

ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА

Петренко Ю.М.

РНИМУ им. Пирогова, Москва, РФ, yury_petrenko@mail.ru

Успехи на пути развития интеллектуальных искусственных систем привлекают внимание все большего числа исследователей. В литературе появляются данные об их применении в разных сферах человеческой деятельности, включая медицину и биологию. Имеется уже и некоторая история по становлению и применению интеллектуальных искусственных систем, под которыми часто понимают искусственные нейронные сети или просто нейросети. Нейронные сети представляют собой нелинейные системы, которые способны лучше классифицировать данные, чем обычные статистические методы. Накапливается все больше примеров успешного их применения в диагностике различных тяжелых патологий, в частности инфаркта миокарда, легочных и онкологических заболеваний. Причем, в отношении последних с нейросетями ведутся интенсивные исследования на предмет выявления их прогностических возможностей [1]. В связи с изложенным, цель данной работы была посвящена решению указанной проблемы.

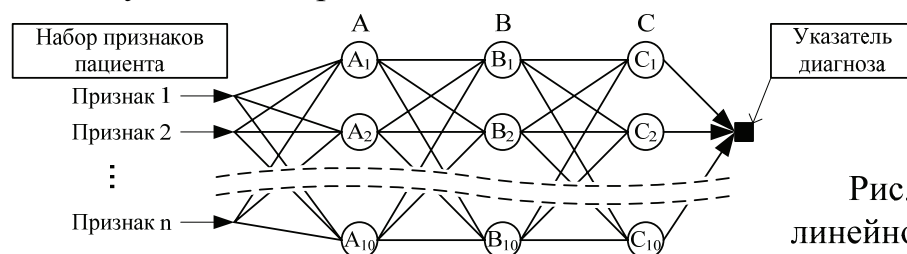


Рис.1. Схема линейной нейросети

В работе в качестве примера мы использовали упрощенный набор признаков данных от разных пациентов с легочной патологией, подразделяемых по диагнозу, тяжести состояния и по исходам, кодируемых числами в соответствии с их нумерацией. Формат данных с указанной кодировкой представлен и обсуждается в данной работе. Для нейросетевого анализа нами в ресурсной среде NeuroPro 0.25 была создана трёх-слойная нейросеть с десятью нейронами в каждом слое (представлена схематично на рис.1). Функции нейронов в этой среде константны (сигмоиды), связи же между нейронами меняются в процессе обучения нейросети в соответствии с описанием ресурсной среды и использовании данных в формате таблицы, причем, в качестве целеуказателей обучения

в ней выбирался необходимый столбец данных (например, диагноз), путем его обозначения органами управления данной среды. На первом этапе исследования нейросеть обучалась разделять пациентов по диагнозам легочной патологии. Строки в этой таблице выступают отдельными случаями (пациентами). После процедуры обучения в режиме уже тестирования нейросеть безошибочно распознала все случаи в плане их разделения на соответствующие диагностические классы.

Средства управления ресурса NeuroPro 0.25 позволяют оценивать значимость признаков, по которым обучилась нейросеть, и выводить информацию на визуализацию. При их анализе оказалось, что есть такие признаки, которые влияют на конечный результат в очень малой степени. Это указывает на то, что аналитическая нейросеть, созданная нами, по своей сущности избыточна. Существуют способы оптимизации такой избыточности, в частности, можно упростить саму нейросеть, что легко достигается средствами ресурса NeuroPro 0.25. Можно и по другому снижать избыточность, например, исключать из анализа малозначащие признаки. В поставленной задаче путем исключения из анализа малозначащих признаков и оставлении значимых была оптимизирована от избыточности нейросеть, не теряя своей безошибочности. Можно думать, что именно отобранные признаки наиболее информативны и несут в себе всю информацию о скрытых законах, связях, взаимосвязях, свойственных каждому состоянию легочной патологии. Что же касается исключенных признаков, то предполагается, что в них такое слабо выражено и имеет другой характер. Последнее утверждение представляет определенный интерес, ибо правомерен вопрос, а могут ли эти изолированные признаки сами по себе, будучи в отдельном ансамбле разделить все случаи по аналитическим классам. После процедуры обучения этой же нейросети по новым исходным данным и последующего тестирования ею всех данных получен интересный результат. Нейросеть полностью и абсолютно точно справилась с задачей разделения вариантов по диагностическим классам. Более того, как и для случая с использованием всего полного ансамбля признаков эта нейросеть тоже оказалась избыточной. Аналогичного типа результаты были получены и для случаев раздельной классификации нейросетями пациентов как по степеням тяжести состояний так и по исходам заболеваний.

Полученные результаты могут иметь отношение к патогенетическим аспектам данной патологии и, возможно, говорят, что признаки несут на себе печать дополнительного их смыслового содержания. Заметим, что избыточность здесь может рассматриваться как запас диагностической надежности нейросети, к чему, в конечном счете, и необходи-

мо стремиться. В то же время было установлено еще одно важное обстоятельство. При обучении оптимизированной нейросети одновременно сразу по трем критериям – диагнозу, степени тяжести и исходу – в режиме тестирования она осуществляла классификацию с ошибками, т.е. по каким-то пациентам она ошибалась либо с диагнозом, либо с состоянием, либо с исходом.

Так как по любому одному критерию обучения она безошибочно всё тестирует, напрашивается трёхзвенный вариант нейросети по схеме дублирования. Такая новая трехзвенная нейросеть не только безошибочно проводит полную классификацию, но и правильно классифицировала гипотетического или условного пациента по его данным, которые были сгенерированы как средние отдельных признаков от групп пациентов с одним и тем же диагнозом, состоянием и исходом. Полученные данные показывают, что диагностические и прогностические возможности нейросетевого анализа можно повышать за счет усложнения структуры нейросетей. Считается также, что больший потенциал повышения аналитических возможностей нейросети заложен в функции их нейронов. К сожалению, ресурс NeuroPro 0.25 не обладает способностью менять это свойство нейронов. В то же время существуют такие ресурсы, которые позволяют это делать, например, NeuroOffice, или NeuroModeler.

В данной работе представлены и обсуждены результаты, касающиеся применения более сложных нейросетей, создаваемых в указанных нейросетевых ресурсах. Эти результаты показывают, что диагностический потенциал нейросетевого анализа и его прогностические возможности существенны и заслуживают пристального внимания. Особо необходимо отметить, что новая технология в виде ресурса NeuroModeler представляется наиболее интересной в этом плане, ввиду того, что нейроны в ней являются по существу прообразами живых нейронов, т.е. наделены всеми их свойствами, естественно, в их формальном описании [2].

То, что в нейросетях заложена способность выявлять патогенетический смысл, содержащийся в признаках, то есть их патогенетическую содержательную составляющую, делает их особенно привлекательными и перспективными в плане применения в медицине и биологии.

Литература

1. Безруков Н.С., Ерёмин Е.Л. Построение и моделирование адаптивной нейро-нечеткой системы в задаче медицинской диагностики // Медицинская информатика. – 2005. – №2(10). – С. 36 – 46.

2. Бахшиев А.В., Романов С.П. Математическое моделирование процессов преобразования импульсных потоков в биологическом нейроне // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2009. – №3. – С. 71 – 80.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ФАГОЦИТИРУЮЩИХ КЛЕТОК *IN VITRO* И *IN VIVO*

**Петрова Е.А.¹, Терпинская Т.И.¹, Каратай Н.В.², Жавнерко Г.К.²,
Улащик В.С.¹**

¹ *Институт физиологии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
helena_iseu@mail.ru, biblio@fizio.bas-net.by*

² *Институт химии новых материалов НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
zhavn@icnm.bas-net.by*

Квантовые точки (КТ) представляют собой флуоресцентные полупроводниковые нанокристаллы и характеризуются значительно более высоким квантовым выходом, более высокой фотостабильностью по сравнению с традиционными флуоресцентными красителями, большим значением сдвига Стокса, а так же возможностью получать наночастицы с заданной длиной волны испускания, варьируя их размер. Более того, модификация поверхности позволяет получать КТ с заданными биологическими свойствами. Конъюгаты КТ с различными лигандами используются в качестве маркера в проточной цитофлуориметрии, флуоресцентной микроскопии, а так же в диффузионной флуоресцентной томографии. Одной из перспектив использования КТ является маркирование опухолей и, в том числе, опухоль-ассоциированных клеток иммунной системы *in vivo* [1]. Ранее было показано, что покрытые цистеином КТ могут быть использованы для маркировки мезенхимальных стромальных клеток [2].

Целью данной работы была оценка возможности использования КТ, функционализированных цистеином, для визуализации клеток иммунной системы мышей-опухоленосителей.

Материалы и методы. Гидрофильные КТ в органической оболочке из цистеина получали в Институте химии новых материалов НАН Беларуси. Ядра КТ (CdSe/ZnS), синтезированные в БГУ согласно [3, 4], имели максимум флуоресценции на длине волны 555 нм.

Клетки перитонеального смыва (ПС), селезенки и костного мозга (КМ) получали от мышей линии Af, носителей карциномы Эрлиха (КЭ)).