

УДК 004.85

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ СПИРОМЕТРИИ

И.И. РЕВИНСКАЯ¹, С.К. ДИК¹, Е.Р. УГЛАНОВА¹, Г.Д.СИТНИК²

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь

²Белорусский государственный медицинский университет,
Пр. Дзержинского 83, Минск, 220083, Беларусь

Аннотация. Представлены результаты применения технологии искусственного интеллекта для диагностики легочных заболеваний, используя традиционный метод спирометрии, основанный на измерении с помощью спирометра объемных и скоростных показателей дыхания для диагностики астмы, хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) и других легочных патологий. Рассмотрена возможность применения искусственного интеллекта для разработки интерактивных сценариев и адаптивных симуляций, при которых искусственный интеллект генерирует данные нормальных и патологических состояний, проверяет правильность диагностики и предоставляет обратную связь. Для решения данной задачи предложен подход с использованием двух нейросетей: генераторной сетью для создания реалистичных данных спирометрии и диагностической сетью для анализа этих данных и проверки постановки диагноза. Описаны основные этапы обучения нейросетей, включая сбор и обработку данных, прямой и обратный проходы, а также корректировка параметров для повышения точности моделей. Такой подход позволяет ИИ-системе генерировать высококачественные данные, которые могут быть использованы для совершенствования навыков постановки диагноза при подготовке профильных специалистов (врачей и среднего медперсонала), что делает учебный процесс интерактивным и тем самым более эффективным.

Ключевые слова: спирометрия, искусственный интеллект, нейросеть, медицинская диагностика, генерация данных, диагностика легочных заболеваний, образовательные технологии, симуляционные сценарии, алгоритмы анализа данных, биомедицинские данные.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY TO SPIROMETRY DATA ANALYSIS

I.I. REVINSKAYA¹, S.K. DZIK¹, E.R. UGLANOVA¹, G.D. SITNIK²

¹Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

²Belarusian State Medical University,
Avenue Dzerzhinsky 83, Minsk, 220083, Belarus

Abstract. The paper presents the results of applying artificial intelligence technology to diagnose pulmonary diseases using the traditional spirometry method based on measuring volume and speed indicators of breathing using a spirometer to diagnose asthma, chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and other pulmonary pathologies. The possibility of using artificial intelligence to develop interactive scenarios and adaptive simulations is considered, in which artificial intelligence generates data on normal and pathological conditions, checks the correctness of the diagnosis and provides feedback. To solve this problem, an approach is proposed using two neural networks: a generator network for creating realistic spirometry data and a diagnostic network for analyzing this data and verifying the diagnosis. The main stages of training neural networks are described, including data collection and processing, forward and backward passes, and parameter adjustments to improve the accuracy of models. This approach allows the AI - system to generate high-quality data that can be used to improve diagnostic skills in the training of specialized specialists (doctors and nursing staff), making the learning process interactive and thus more effective.

Введение

Спирометрия - метод диагностики, который измеряет объем и скорость движения воздуха, который человек может вдохнуть и выдохнуть. Этот тест используется для оценки функции лёгких, помогая выявить такие заболевания, как астма, хроническая обструктивная болезнь (ХОБЛ) и другие отклонения дыхания.

Одним из способов применения технологий искусственного интеллекта в спирометрии является их внедрение в процесс обучения и совершенствования навыков постановки диагноза при подготовке профильных специалистов (врачей и среднего медперсонала), что делает учебный процесс интерактивным и эффективным.

Основная часть

Примером подобного внедрения может стать разработка комплекса симуляционных сценариев, включающих модели нормальных и патологических состояний, и анализ ответов обучаемого при оценке данных моделей состояний.

Оптимальным способом внедрения будет являться использование чат-бота со встроенным искусственным интеллектом, обученным специально под эту задачу. Данный бот будет включать следующие функции: ознакомление с теоретическим материалом, интерактивное руководство по использованию прибора (спирометра), некоторое количество обучающих сценариев, оценку полученных от обучаемого ответов и развернутую обратную связь по ним.

Классический процесс обучения нейросети состоит из шести этапов:

1. *Сбор и подготовка данных:* Нейросети предоставляется обучающая выборка, состоящая из примеров с известными входными данными и целевыми значениями (метками).
2. *Инициализация весов:* Сначала веса (параметры) нейронов назначаются случайными значениями, которые будут корректироваться по мере обучения.
3. *Прямой проход (feedforward):* Входные данные проходят через нейроны сети, каждый слой обрабатывает их, пока не будет сгенерирован выходной результат.
4. *Подсчет ошибки:* Сравнивается полученный результат с целевым значением, чтобы определить, насколько велика ошибка (разница между предсказанием и реальным значением).
5. *Обратное распространение ошибки (backpropagation):* Ошибка распространяется назад по сети, и веса корректируются так, чтобы минимизировать ошибку. Этот процесс обычно управляется алгоритмом оптимизации, например, градиентным спуском.
6. *Повторение процесса:* Процесс повторяется многократно (итерациями), пока ошибка не станет минимально возможной или не будет достигнуто заданное качество модели.

После завершения обучения нейросеть может применять полученные знания для обработки новых данных.

Для спирометрии выходными данными будут служить диагнозы, соответствующие каждому набору входных параметров. Для спирометрии входными параметрами будут являться: объем форсированного выдоха за 1 секунду (FEV1), форсированная жизненная емкость легких (FVC), отношение FEV1/FVC, пиковая скорость выдоха (PEF) и средний объем выдоха (FEF25-75%).

Чтобы обучить нейросеть генерировать входные данные для спирометрии и проверять правильность поставленного диагноза, можно использовать подход с двумя нейросетями: одна сеть будет генерировать реалистичные входные данные (параметры спирометрии), а другая – оценивать их и проверять корректность диагноза. Происходит такое обучение следующим образом:

1. *Сбор и подготовка данных* Включает сбор реальных наборов данных о пациентах, включающих входные параметры спирометрии и метки диагнозов, поставленных на основе этих данных (здоров, астма, ХОБЛ и т.д.).
2. *Обучение сети-генератора данных.* Модель генератора: обучение нейросети (например, вариационную автоэнкодерную сеть или GAN) генерировать реалистичные наборы параметров спирометрии, подстраиваясь под разные паттерны, характерные для заболеваний легких. Обратную связь генератор будет получать в соответствии с реалистичностью создаваемых данных, и корректировать свои параметры, чтобы создавать образцы, схожие с реальными данными.
3. *Обучение сети для проверки правильности диагноза.* Диагностическая модель обучается параллельно с генераторной сетью на исходных данных с метками, чтобы она могла ставить диагнозы по параметрам спирометрии. Ее тестирование проводится после того, как сеть обучится: она должна быть способна принимать параметры, сгенерированные первой сетью, и определять диагноз. Для этого используется подход классификации, где сеть обучается распознавать паттерны, характерные для различных заболеваний.

4. Проверка и корректировка генерации данных проводится путем сравнения диагнозов, которые диагностическая сеть ставит на основе сгенерированных данных, с предполагаемыми целевыми диагнозами. Постепенно проводится улучшение сети-генератора, пока она не начнет создавать такие параметры, которые будут наиболее приближены к реальным и которые диагностическая сеть интерпретирует правильно.

5. Оценка результатов и дообучение происходит на этапе тестирования, когда обе сети можно дообучить на новых данных, чтобы повысить точность генерации и классификации. Это происходит через сравнение предсказаний модели с известными метками, чтобы убедиться, что модели правильно работают как по генерации, так и по диагностике.

Такой подход позволит сети-генератору научиться создавать реалистичные данные для спирометрии, которые могут использоваться для проверки и отработки алгоритмов диагностики, что особенно полезно для медицинского и инженерного образования.

Заключение

Создание интерактивных симуляций и обучающих сценариев, где ИИ генерирует данные и оценивает действия обучаемого, позволяет глубже понять особенности диагностики легочных заболеваний и методику работы со спирометром. Применение двух нейросетей – для генерации параметров дыхания и для постановки диагноза – обеспечивает реалистичное воспроизведение клинических ситуаций и поддерживает эффективное обучение путем индивидуальной оценки ответов. Такой подход не только улучшает качество и доступность учебных ресурсов, но и способствует развитию профессиональных навыков в анализе биомедицинских данных. В дальнейшем расширение и усовершенствование ИИ-моделей для образовательных целей может сделать обучение более гибким и адаптивным, помогая обучаемым достигать высоких результатов и углублять знания в области диагностики заболеваний дыхательной системы.

Список литературы

1. Автобиография нейросети / Сост. М.Р. Брослав, О.А. Яблокова. – Москва : Издательство АСТ, 2023. – 224 с. : ил.
2. S. Abut, H. Okut, R. Zackula, and K. James Kallail, 'Deep Neural Networks and Applications in Medical Research', Artificial Intelligence. IntechOpen, May 29, 2024. doi: 10.5772/intechopen.112371.
3. Григорьев, А.С. Машинное обучение. Портфолио реальных проектов. – СПб.: Питер, 2023. – 496 с.: ил.
4. Penny W, Frost D. Neural Networks in Clinical Medicine. Medical Decision Making. 1996;16:386–98. 10.1177/0272989X9601600409