



OSTIS-2014

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.8.032.26

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ДИАГНОСТИКЕ ИШЕМИЧЕСКИХ АТАК

Головко В.А. *, Войцехович Г.Ю. *, Апанель Е.Н. **, Мастыкин А.С. **

** Брестский государственный технический университети,
г. Брест, Республика Беларусь*

gva@bstu.by
napster@tut.by

*** Научно-практический центр неврологии и нейрохирургии
г. Минск, Республика Беларусь*

apanel@rambler.ru
masmas2014@yandex.by

Приведено описание нейросетевой системы для прогнозной диагностики транзиторных ишемических атак (ТИА). Предлагаемый подход основан на интегрировании нелинейного метода главных компонент (NPCA) и многослойного персептрона (MLP). При совмещении двух различных по функциональному предназначению нейронных сетей (NPCA и MLP) можно получить эффективное прогнозирование возможного возникновения транзиторной ишемической атаки.

Ключевые слова: нейронные сети; транзиторные ишемические атаки; многослойный персептрон; система диагностики.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все больше возрастает тенденция проектирования систем искусственного интеллекта на основе нейронных сетей, искусственных иммунных систем, эволюционного программирования и других, биологически инспирированных подходов. Использование методов искусственного интеллекта широко применяется и в медицине. Каждый год в журналах появляется более 500 академических публикаций по применению искусственных нейронных сетей в медицинских приложениях [Paulo, 2006]. Согласно публикуемой литературе, искусственные нейронные сети являются эффективным средством для автоматической диагностики заболевания и помогают врачу принять адекватное решение. Медицинская диагностика является сложной задачей, которая зависит от квалификации доктора и поэтому во многих случаях очень субъективна.

Сложность также состоит в том, что заболевание, как правило, определяется большим числом факторов и симптомов. К сожалению,

медицинские работники очень часто не обладают достаточным опытом в диагностике многих заболеваний. Недостаточная квалификация медицинских работников увеличивает смертность среди пациентов. Так, например, диагностика транзиторных ишемических атак (ТИА) врачами первой помощи была правильной лишь в 30% случаев. В то время как автоматическая система поддержки принятия решений в медицинской диагностике позволяет повысить качество диагностирования и избавить врача от рутинной работы.

Для рассматриваемого класса заболеваний большое значение имеет оперативное обнаружение, позволяющее предотвратить катастрофическое развитие ситуации и помогающее доктору поставить адекватный диагноз. Задачи оперативного обнаружения транзиторных ишемических атак являются трудноформализуемыми, для них невозможно или очень сложно формализовать процесс принятия решений. Основным подходом в медицинских учреждениях для диагностики таких заболеваний является нейропсихологическое тестирование, которое зависит от квалификации

врача и очень часто приводит к неадекватному диагнозу.

Поэтому эффективным средством для автоматической диагностики таких заболеваний являются нейросетевые методы для обработки биомедицинских данных. Методы, основанные на искусственных нейронных сетях, являются подходящим средством для решения трудноформализуемых задач и, как будет показано ниже, позволяют повысить качество диагностирования и, соответственно, помочь врачу поставить адекватный диагноз.

Существуют различные методы диагностики ТИА: нейропсихологическое тестирование (neuropsychological testing), статистические подходы, методы искусственного интеллекта [Easton, 2009]. Основным подходом в медицинских учреждениях для первичной диагностики транзиторных ишемических атак (ТИА) является визуальная инспекция и нейропсихологическое тестирование, которые зависят от квалификации врача и очень часто приводят к неадекватному диагнозу. Так, например, диагностика транзиторных ишемических атак (ТИА) врачами первой помощи является корректной лишь в 30% случаев [McNeill, 2008]. Параметрами для диагностики являются тестирование речи (внезапное затруднение понимания речи), соматической чувствительности, вегетативные нарушения (внезапное появление односторонней слабости мускулатуры лица или конечностей) и т.д. Основным недостатком такого подхода является зависимость от квалификации врача и низкая точность первичной диагностики. Статистические подходы требуют наличия больших баз данных, что нередко является большим препятствием на пути создания системы диагностики. К методам искусственного интеллекта относятся нейронные сети, генетический алгоритм, нечеткая логика или их комбинации. Эти технологии характеризуются высокой точностью и менее требовательны к размеру базы данных в сравнении со статистическими алгоритмами. По этой причине методы искусственного интеллекта могут быть подходящим инструментом для диагностики и классификации подтипов ТИА. В данной статье для диагностики ТИА предлагается нейросетевая модель. Нейросетевые методы используются для уменьшения времени диагностики и числа ошибочных диагнозов, а также для помощи доктору в принятии решения. Эффективность предлагаемой нейросетевой модели в диагностике транзиторных ишемических атак иллюстрируется результатами экспериментов.

1. Существующие подходы

В настоящее время существует множество подходов для предварительной диагностики ТИА.

Один из статистических подходов для диагностики транзиторных ишемических атак описан в [Dawson, 2009]. Авторы применили

многомерную логистическую регрессию, используя ROC (receiver operating characteristic curves) анализ, для создания клинической системы диагностирования ТИА. Для этого была использована база данных из West Glasgow Stroke Registry, которая содержала информацию приблизительно о 225 000 пациентов. После регрессионного анализа были выделены 9 переменных с соответствующими коэффициентами регрессии: возраст, головные боли, двоение в глазах, обмороки, приступы, речевые нарушения, односторонняя слабость в конечностях, изменения на лице, история ТИА. Для вычисления критерия ТИА значения всех коэффициенты регрессии суммируются. При использовании ROC кривых ТИА идентифицировалась, если значение критерия превышало 6.1. Такая система правильно идентифицировала 85% пациентов с цереброваскулярными отклонениями и 54% с нецереброваскулярными. Основным недостатком такого подхода является необходимость иметь большую базу данных.

Нейронные сети в задаче диагностики ишемических заболеваний описываются в [Barnes, 2006]. Предлагаемые модели были разработаны для быстрой диагностики ТИА в соответствии со следующими выходными значениями: нормальное состояние, ТИА в левой сонной артерии, правой сонной артерии и др. Исходными данными являлись анкеты пациентов, в 6 секциях которых содержалась следующая информация: потеря или изменение речи, потеря зрения, зрительные двоения, нечувствительность или дрожь, паралич или слабость, головокружения или потеря равновесия. Каждый входной образ состоял из цифр 0 или 1 из анкеты. Для каждой секции анкеты использовался многослойный персептрон. Так, например, сеть для зрительных двоений состояла из 4 входных и 5 выходных нейронов. Три выхода соответствовали случаю “нет события” и оставшиеся 2 – удар (stroke) или ТИА.

В [Barnes, 2006] описывается пример применения генетического алгоритма для отбора признаков-предикторов с наиболее выраженным дифференциально-диагностическим потенциалом и последующей классификацией с помощью многослойного персептрона для прогнозирования тромбоэмболических инсультов. Архитектура нейронной сети состоит из 20 входных нейронов, 10 скрытых и 10 выходных нейронов. В качестве входных данных были использованы следующие параметры: гипертония, диабет, миокардит, холестерин в крови и др. Выходные нейроны отображают различные категории заболеваний: ТИА, левая гемиплегия, афазия, правая гемипарезия, дисфагия и квадриплегия. Точность прогнозирования составляет 78.52% на обучающей выборке и 90.61% – на тестовом множестве.

Рассмотренные выше подходы отличаются друг от друга используемыми входными и выходными данными, а также базами данных пациентов.

Поэтому трудно сравнивать эффективность различных подходов.

В следующих разделах рассматривается нейросетевая диагностическая система для предварительной диагностики ТИА. Эффективность предлагаемой нейросетевой системы для диагностики транзиторных ишемических атак иллюстрируется результатами экспериментов.

2. Исходные данные для прогнозной диагностики

В исследование были приняты следующие диагностические параметры (признаки-предикторы): возраст; пол; место жительства; смена места жительства за послед. 10 лет; аускультация сердца; метеозависимость; образование; профессия; особенности ночного сна; артериальная гипертензия; боли в области сердца; нарушения сердечного ритма; хрон. гастрит, язв. болезнь желудка; остеохондроз шейный; курение (возраст); снижение остроты зрения (время появления); головные боли; головные боли (время появления); головокружение; конфликты по работе и с администрацией; бессонница; наследствен. по патологии сосудов мозга; наследственность по другим заболеваниям; диастолическое давление; границы сердца; изменения на ЭКГ; хронический бронхит; хронический гепатохолецистит; почечнокаменная болезнь; употребление алкоголя; курение (количество); работоспособность; раздражительность повышенная; снижение памяти (степень); снижение памяти (время появления); снижение остроты зрения (степень); зрительные нарушения; смена профессии за последние 10 лет.

Здесь еще необходимо учитывать оптимальное необходимое и достаточное количество диагностических признаков для того, чтобы их излишнее количество не было бы слишком обременительной нагрузкой на врача в процессе обследования пациента.

Дифференциация прогнозных диагнозов осуществляется по четырем классам выходного вектора.

- Атеротромботический подтип ТИА.
- Кардиоэмболический.
- Гипертензивный
- ПРОЧИЕ – другие патологические состояния, нозологии по типу «не ТИА», включая состояние НОРМА.

3. Нейросетевая диагностическая система

Рассмотрим нейросетевую систему распознавания транзиторных ишемических атак. Данная система основывается на двух различных нейронных сетях. В качестве входного вектора выступают описанные выше 38 параметров, содержащие данные о пациенте. Выходными

данными нейросетевой системы является 4-х размерный вектор, где 3 выхода соответствуют подтипам ТИА и один – состоянию без ТИА. Обработка входных данных осуществляется в 2 этапа. Первый этап соответствует выделению наиболее информативных признаков (feature selection). Один из наиболее важных вопросов, касающихся входных данных, является следующий: какие входные параметры действительно полезны и оказывают наибольшее влияние на результат диагностики? Часто, в аналогичных системах для выделения наиболее информативных признаков используется генетический алгоритм. В данной работе для выделения наиболее значимой информации из исходных данных и уменьшения размерности входных данных предлагается использовать нейронную сеть нелинейного анализа главных компонент NPCA (Nonlinear Principal Component Analysis), с помощью которой входные 38-размерные векторы для каждого пациента преобразуются в 12-размерные выходные векторы. Они являются уже преобразованной, очищенной от «информационного шума», входной диагностической информацией для вычисления вероятностей по 4-м классам распознавания

На втором этапе обработки данных производится классификация ТИА. Сжатые на предыдущем шаге данные теперь уже содержат только необходимую информацию, взятую из исходного входного множества. По этой очищенной диагностической информации многослойным перцептроном (MLP) и осуществляется вычисление вероятностей классов распознавания, т.е. прогнозных диагнозов, дифференцированных по подтипам, и класса ПРОЧИЕ. Выходной слой перцептрона состоит из 4 нейронов: 3 для выдачи результатов вычислений по каждому подтипу ТИА, и один для состояния ПРОЧИЕ.

Таким образом, нейросетевая прогнозно-диагностическая система состоит из двух нейронных сетей: рециркуляционной нейронной сети нелинейного анализа главных компонент NPCA, вторая представляет собой многослойный перцептрон MLP.

4. Результаты экспериментальных исследований

Рассмотрим отображение входного пространства образов на плоскость двух первых главных компонент. На рис. 1 графически представлена классификационная картина разделения клинических случаев по подтипам ТИА с применением нелинейной NPCA. Из рисунка видно, что данные, принадлежащие разным типам атак, распределены по разным областям.

Отображение входного пространства образов для нормального состояния и транзиторных ишемических атак в трехмерном пространстве показано на рис. 2.

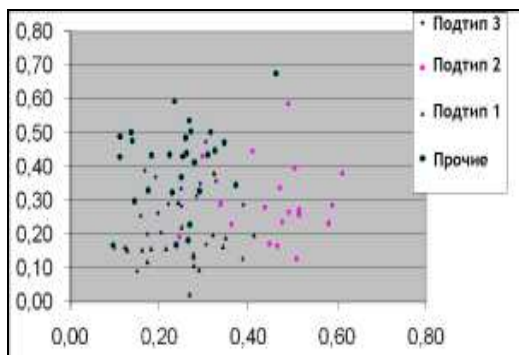


Рисунок 1 - Данные обработанные нелинейной NPCA

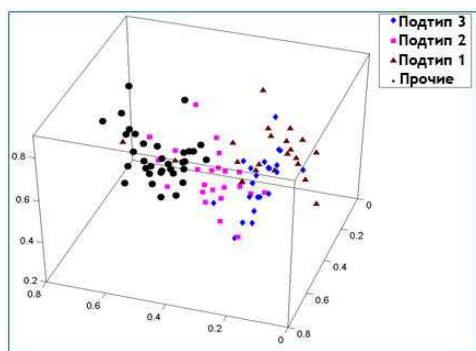


Рисунок 2 – Отображение входного пространства образов на 3 главные компоненты

На этих рисунках четко обозначена тенденция всех отдельных индивидуальных клинических случаев объединяться в кластеры по этиопатогенетическому принципу «ближайшего соседства».

Все пространство исходных образов разделено на 2 группы: обучающую и тестовую выборки. Точность распознавания составляет до 100% на обучающей выборке и 78% на тестовых образах (табл. 1).

Таблица 1. Точность распознавания

Число образов в обучающей выборке	Число образов в тестовой выборке	Точность распознавания на обучающей выборке	Точность распознавания на тестовой выборке
90	24	100%	78%

Заключение

В работе рассмотрен подход к построению системы классификации подтипов транзиторных ишемических атак, который базируется на нейросетевых технологиях. В основу положена идея представления входного пространства образов в виде главных компонент, для повышения качества обработки и скорости функционирования программы. Был предложен подход, основанный на интеграции нелинейной РНС и многослойного перцептрона. В целом, результаты показали, что возможности и потенциал систем, основанных на

связке рециркуляционной сети и многослойного перцептрона, достаточно велики. Поэтому, продолжая работу в этом направлении, можно ожидать улучшения основных показателей функционирования систем такого типа.

Главное преимущество использования нейросетевого подхода заключается в возможности распознавать новые ТИА, неиспользуемые в обучающей выборке, а также скорость работы.

Наиболее трудные моменты, которые выявились в ходе решения поставленной задачи:

- нечеткость входных множеств, т.е. отсутствие выраженных границ между рассматриваемыми классами атак;
- ограниченность исходных данных. С накоплением данных о новых пациентах, вероятно, процент правильного распознавания будет расти.

В любом случае цель разработанной системы диагностики – это предварительный достационарный анализ состояния пациента, базирующийся на легкодоступных анамнестических данных, получение которых не требует дорогих и времязатратных исследований. Система позволяет определить наиболее вероятный вектор развития патологии в кратчайшие сроки.

Таким образом, полученные прогнозно-диагностические данные дают возможность ориентироваться в упорядоченной симптоматике пациента уже при первом обследовании, что значительно уменьшает временной интервал между началом обследования пациента и назначением целевых этиотропных лечебно-профилактических мероприятий.

Библиографический список

- [Paulo, 2006] Paulo J. Lisboa, AzzamTaktak. The use of artificial neural networks in decision support in cancer: A systematic review, *Neural networks* 19 (2006), p. 408-415.
- [Easton, 2009] J. Easton et al. Definition and evaluation of transient ischemic attack. *Stroke* (Journal of the American Heart associations), 2009.
- [McNeill, 2008] A. McNeill. How Accurate Are Primary Care Referral Letters For Presumed Acute Stroke? *Scottish Medical Journal*, V. 53, № 4, 2008. p. 11-12.
- [Dawson, 2009] J. Dawson et al. A recognition tool for transient ischemic attack, *O J Med*, 192, p. 43-49, 2009.
- [Barnes, 2006] Barnes R., Toole J., Nelson J., Howard V, Neural networks for ischemic stroke, *Journal of stroke and cerebrovascular diseases*, Vol.15, No.5, p. 223-227, 2006.
- [Barnes, 2006] D. Shanthi, Dr.G. Sahoo, Dr.N. Saravanan. Input feature selection using hybrid neuro-genetic approach in the diagnosis of stroke disease, *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.8 No.12, December 2008, p.99-107.

In this work the neural network model for transient ischemic attacks (TIA) recognition is described. The proposed approach is based on integration of nonlinear principal component analysis (NPCA) neural network and multilayer perceptron (MLP). Combination of two different functional neural networks (NPCA and MLP) can be an effective way of transient ischemic attack diagnostics.