Rossijskij oftal'mologicheskij zhurnal*. 2023;16:168-74. DOI 10.21516/2072-0076-2023-16-1-168-174.. Russian.
31. Semenov MG, Kudrjavceva OA, Stecenko A, Filippova A. Sovremennye metodiki cefalometricheskogo analiza pri planirovanii kostno-rekonstruktivnyh operacij na licevom otdele cherepa v rastushhem organizme [Modern methods of cephalometric analysis in planning bone reconstructive operations on the facial part of the skull in a growing organism]. *Institut stomatologii*. 2015;1 (66):48-51. Russian.
32. Fadeev RA, Chibisova MA, Ovsjannikov KA. Analiz visochno-nizhecheljustnogo sustava po dannym dental'noj komp'yuternoj tomografii [Analysis of the temporomandibular joint according to dental computed tomography] Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo "Chelovek", 2021. 48 s. Russian.
33. Shadlinskaja RV, Gasymova ZV, Gasymov OF. Sravnitel'naja charakteristika cheljustno-licevyh parametrov pacientov s bol'shoj β -talassemiej i distal'noj okkluziej [Comparative characteristics of maxillofacial parameters of patients with large β -thalassemia and distal occlusion]. *Klinicheskaja stomatologija*. 2019;1 (89):46-50. Russian.
34. Abaskhanova Kh, Khaydarova M, Mirzaeva M. Development of hardware and software complex for monitoring system of agricultural crops. *Universum: tehnicheckie nauki*. 2022; 9-5(102):5-7.
35. He K, Zhang X, Ren S, Sun J. Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet classification. *Proceedings of the 015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*. Santiago, 2015.
36. Mamta J, Poojita G, Ravinder K. A review on cephalometric landmark detection techniques. *Biomed. Signal Processing Control*. 2021;66:102486. DOI: 10.1016/j.bspc.2021.102486
37. Lee JH, Kim DH, Jeong SN, Choi SH. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J. Dent*. 2018;77:106-11. DOI: 10.1016/j.jdent.2018.07.015
38. Rao GKL, Mokhtar N, Iskandar YHP, Srinivasa AC. Learning orthodontic cephalometry through augmented reality: A conceptual machine learning validation approach. 2018.
39. Sawchuk D, Alhadlaq A, Alkhadra T. Comparison of two three-dimensional cephalometric analysis computer software. *J. Orthod. Sci*. 2014;3 (4):111-7. DOI: 10.4103/2278-0203.143230

Библиографическая ссылка:

Симакова А.А., Горбатова М.А., Русанов Д.С., Карякин А.А., Гржибовский А.М. Применение искусственных нейронных сетей в практике врача-ортодонта: обзор российских исследований за период 2013–2023 // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2024. №4. Публикация 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2024-4/1-4.pdf> (дата обращения: 10.07.2024). DOI: 10.24412/2075-4094-2024-4-1-4. EDN BSNSJI*

Bibliographic reference:

Simakova AA, Gorbatoва MA, Rusanov DS, Karyakin AA, Grzhibovsky AM. Primenenie iskusstvennyh nejronnyh setej v praktike vracha-ortodonta: obzor rossijskih issledovanij za period 2013–2023 [Application of artificial neural networks in orthodontic practice: a review of russian studies for the period 2013-2023]. *Journal of New Medical Technologies, e-edition*. 2024 [cited 2024 Jul 10];4 [about 12 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2024-4/1-4.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2024-4-1-4. EDN BSNSJI

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2024-4/e2024-4.pdf>

**идентификатор для научных публикаций EDN (eLIBRARY Document Number) будет активен после загрузки полной версии журнала в eLIBRARY