

Məmməd həsənov R.M., Fətəliyeva G.R., Səfərova S.S.

## ŞƏKƏRLİ DİABET ZAMANI SÜMÜK DƏYİŞİKLİKLƏRİNİN İNTELLEKTUAL QƏRAR DƏSTƏYİ SİSTEMLƏRİNİN TƏTBİQİ VASİTƏSİLƏ SKRİNİNQ-DİAQNOSTİKASI

*Azərbaycan Tibb Universitetinin II Daxili xəstəliklər kafedrası, Bakı*

*Məqalədə şəkərli diabeti olan xəstələrdə osteoporotik sümük dəyişikliklərinin təhlili məqsədi ilə intellektual qərar dəstəyi sistemi nümunə kimi istifadə edilərək skrining prosesini optimallaşdırmaq və klinik praktikada müalicəvi-diagnostik səhvlərin qarşısını almaq üçün süni neyron şəbəkələri metodologiyasının tətbiqi təsvir edilmişdir.*

*Açar sözlər: süni neyron şəbəkə, şəkərli diabet, osteoporoz*

*Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, сахарный диабет, остеопороз*

*Key words: artificial neural network, diabetes mellitus, osteoporosis*

Мамедгасанов Р.М., Фаталиева Г.Р., Сафарова С.С.

## СКРИНИНГ-ДИАГНОСТИКА КОСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*Кафедра внутренних болезней-2 Азербайджанского медицинского университета, Баку*

*В статье описано применение методологии искусственных нейронных сетей в целях оптимизации скрининга и во избежание лечебно-диагностических ошибок в клинической практике на примере моделирования и применения интеллектуальной системы поддержки принятия решений для анализа риска остеопоротических изменений кости при сахарном диабете.*

В XXI веке человечество столкнулось с угрозами, напрямую связанными с технологическим прогрессом: гиподинамией, стрессом и т.д., запускающими цепь эндокринных нарушений, которые ведут к развитию ожирения, на фоне чего изменяется эмоциональная реактивность организма, понижается устойчивость к стрессовым воздействиям, ухудшается состояние сердечно-сосудистой системы, снижается иммунитет, что приводит к росту распространенности таких заболеваний как сахарный диабет (СД), остео-

пороз и сердечно-сосудистые заболевания. Стремительный рост данных неинфекционных заболеваний оказывает негативное влияние, унося жизни миллионов людей. Хронический характер течения данных заболеваний требует дорогостоящего лечения, что поглощает большие ресурсы здравоохранения и ложится тяжелым бременем на системы социального обеспечения. Диагностика заболевания является ключевым элементом медицины и здравоохранения. Неправильно поставленный диагноз приво-

дит к неверному лечению, которое приводит к осложнениям и в итоге к летальному исходу [1,2].

Клиницистам в настоящее время доступен широкий спектр информации, начиная от клинических симптомов заболевания и заканчивая различными типами биохимических данных, результатов инструментальных методов и аппаратных средств исследования. Каждый тип данных предоставляет информацию, которая должна быть оценена и отнесена к определенной патологии во время диагностического анализа.

В целях повышения адекватности, эффективности процесса диагностики и во избежание ошибок в повседневной лечебной практике, все более широкое применение в диагностировании получают системы поддержки принятия решений (СППР), основанные на методах искусственного интеллекта, в том числе искусственных нейронных сетях (ANN). Подобные системы позволяют повысить эффективность клинического анализа за счет обработки сложных и взаимосвязанных массивов медицинских данных и интегрировать их в результаты диагностирования, проводимого врачом-клиницистом [2-4]. Эффективность применения данного математического аппарата в медицинской практике обусловлена его широкими возможностями для моделирования сложных мультипараметрических систем, обработки больших и взаимосвязанных массивов медицинских данных, за счет формализации опыта и интуиции врача-исследователя [2,3].

В статье кратко рассмотрены возможности применения искусственных нейронных сетей связанные с повышением эффективности процессов медицинской диагностики, на примере разработанной и реализованной методики построения интеллектуальной СППР для прогнозирования риска остеопоротических изменений костной ткани у больных сахарным диабетом.

**Методика построения СППР.** На основе анализа исследований с целью построения СППР был выбран в качестве модели искус-

ственной нейронной сети с прямой связью, отображающей набор входных данных в набор выходных данных - многослойный персептрон (МЛР) [2-4].

Отличительной особенностью многослойного персептрона является то, что каждый нейрон использует нелинейную функцию активации, которая обычно каталогизируется в виде сложных "если ... тогда ..." правил, используемых в цепочках дедукции, приводящих к определенному выводу. Это позволяет смоделировать механизм действия биологических нейронов мозга.

Многослойный персептрон состоит из одного входного и одного выходного слоя с одним или несколькими скрытыми слоями нелинейно-активирующих узлов. Каждый узел в одном слое соединяется с определенным весом для каждого другого узла в следующем слое. Система формирует модель, на основе построения алгоритма, основанную на зависимости значений одних показателей, от определенного ряда других параметров.

Как и любая нейронная сеть, построенная модель требует обучения (в нашем случае, алгоритм обучения применялся к динамически построенной нейронной сети для минимизации ошибки путем непрерывного обучения сети до достижения оптимального уровня эффективности). Обучение происходит в персептроне путем изменения весов соединений (или синаптических весов) после обработки каждого фрагмента данных на основе количества ошибок в выходных данных по сравнению с ожидаемым результатом. Эффективность выполнения подхода проверяется путем проведения сравнительного исследования, которое включает в себя тестирование динамически построенной сети и представляет сравнительный анализ результатов классификации.

Разработанная методика построения самообучающейся прогнозирующей системы с применением нейронных сетей для интеллектуальной СППР состоит из следующих этапов: постановка задачи, подготовка входных данных, создание и обучение нейросети включая: выбор типа нейронной сети, формирование схемы подачи обучающих данных, которая определяет количество входных сигналов и соответствующих им входных синапсов, а также ответ, включение или выключение нормирования входных данных.

Нормирование входных сигналов представляет собой один из видов преобработки и является исключительно важным в методике создания нейросетевых систем. При нормировании на входной синапс подается не величина

параметра (для данного примера), а ее эквивалент, полученный путем пересчета по определенной схеме. Технологический аспект заключался в следующем: применяемая технология обучения нейронных сетей предусматривает универсальную структуру и алгоритмы обучения для клинических данных любого характера. Однако, в результате проводимых нами многочисленных экспериментов было установлено, что наиболее универсальной и быстро обучающейся архитектурой полносвязной сигмоидной (имеющей характеристическую функцию приращения) нейросети оптимально работает при нахождении входных параметров в диапазоне от -1 до 1. Каждый входной сигнал перед подачей на синапс пересчитывается по формуле:

$$NX_i(t) = \frac{X_i(t) - X_i^{\min}}{X_i^{\max} - X_i^{\min}},$$

где  $X_i(t)$  - исходный сигнал,  $NX_i(t)$  - получаемый нормированный сигнал,  $X_i^{\min}$  и  $X_i^{\max}$  - соответственно минимальное и максимальное значения интервала входных параметров в поле, подаваемом на синапс  $i$ .

В нашем случае, обучение нейросети представляло собой автоматический процесс, который только после его окончания требовал участия специалиста для оценки результатов. Несомненно, требовалась корректировка - создание дополнительных сетей с другими параметрами и т.д., для возможности оценить работу системы на любом этапе обучения, протестировав контрольную выборку. Обучение сети продолжалось до тех пор, пока она

была способна давать наилучшие возможные результаты на независимых данных.

С целью проверки качества обучения нейронной сети проводилось ее тестирование. Тестирование выборки осуществлялось с заранее известными ответами примеров. Таким образом, проверялось, правильно ли сеть определяет ответы примеров и насколько уверенно она это делает. Определенный сетью ответ примера сравнивался с заранее известным. Сначала тестирование проводилось на той выборке, на которой сеть обучалась. При тестировании той же самой обучающей выборки Ответы всех примеров определялись правильно. Далее проводилось тестирование аналогичной выборки с заранее известными ответами, но примерами, которой не участвовали в обучении сети. После реализации рассмотренных выше этапов, нейросеть готова к последнему этапу - прогнозированию показателя. Блок-схема методики построения нейросетевой модели показана на рисунке (Рис.1).

Построенная нейронная сеть была применена для моделирования СППР с целью прогнозирования таких показателей, как маркеры ремоделирования костной ткани, минеральная плотность кости для раннего диагностирования и оценки риска развития остеопороза при диабете, т.е. показателей, используемых для управления диагностическими процессами. Затем были внесены поправки в веса узлов, основанные на тех исправлениях, которые минимизируют ошибки во всем выводе.

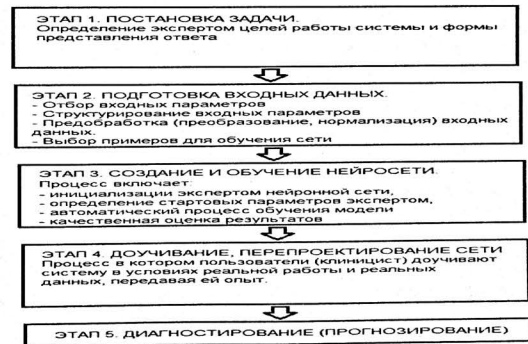


Рисунок 1. Блок-схема методики построения нейросетевой модели

В настоящем исследовании была смоделирована искусственная нейронная сеть отображающая набор входных данных (в виде исследуемых лабораторных показателей) в набор соответствующих выходных данных (переменных, отражающих состояние костного метаболизма). Построение нейронной сети осуществлялось с использованием MATLAB 8.6 (R2015b) [5]. Для анализа связи некоторых параметров нейронной сети с маркерами костного метаболизма и МПК пациентов, была проведена оптимизация конструкции на основе планирования исследования (используемая в детерминированном методе). Выявление связи между результатами лабораторного исследования и параметрами костного метаболизма осуществлялось путем разработкой метода анализа факторов риска развития остеопороза. Анализ включал исследование ряда гормонов, показатели функционального состояния почек, ионный баланс крови, маркеры костного ремоделирования, а также результаты рентгеноденситометрии. Изучение вышеперечисленных данных пациента дало исследователям список из ряда переменных, которые, согласно предыдущим исследованиям, оказывают влияние на развитие остеопороза.

**Результаты исследования.** Разработанная модель интеллектуального анализа данных состояла из входного слоя, скрытого слоя и выходного слоя. Модель с окончательными параметрами ANN была обучена с использованием данных 80% пациентов из базы данных, выбранной случайным образом. Данные остальных 20% пациентов были использованы для проверки результатов. Среднее значение абсолютной погрешности измерений у этих пациентов составило 2,09%. В результате были внесены некоторые корректировки в настройки модели для повышения ее адекватности. Дальнейшее дообучение достигается в ходе ее практической эксплуатации. Процесс обучения продолжался до уменьшения ошибок для всех примеров и останавливался в момент, когда начинала возрастать ошибка в контрольном образце.

Доказана практическая эффективность построенной математической модели на основе интеллектуальной системы поддержки принятия решений, которая прогнозировала состояние МПК и значения

маркеров костного ремоделирования при диабете на основе анализа ряда лабораторных показателей. Модель была использована для определения того, какие больные должны пройти денситометрию и анализ маркеров костного ремоделирования, для проверки качественных и количественных характеристик кости и, таким образом, предупреждения ряда рисков, связанных с остеопорозом.

Таким образом, искусственные нейронные сети демонстрируют способность моделировать сложные отношения между переменными для идентификации групп с риском развития остеопороза или переломов из общей категории лиц больных сахарным диабетом. Сравнительный анализ данного подхода с традиционными показал, что значения, полученные с помощью нейросетевой модели диагностирования, воспроизводят картину клинического исследования с высокой степенью адекватности, что позволяет выстраивать диагностический алгоритм для стратификации нарушений метаболизма кости на фоне диабета. Данное исследование демонстрирует пользу разработанного метода на основе построения интеллектуальной СППР для изучения взаимосвязи между входными переменными, связанными с диабетом и минеральной плотностью кости, а также маркерами костного ремоделирования.

Сконструированный в настоящем исследовании диагностический алгоритм, позволяет стратифицировать нарушения метаболизма костной ткани при диабете. Это доказывает, что искусственные нейронные сети могут также применяться на уровне принятия решений в сфере прогнозирования. Выявлено, что решения на основе искусственных нейронных сетей, применяемые на уровне принятия решений, предполагают перспективу его использования в ситуациях, связанных со сложной, неструктурированной или ограниченной информацией.

## REFERENCES

1. Abdel-Mageed S.M., Bayoumi A.M., Mohamed E.I. Artificial neural networks analysis for estimating bone mineral density in an Egyptian population: towards standardization of DXA measurements // American Journal of Neural Networks and Applications, – 2015. Vol. 1(3), – pp. 52-56.
2. Yu X., Ye C., Xiang L. Application of artificial neural network in the diagnostic system of osteoporosis // Neurocomputing, – 2016. Vol. 214, – pp. 376-381.
3. Shioji M., Yamamoto T., Iyata T. et al. Artificial neural networks to predict future bone mineral density and bone loss rate in Japanese postmenopausal women // BMC Research Notes, – 2017. Vol. 10, – p. 590.
4. Cruz A.S., Lins H.C., Medeiros R.V.A. et al. Artificial intelligence on the identification of risk groups for osteoporosis, a general review // BioMedEngOnLine, – 2018. Vol. 17 (1), – p. 12.
5. MathWorks. MATLAB. www.mathworks.com, 2017.

**Mammadhasanov R.M., Fataliyeva G.R., Safarova S.S.**

### A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SCREENING DIAGNOSIS OF BONE DISORDERS IN DIABETES

*Department of Internal Diseases-2, Azerbaijan Medical University, Baku*

**Summary.** The article describes the use of artificial neural network methodology in order to optimize screening and to avoid therapeutic and diagnostic errors in clinical practice using the example of modeling and using an intelligent decision support system to predict the risk of osteoporotic bone tissue changes in patients with diabetes mellitus and diabetes.

**Müəlliflə əlaqə üçün:**

**Səfərova Səin Səfər qızı** – tibb üzrə fəlsəfə doktoru, Azərbaycan Tibb Universitetinin II daxili xəstəliklər kafedrasının dosenti, Bakı

**E-mail:** sainsafarova@gmail.com

**Rəyçi:** tibb e.d., prof. Y.Z. Qurbanov