



MEDICAL NEUROINFORMATICS

Mamirkhodjaev Muhammadamin Mavlonzhonovich

Student of the Fergana branch of TUIT named after Muhammad al-Khwarizmi

Umaraliev Jamshidbek Tokhtasinovich

Student of the Fergana branch of TUIT named after Muhammad al-Khwarizmi

Sotvoldieva Mohirakhon Bakhromzhonovna

Student of the Fergana branch of TUIT named after Muhammad al-Khwarizmi

Tuychiboev Abbosbek Eralievich

Student of the Fergana branch of TUIT named after Muhammad al-Khwarizmi

Annotation: In this lecture, we will dwell in detail on the use of neuroinformation technologies in medicine.

Keywords: neuroinformation, artificial neural networks, neurocomputers, neuropedagogy, neurocomputer learning

Introduction

В последнее время сильно возрастает значение информационного обеспечения самых разных медицинских технологий. Оно становится критическим фактором развития практически во всех областях знания, поэтому разработка и внедрение информационных систем является на сегодняшний день одной из самых актуальных задач.

Анализ применения персональных ЭВМ в медицинских учреждениях показывает, что наибольшее использование компьютеров идет для обработки текстовой документации, хранения и обработки баз данных, ведения статистики и финансовых расчетов. Отдельный парк ЭВМ используется совместно с различными диагностическими и лечебными приборами.

В большинстве этих областей использования ЭВМ применяют стандартное программное обеспечение - текстовые редакторы, системы управления базами данных, статистические пакеты и др. Однако некоторые из важнейших участков лечебно-диагностических технологий практически



не используют возможности ЭВМ. Прежде всего это диагностика, назначение лечебных мероприятий, прогнозирование течения заболеваний и их исходов.

Причины этого носят чрезвычайно сложный характер и постоянно дискутируются. Основные из них - недостаточно развитая техническая база, низкая компьютерная грамотность участников технологий. Большое значение имеет психологический аспект применения ЭВМ. Это серьезная причина, связанная с характером работы врача. Врач является исследователем, и его работа носит творческий характер, однако он несет прямую ответственность за результат своей деятельности. Принимая решение о диагнозе или лечении, он опирается на знания и опыт, свои собственные и коллег, являющихся для него авторитетом. Очень важно при этом обоснование решения, если оно подсказывается со стороны. Результат, подсказанный компьютерной программой, работающей по алгоритму, созданному другим человеком, как показывает практика, во многом лишает исследователя творческой инициативы. Навязанное таким образом решение, даже будучи достоверным, психологически подвергается серьезному сомнению.

Существенную роль играют также особенности медико-биологической информации. Большинство медицинских данных имеют описательный характер, выражаются с помощью формализмов, подверженных крайней вариабельности. Данные, даже выражаемые с помощью чисел, также в большинстве случаев не могут быть хорошо упорядочены и классифицируемы, т.к. изменяются в зависимости от клинических традиций различных школ, геосоциальных особенностей регионов и даже отдельных учреждений, а также от времени.

Все задачи, решаемые человеком, с позиций нейроинформационных технологий можно условно классифицировать на две группы.

1. Задачи, имеющие известный и определенный набор условий, на основании которого необходимо получить четкий, точный, недвусмысленный ответ по известному и определенному алгоритму.
2. Задачи, в которых не представляется возможным учесть все реально имеющиеся условия, от которых зависит ответ, а можно лишь выделить приблизительный набор наиболее важных условий. Так как часть условий при этом не учитывается, ответ носит неточный, приблизительный характер, а алгоритм нахождения ответа не может быть выписан точно.



Для решения задач первой группы с большим успехом можно использовать традиционные компьютерные программы. Как бы ни был сложен алгоритм, ограниченность набора условий (входных параметров) дает возможность составления алгоритма решения и написания конкретной программы, решающей данную задачу. Нет никакого смысла в использовании нейроинформационных технологий для решения таких задач, так как в этом случае нейросетевые методы будут априорно хуже решать такие задачи. Единственным исключением является случай, когда алгоритм вычисления ответа слишком большой и громоздкий и время на решение конкретной задачи по этому алгоритму не удовлетворяет практическим требованиям; кроме того, при получении ответа не требуется абсолютная точность.

При решении задач второй группы применение нейротехнологии оправдывает себя по всем параметрам, при выполнении, однако, двух условий: во-первых, наличия универсального типа архитектуры и единого универсального алгоритма обучения (отсутствие необходимости в их разработке для каждого типа задач), во-вторых, наличия примеров (предыстории, фиксированного опыта), на основании которых производится обучение нейронных сетей. При выполнении этих условий скорость создания экспертных систем возрастает в десятки раз, и соответственно снижается их стоимость.

Практически вся медицинская и биологическая наука состоит именно из задач, относящихся ко второй группе, и в большинстве этих задач достаточно легко набрать необходимое количество примеров для выполнения второго условия. Это задачи диагностики, дифференциальной диагностика, прогнозирования, выбора стратегии и тактики лечения и др. Медицинские задачи практически всегда имеют несколько способов решения и "нечеткий" характер ответа, совпадающий со способом выдачи результата нейронными сетями.

Разработка математических методов решения медико-биологических задач ведется уже не одну сотню лет. Учеными предложено огромное количество способов проверки гипотез и продукции выводов. В 60-е годы были разработаны методы анализа, получившие некоторое распространение и вызвавшие волну публикаций. Общим признаком, объединяющим их, является наличие явных алгоритмов принятия решений. "Диагностический алгоритм включает в себя совокупность



правил, определяющих порядок переработки медицинской информации с целью постановки диагноза" [5.1]. Несмотря на то, что наиболее популярные методы до сих пор активно используются в теоретической биологии и медицине, в клинической практике они не нашли широкого применения. Это связано, во-первых, с тем, что методы, ориентированные на обработку групповых данных, слабо применимы к отдельным объектам, а во-вторых, с особенностями самой медико-биологической информации. Решения в медицинских и биологических задачах зависят от большого количества неодинаковых по значимости факторов. Поэтому, даже если удастся выстроить правила вывода, связывающие условия задачи с решением, метод, как правило, хорошо работает только на той группе объектов, на которой производились исследования. Естественно, создать универсальный алгоритм невозможно, и при использовании метода для другой подобной группы объектов его почти всегда приходится полностью переконструировать практически заново.

Многолетние исследования, проводимые с самыми различными явными алгоритмами, показали, что медицинские задачи, имеющие неявный характер, решаются явными методами с точностью и удобством, совершенно недостаточными для широкого практического использования в конкретных задачах диагностики, прогнозирования и принятия решений [5.2].

Поиски и изучение неявных алгоритмов, позволяющих автоматически накапливать и затем использовать опыт при обучении [5.3], продолжаются уже более 100 лет [5.4]. Однако первые серьезные попытки создания нейронных сетей были сделаны в 40-50-х годах, когда У.Маккалох и У.Питтс выдвинули основные положения теории работы головного мозга. С появлением дешевых ЭВМ произошел резкий скачок в этой области, которая в начале 80-х годов сформировалась в целую науку - нейроинформатику [5.5, 5.6, 5.7].

Неявные задачи медицины и биологии явились идеальным полем для применения нейросетевых технологий, и именно в этой области наблюдается наиболее яркий практический успех нейроинформационных методов.

Рассмотрим несколько наиболее интересных нейросетевых приложений для биологии и медицины, созданных различными авторами и школами.



Наибольший интерес для практического здравоохранения представляют системы для диагностики и дифференциальной диагностики заболеваний. При этом для принятия решений могут использоваться самые разнообразные данные - анамнез, клинический осмотр (создаются экспертные системы диагностики, ограничивающиеся только этим набором [5.8]), результаты лабораторных тестов и сложных функциональных методов. Список областей медицины, в которых начали применяться новые технологии, чрезвычайно обширен и продолжает расти.

Одним из наиболее интенсивно развиваемых направлений является применение нейросетей в кардиологии.

В Италии разработана чрезвычайно интересная экспертная система для диагностики и лечения артериальной гипертонии [5.9]. Система включает в себя три нейросетевых модуля, причем ответы одних являются входными данными для других. В начале исследования больному проводят измерение систолического и диастолического давления каждые полчаса в течение суток. Данные за каждый час усредняются. Таким образом, образуется массив из 48 величин артериального давления (по 24 для систолического и диастолического). После этого первый модуль, состоящий из двух трехслойных нейросетей (в каждой из которых 2 входных, 4 "скрытых" и 24 выходных нейрона), на основании данных о поле и возрасте больного рассчитывает аналогичные "должные" величины и сравнивают их с реальными. Параллельно второй модуль (двухслойная нейросеть с 17 входными и 4 выходными нейронами) на основании клинических данных (симптоматика, анамнез) рассчитывает возможные сочетания гипотензивных лекарственных средств, которые могут быть использованы для лечения данного больного. Данные, снятые с выходов обоих модулей, вместе с клиническими данными подаются на вход последнего, третьего модуля (6-слойная нейросеть). Этот модуль оперирует 4 группами гипотензивных препаратов (диуретики, бетаадреноблокаторы, ингибиторы ангиотензина, блокаторы кальциевых каналов). Цель - назначить суточный (почасовой) график приема больным лекарств каждой (если требуется) из 4 групп. Поэтому этот модуль имеет 96 выходных нейронов (4 препарата x 24 часа). С каждого выходного нейрона снимается доза, соответствующая одному препарату, назначаемому на данный час суток. Естественно, что в реальной ситуации



большинство выходных данных равны нулю. Таким образом, создается оптимальная для пациента схема лечения гипертонии. Нужно отметить, что система учитывает некоторые особенности приема препаратов больными, например, затруднение приема препаратов ночью (назначает ночной прием только в крайних случаях), запрет на назначение мочегонных лекарств на ночь.

Отличительной чертой системы является возможность пользователя (врача) передавать нейронной сети свой опыт. Для этого создателями программы предусмотрен специальный блок, который выводит на экран компьютера суточные кривые артериального давления и предлагает врачу ввести в компьютер суточную схему приема гипотензивных препаратов в необходимых, по его мнению, дозах. Введенный пример помещается в базу данных. В любое время можно инициировать доучивание нейронных сетей с новыми примерами.

В одной из работ приводится метод выявления атеросклеротических бляшек в артериях [5.10]. Для этого применяется нейросеть, интерпретирующая флуоресцентные спектры, получаемые при исследовании тканей с помощью лазера.

Аналогичным образом проводится диагностика заболеваний периферических сосудов [5.11], например, определение форм артериита [5.12].

Проводится комплекс исследований по использованию нейросетей для диагностики инфаркта миокарда [5.13,5.14,5.15]. Автор приводит данные по чувствительности (77,7%) и специфичности (97,2%) нейросетевого теста. В работе [5.16], кроме того, с помощью нейронной сети устанавливали диагностическую значимость клинических параметров при диагностике инфаркта миокарда.

Нейросетевой анализ акустических сигналов позволяет проводить диагностику клапанных шумов сердца [5.17], и оценивать систолическую и диастолическую фазы сердечного сокращения с постановкой предварительного диагноза [5.18].

Нейросети используются терапевтами для диагностики заболеваний печени по лабораторным данным исследования функций печени [5.19]; дифференциальной диагностики заболеваний печени [5.20] и желчного пузыря по УЗИ [5.21].



Нейропрограммы могут с успехом работать с медицинскими данными, относящимися к субъективным категориям, например, в психиатрии [5.22]. Оценка субъективных данных дает возможность распознавания психических симптомов и диагностики и изучения некоторых психиатрических симптомокомплексов.

Актуальная проблема диагностики злокачественных новообразований, возможно, получит новый уровень осмысления с началом применения нейроалгоритмов. Так, в работе [5.23] показана 80%-я точность ранней диагностики меланом кожи - одного из самых злокачественных заболеваний.

Одним из серьезных направлений применения нейронных сетей является интерпретация медицинских данных. В последние годы идет бурное развитие новых средств диагностики и лечения. При этом наблюдается "вторая волна" изучения и использования древних, старинных методов, и, наоборот, применение последних технических новшеств. Нередко и те, и другие методы при использовании предоставляют врачу массу самых разнообразных данных. При этом встает проблема их грамотной и корректной интерпретации. Поиск глубинных закономерностей между получаемыми данными и патологическими процессами начинает отставать от разработки все новых и новых методов, поэтому применение для этой цели нейросетей может оказаться чрезвычайно выгодным.

В одной из старинных методик диагностики по пульсу используются 14 характеристик пульса, измеряемых с нескольких точек. Распознавание и интерпретация данных требует огромного опыта врача, практически невозможного в современных условиях. Нейросеть была применена для "узкой" диагностики только по одной из точек [5.24], позволяющей оценивать состояние левой почки. Пульс считывается специальным датчиком, совмещенным с микрофоном. Полученная пульсовая кривая (сфигмограмма) передается в компьютер. Вначале программа анализирует несколько пульсовых волн и выстраивает "среднюю" волну. После этого по 5 точкам этой волны нейронная сеть оценивает состояние левой почки.

Классической проблемой в кардиологии является интерпретация электрокардиограмм, требующая значительного опыта врача. Сотрудники Университета Глазго (Великобритания) ведут исследования по применению нейросетей для ЭКГ-диагностики инфарктов миокарда [5.25]. Входными данными для сетей являются избранные параметры 12-



канальной электрокардиограммы и 12-канальной векторкардиограммы (длины зубцов, расстояния между зубцами). Исследователи обучили огромное количество нейросетей (167 сетей для диагностики инфаркта миокарда передней стенки и 139 сетей для инфаркта нижней стенки) на массиве данных из 360 электрокардиограмм. Обученные сети затем тестировали отдельную выборку с заранее известными ответами (493 случая). Одновременно для получения отдельной серии ответов на тестируемой выборке был использован логический метод (с заранее заданным алгоритмом). Затем сравнивались результаты тестирования выборки лучшими нейросетями и с помощью логического алгоритма. Сравнение показало, что во многих случаях чувствительность и специфичность нейросетевого теста оказались выше, чем у логического метода. Авторы делают справедливый вывод, что в случаях, когда логический алгоритм решения задачи все-таки можно выстроить, разумно комбинировать в экспертных системах оба подхода.

Интерпретация ЭКГ с помощью нейросетей была применена для диагностики злокачественных желудочковых аритмий [5.26]. Трехслойная сеть с 230 входными синапсами была обучена на 190 пациентов (114 с хронической сердечной недостаточностью и 34 с дилатационной миокардиопатией) различать наличие (у 71 пациента) и отсутствие (у 119 пациентов) желудочковой тахикардии. Результаты тестирования сравнивались с логическим методом интерпретации данных. Показано, что нейросетевой тест обладает большей чувствительностью (73% по сравнению с 70 для логического метода) и специфичностью (83 и 59%).

Интересная работа описывает моделирование применения нейросетей для работы электрокардиостимуляторов (искусственных водителей ритма) [5.27]. Выпускаемые за рубежом электрокардиостимуляторы задают ритм не жестко, а в зависимости от исходного ритма, генерируемого синусовым узлом сердца. Например, если синусовый узел при какой-либо патологии генерирует недостаточное количество импульсов, водитель ритма компенсирует ритм. Таким образом, электрокардиостимулятор представляет собой систему вход -> преобразование -> выход, где входом является ритм синусового узла, выходом - собственный ритм электрокардиостимулятора, а преобразование осуществляется по заданному логическому алгоритму. Авторы смоделировали замену логического преобразователя нейронной



сеть, так как взаимоотношения между генерацией импульсов в синусовом узле и требуемым ритмом не линейны и применяемые алгоритмы на практике не всегда эффективны. Нейросеть, обученная на 27 здоровых людях в ситуациях с различной физической нагрузкой, показала гораздо лучшую способность задавать ритм, чем логический алгоритм, применяющийся в электрокардиостимуляторе.

Одной из самых сложных задач для нейросетей в практической медицине является обработка и распознавание сложных образов, например, рентгенограмм. В работе [5.28] описывается экспертная система интерпретации рентгенограмм груди у новорожденных с выбором одного и более диагнозов из 12.

REFERENCES

1. Akbarov D. E., Umarov S. A. Mathematical characteristics of application of logical operations and table substitution in cryptographic transformations //Scientific-technical journal. – 2021. – Т. 4. – №. 2. – С. 6-14.
2. Акбаров Д. Е., Умаров Ш. А. Алгоритм электронной цифровой подписи на основе композиции вычислительных сложностей: дискретного логарифмирования, разложения на простые множители и сложения точек эллиптической кривой //Автоматика и программная инженерия. – 2020. – №. 2 (32). – С. 29-33.
3. Умаров Ш. А., Умарова М. И. ПОНЯТИЕ О ДРЕВОВИДНЫХ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ //Интернаука. – 2021. – №. 5-1. – С. 9-12.
4. Guo P. et al. Surface self-reconstruction of telluride induced by in-situ cathodic electrochemical activation for enhanced water oxidation performance //Applied Catalysis B: Environmental. – 2022. – Т. 310. – С. 121355.
5. Тожибоев И. Т. Краевые задачи в специальной области для уравнения смешанного типа //Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2018. – №. 56. – С. 17-28.
6. Mirzapolatovich E. O., Eralievich T. A., Mavlonzhonovich M. M. Analysis of Static Characteristics Optoelectronic Level Converters Liquids and Gases Based on Hollow Light Guides //EUROPEAN JOURNAL OF INNOVATION IN NONFORMAL EDUCATION. – 2022. – Т. 2. – №. 6. – С. 29-31.