

Оценка риска серьезных заболеваний у недоношенных новорожденных с помощью нейронных сетей

Хассанин Хатем Мохамед Абдель Максуд

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Hatem@tpu.ru

В современном мире, очень остро стоит вопрос принятия «правильных» взвешенных решений в любой области деятельности. В зависимости от входных данных, информации, мы делаем различные прогнозы дальнейшего развития событий. Мы решаем задачи, связанные с прогнозом на развитие ситуации каждый день. Но очень часто людям приходится решать более важные задачи, где от принятого решения зависит благополучие других людей.

Примером такой ситуации является прогнозирование риска возникновения различных заболеваний у недоношенных новорожденных. В данной ситуации, врачи используют статистические данные, которые показывают степень риска для таких детей, в зависимости от входных данных (срок, вес, наследственные заболевания), а также свой профессиональный опыт. Имея данную информацию, врач может сделать предположение о развитии какой-либо болезни и принять соответствующие меры. Однако, в данной ситуации, врач должен оперировать большим количеством входных данных. Многие, из которых, могут быть не учтены или важность их может быть проигнорирована. Поэтому, очень важно иметь вспомогательный инструмент для оценки рисков, который мог бы манипулировать большим объемом данных и мог строить достаточно точный прогноз.

В последние годы, большое развитие получили «интеллектуальные» системы вычислений, или как их еще называют системы с «искусственным интеллектом». Работа данных систем основана на предварительном обучении, в результате которого, мы получаем универсальный «решатель». Наиболее популярными системами с искусственным интеллектом являются нейронные сети. По сути своей работы они очень схожи с работой головного мозга человека. Конечно, устройство такой сети гораздо более простое, чем человеческий мозг, однако создав и обучив нейронную сеть, человек может возложить на нее решение части задач.

Ключевые слова: искусственным интеллектом, недоношенных новорожденных, Гестационный возраст, Шкала Апгар, Эндокринные заболевания, Острые инфекционные заболевания, болезней у недоношенных детей, нейронную сеть, риск заболевания новорожденным.

В данной работе, мы будем строить нейронную сеть, которая могла бы стать вспомогательным инструментом для оценки риска у недоношенных детей. Для этого, нам необходимо будет выбрать параметры, которые влияют на вероятность возникновения заболевания у новорожденного. После этого, мы опишем и построим нейронную сеть, результатом работы которой будет являться вероятность возникновения риска заболевания у ребенка. Недоношенный ребёнок — ребёнок, родившийся при сроке менее 37 полных недель, то есть до 260 дня беременности.

Недоношенный ребёнок требует пристального внимания, так как в процессе его выхаживания нередко возникает ряд проблем. Прежде всего это относится к детям, родившимся с массой тела 1500 г и меньше («глубоконедоношенные», с очень низкой массой тела) и, особенно менее 1000 г («экстремально недоношенные», с экстремально низкой массой тела). Следует помнить, что разделение на степени недоношенности с учётом весовых параметров не всегда соответствует истинному концептуальному возрасту ребёнка. Данный способ классификации используется для стандартизации лечения и наблюдения, для нужд статистики. В практике, помимо этого, необходимо учитывать более широкий спектр позиций для оценки действительного возраста ребёнка [1].

Способность ребёнка выжить после рождения напрямую зависит от того, сколько недель он развивался в утробе матери ещё будучи плодом и на сколько его органы развиты, чтобы поддерживать жизнь плода вне матки. Не существует чёткой планки, определяющей с какого момента плод сможет выжить после рождения, так как плод с низким весом, испытывающий проблемы с ростом и развитием из-за осложнений беременности и ведения нездорового образа жизни матери заведомо имеет меньше шансов выжить самостоятельно. Однако по статистике с 2003 по 2005 год, дети, 20-35% из родившиеся на сроке 23 недели беременности при должном врачебном уходе выживали. Если роды происходили на 24 и 25 неделе, то выживаемость составляла 50-70%, а на 26 и 27 неделях — свыше 90%. Таким образом, порог выживаемости плода принято считать 22 недель, с начала которой шанс выживаемости повышается на 3-4% с каждым следующим днём и 2-3% с каждым днём после 24 недели. После 26 недель жизнеспособность плода при врачебном уходе считается уже высокой [2].

Таким образом, разработав нейронную сеть, мы могли бы прогнозировать вероятность риска развития того или иного заболевания у ребенка. Теперь нам необходимо выделить основные параметры, которые влияют на риск возникновения какого либо заболевания.

1. Гестационный возраст – является определяющим параметром для прогноза. Выделяют 4 степени недоношенности[3]:

- 35-37 недель
- 32 – 34 недели
- 29 – 31 недели
- 28 и менее.

2. Следующий параметр, влияющий на прогноз – это вес новорожденного, выделяют следующие категории[4]:

- Крайне низкая масса тела при рождении – до 1000 гр.
- Очень низкая масса тела при рождении – от 1000 гр. до 1499 гр.
- Низкая масса тела при рождении – от 1500 гр. до 2499 гр.

3. Оценка следующего параметра крайне важна, она показывает, насколько жизнеспособен новорожденный на первых 5 минутах жизни. Апгáр, Шкалá Апгáр — система быстрой оценки состояния новорождённого. Шкала предполагает суммарный анализ пяти критериев, каждый из которых оценивается целочисленно в баллах от 0 до 2 включительно. Результат оценки может быть в диапазоне от 0 до 10. Пять критериев для оценки по шкале Апгар[5]:

- 1.Окраска кожного покрова
2. Частота сердечных сокращений.
3. Рефлекторная возбудимость.
4. Мышечный тонус.
5. Дыхание.

4. Очень важным показателем для оценки риска возникновения заболевания недоношенного новорожденного, является причина, вызвавшая преждевременные роды. Выделяют несколько основных причин[6]:

- Инфантилизм половых органов, особенно в сочетании с гормональными расстройствами.
- Предшествующий аборт
- Соматические заболевания матери: ревматизм, ревматический порок сердца, пиелонефрит и т.д.
- Эндокринные заболевания (функциональная недостаточность яичников, сахарный диабет)
- Острые инфекционные заболевания.

5. К не менее важным параметрам можно отнести следующие показатели[7]:

- Rh – Отрицательная принадлежность крови матери
- Гипоксия, асфиксия
- Близнецы
- ЗПК
- Кесарево сечение, кровотечение
- Прием матерью некоторых медикаментов

Здесь мы выделили основные группы показателей, которые оказывают влияние на степень риска развития различных заболеваний у новорожденного. Таким образом, для получения прогноза, нам необходимо будет собрать полную информацию о недоношенных новорожденных, используя вопросник приведенный выше.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) — математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма. Это понятие возникло при изучении процессов, протекающих в мозге, и при попытке смоделировать эти процессы. Первой такой попыткой были нейронные сети У. Маккалока и У. Питтса. После разработки алгоритмов обучения получаемые модели стали использовать в практических целях: в задачах прогнозирования, для распознавания образов, в задачах управления и др. [8].

Базовая искусственная модель

Мы будем использовать нейронную сеть для оценки риска различных заболеваний у недоношенных новорожденных. Как у любого математического алгоритма, нейронная сеть имеет входные параметры и выходные. На вход нейронной сети мы будем подавать так называемый вектор признаков.

Вектор (матрица-строка), каждый элемент которого представляет собой значение признака (атрибута, показателя) исследуемого объекта или процесса. Образуется точку в многомерном пространстве признаков.

Система координат, каждое измерение которой образовано определенным признаком (атрибутом) объекта или наблюдения, а по осям откладываются значения признаков (атрибутов). Тогда каждый объект или наблюдение могут быть представлены точкой в многомерном пространстве, положение которой будет определяться набором значений его признаков. Каждая такая точка называется многомерным вектором.

В предыдущем разделе, мы определили, что определяющими факторами в развитии болезней у недоношенных детей являются некоторые показатели. Эти показатели и будут являться признаками. Для того, чтобы правильно записать вектор признаков, определим следующее правило. Каждая конкретная позиция в векторе признаков соответствует определенному фактору. Таким образом, распределим позиции следующим образом [9]:

1. Степень недоношенности
2. Категория веса у новорожденного ребенка
3. Оценка по шкале Апгара
4. Наличие аборт
5. Эндокринные заболевания (функциональная недостаточность яичников, сахарный диабет). Острые инфекционные заболевания
6. Rh – Отрицательная принадлежность крови матери
7. Гипоксия, асфиксия, кесарево сечение, кровотечение

Таким образом, мы построили вектор признаков размером 7. Теперь нам необходимо определить выходное множество. В нашем случае, выходным множеством будет служить n -мерный вектор. Данный вектор характеризует риск заболевания новорожденным тем или иным заболеванием. Необходимо определить количество болезней или исходов[10].

1. Высокая вероятность смерти
2. Риск ВУИ
3. Риск ГБН
4. Риск гипогликемии
5. Риск СДР
6. Риск геморрагического синдрома
7. Риск гипербилирубинемии

Таким образом, у нас получился вектор размером 7. То есть, выходное множество можно представить себе как 7 различных множеств, которые могут пересекаться.

Рассмотрим работу нейронной сети на примере разбиения точек пространства на несколько подмножеств. Представим себе, что мы имеем несколько различных точек в n -мерном пространстве.

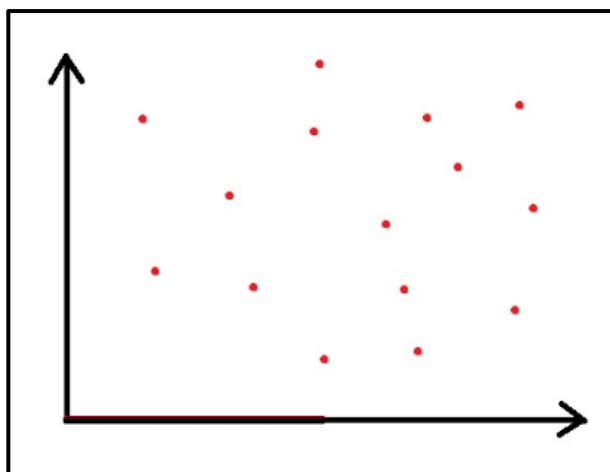


Рис. 1. Точки в двумерном пространстве

Наша задача сводится к тому, чтобы разбить все пространство на различные подпространства. Любая точка пространства относится к одному или нескольким таким множествам

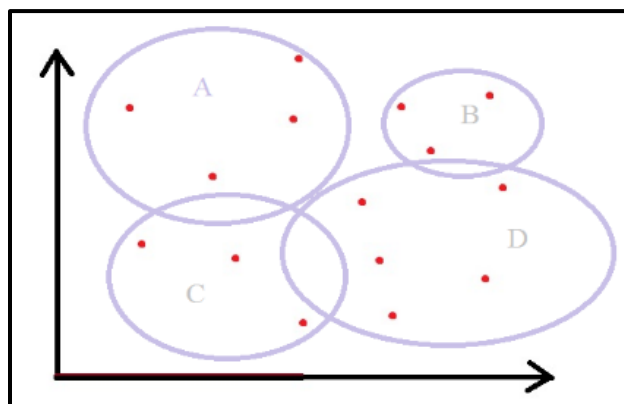


Рис. 2. Разбиение пространства на несколько подпространств

Таким образом, задача нейронной сети, по входным данным разбить все множество признаков на несколько подмножеств. Выше мы описали задачу в общем виде. Теперь нам необходимо определить тип нейронной сети, которую мы будем использовать для решения нашей задачи. Для упрощения мы будем считать, что выходной вектор может состоять из множества значений равных $\{1;0\}$. Единица, будет указывать, что риск заболевания существует, 0 - будет говорить о том, что риск данного заболевания отсутствует. Здесь следует понимать, что позиция в выходном векторе характеризует определенное заболевание. Для разработки нейронной сети будем использовать среду программирования Matlab 2010b.

Как мы уже отметили выше, входной вектор будет иметь размер равный 7. Такого же размера будет и выходной вектор. В этом случае, мы можем использовать двухслойный нейронную сеть. Это значит, что каждому входному параметру будет соответствовать один нейрон. Который затем передаст на выход выходной сигнал. В процессе обучения, сеть «научится» передавать заданные сигналы к необходимым выходам.

В среде Matlab мы будем использовать графический интерфейс. Для его запуска нам необходимо сначала запустить среду разработки Matlab, далее в командной строке надо набрать команду `nntool`. Запустится следующий графический интерфейс [3].

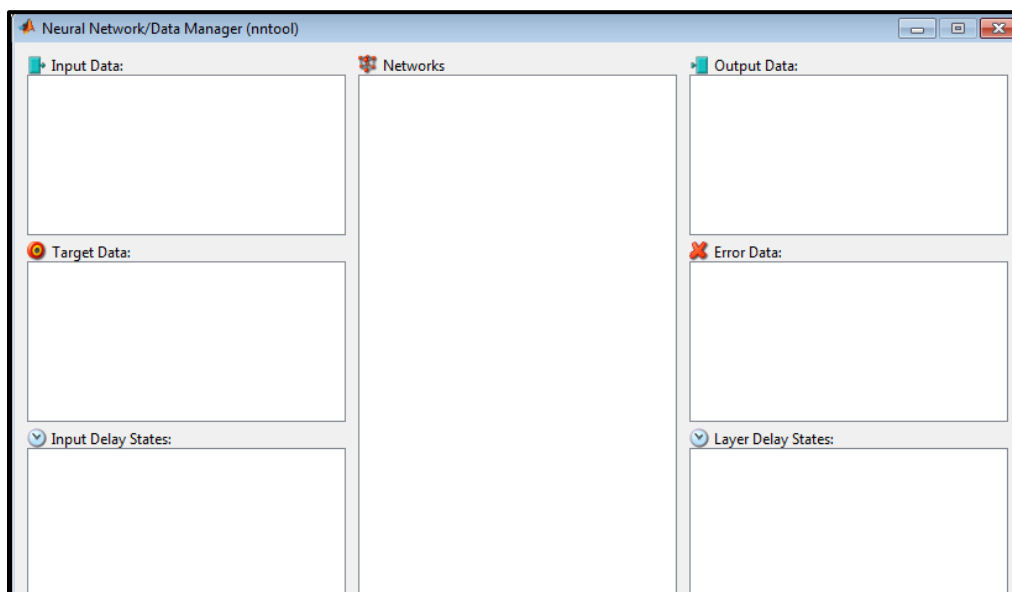


Рис. 3. Графический интерфейс

Теперь нам необходимо задать входные и выходные данные. Например, мы хотим научить сеть определять риск высокой смертности среди недоношенных новорожденных. Данному критерию отвечает выходной вектор $\{1,0,0,0,0,0,0\}$. Входными векторами для данного выходного вектора будет следующий набор векторов:

1. $\{4,1,5,1,0,0,0\}$
2. $\{3,1,6,0,1,0,0\}$
3. $\{3,2,4,1,1,0,0\}$
4. $\{4,1,3,1,1,0,0\}$
5. $\{3,1,6,1,1,1,1\}$
6. $\{4,2,6,1,0,0,1\}$
7. $\{3,1,5,0,0,1,0\}$

Как мы видим, по статистике, дети имеющие очень маленький вес при рождении, а также рожденные на ранних стадиях гестации, имеют высокую вероятность смертности.

Теперь введем указанные данные в память сети. Для этого нажмем на кнопку “New”.

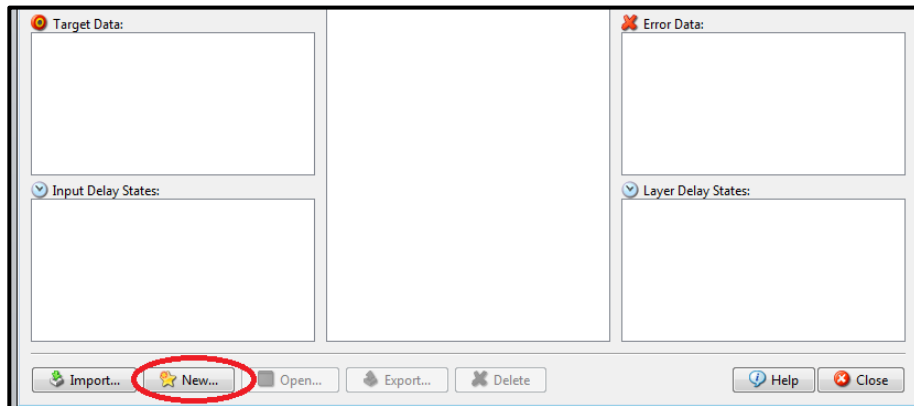


Рис. 4. Создать новую нейронную сеть

Откроется окно для создания новой нейронной сети и для ввода данных. Для начала введем входные и выходные данные. Для этого перейдем на вкладку «Data».

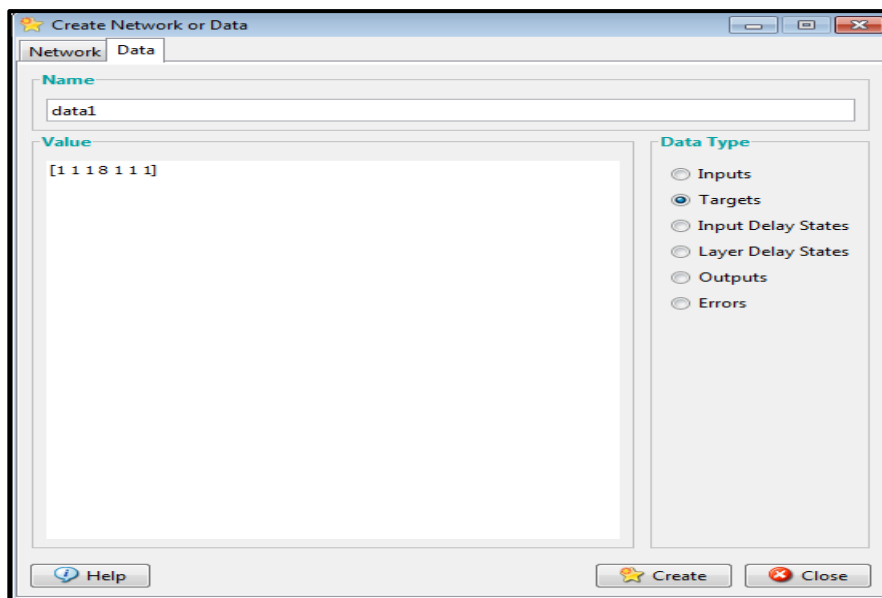
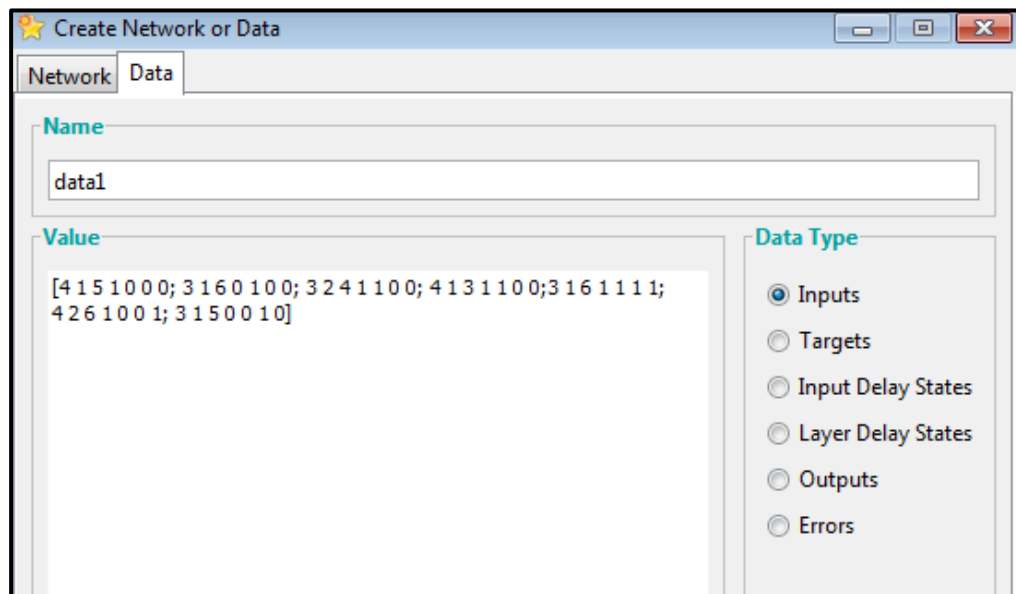


Рис. 5. Интерфейс для ввода данных

Теперь введем данные. Входными «Input» векторами будут нам служить 7 векторов приведенные выше.

Данные необходимо вводить в следующем формате:



Create Network or Data

Network Data

Name

data1

Value

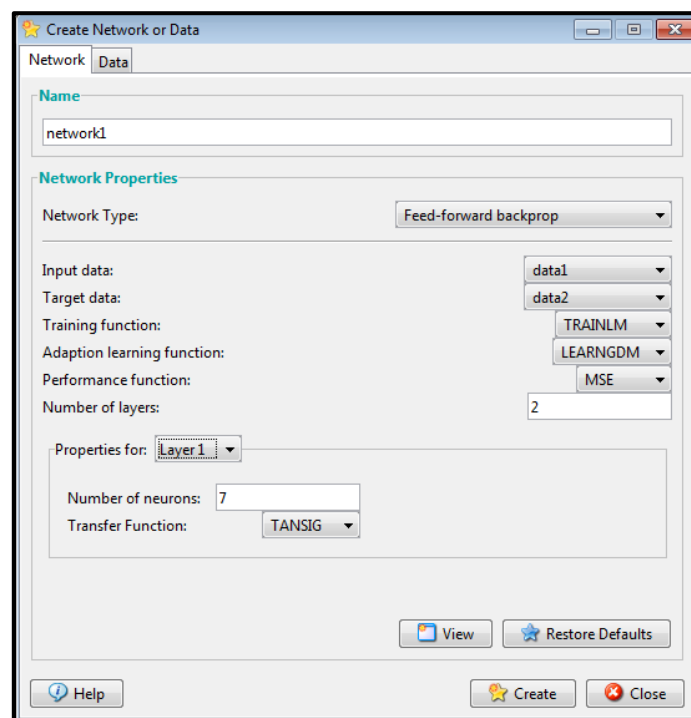
[4 1 5 1 0 0 0; 3 1 6 0 1 0 0; 3 2 4 1 1 0 0; 4 1 3 1 1 0 0; 3 1 6 1 1 1 1; 4 2 6 1 0 0 1; 3 1 5 0 0 1 0]

Data Type

- ☒ Inputs
- ☐ Targets
- ☐ Input Delay States
- ☐ Layer Delay States
- ☐ Outputs
- ☐ Errors

Рис. 6. Входная матрица

Аналогичным образом введем выходной вектор, указав его тип как «Targets». Теперь создадим новую нейронную сеть. Перейдем на вкладку «Network». Выберем тип сети: «Feed-forward backprop». Выберем в качестве входных и выходных данных, данные введенные ранее. Укажем, что сеть будет двухслойной. Количество нейронов укажем равное 7.



Create Network or Data

Network Data

Name

network1

Network Properties

Network Type: Feed-forward backprop

Input data: data1

Target data: data2

Training function: TRAINLM

Adaption learning function: LEARNGDM

Performance function: MSE

Number of layers: 2

Properties for: Layer 1

Number of neurons: 7

Transfer Function: TANSIG

View Restore Defaults

Help Create Close

Рис. 7. Создание новой нейронной сети

Теперь аналогичным образом создадим входной вектор для тестирования. Назовем его как «data3». Примем его равным $\{1,1,8,0,0,0,0\}$ – то есть рассмотрим вероятность смертности для здорового доношенного ребенка. Для начала обучим нашу сеть. Для этого откроем ее.

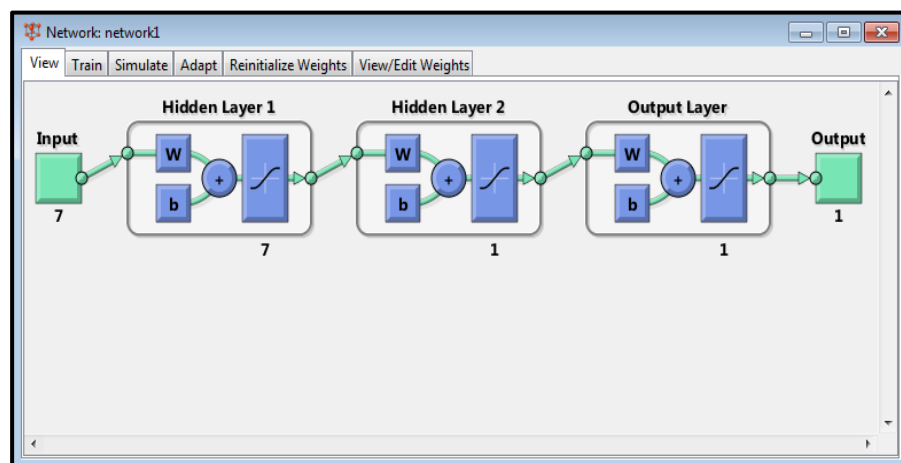


Рис 8. Схематическое представление сети

Здесь мы видим схематичное изображение построенной нами сети. Теперь перейдем на вкладку «Train» и обучим сеть.

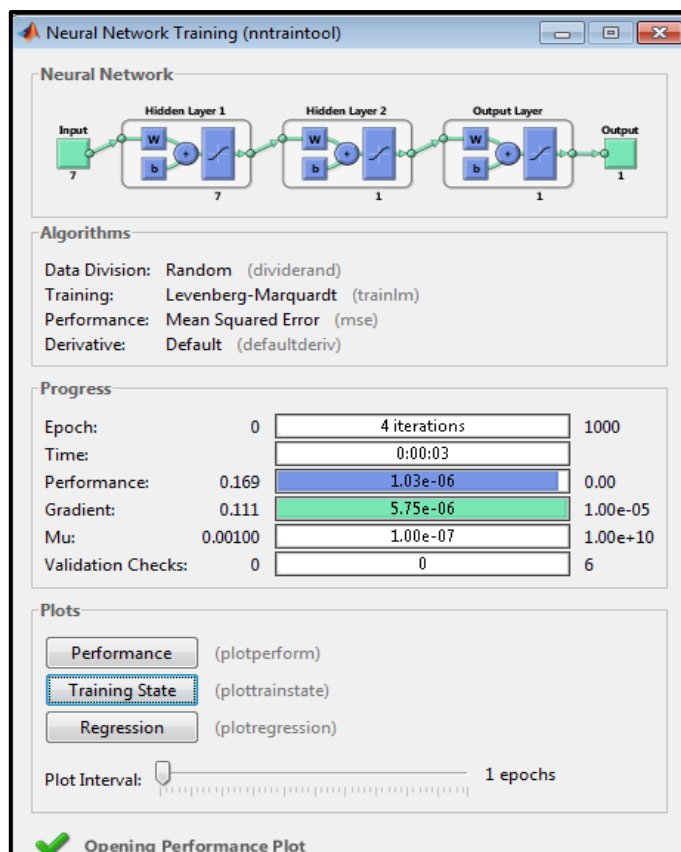


Рис 9. Процесс обучения

После обучения сети, мы можем видеть различную статистику обучения. Например, мы можем просмотреть данные по обучению в виде графика. Теперь перейдем на вкладку «Simulate» и протестируем нашу сеть.

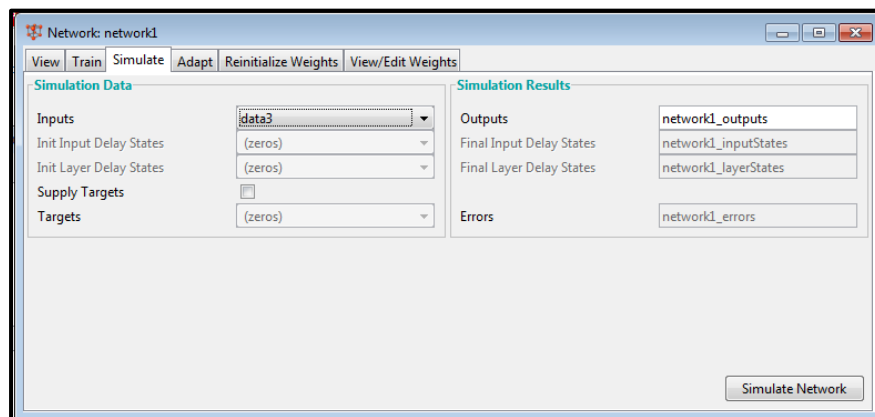


Рис 10. Прогнозирование

В качестве входного вектора укажем данные «data3». В итоге мы можем увидеть следующий результат:

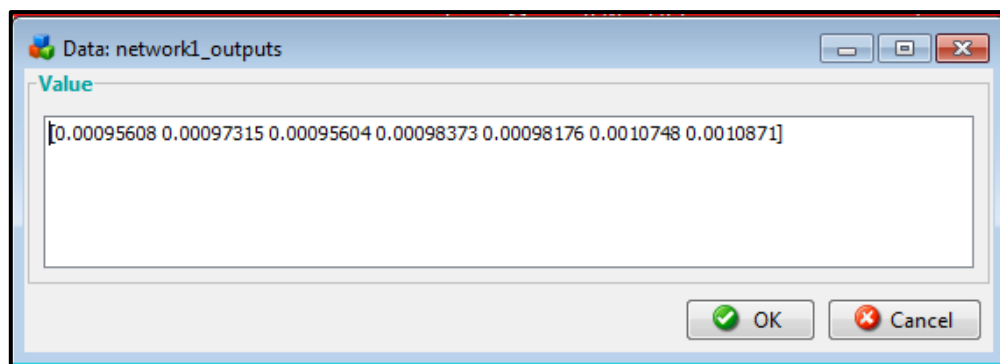


Рис 11. Прогноз рисков

Как мы видим, мы получили вектор значений. Учитывая характеристики, мы можем сказать, что у новорожденного с характеристиками, приведенными выше почти нет рисков получить какое либо заболевание.

Таким образом, мы разработали нейронную сеть, которая учитывая некоторый вектор характеристик может прогнозировать риски для недоношенных новорожденных.

Заключение

Конечно, в данной работе мы разработали достаточно примитивную нейронную сеть, состоящую всего двух слоев. Такая сеть, может работать с не большим количеством входных данных, не учитывая достаточно много второстепенных факторов. Однако, даже такая сеть может с высокой вероятностью может прогнозировать риски.

Список использованных источников

1. Портал для родителей «Затылёнка», г. Красноярск. (2013), URL: http://www.zatylenka.ru/articles/zdorovie_rebenka_1/post-152/?age_filter=2.
2. Кирилл Матвеев, Газета «аргументы и факты» (2014) URL: <http://www.aif.ru/health/children/1088479>.
3. Matlab exponent. URL: <http://matlab.ru/products/neural-network-toolbox>.
4. Губарева Г.Н., Кириенко О.С., МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА для студентов v курса педиатрического факультета по проведению практического занятия по разделу «неонатология», тема занятия: «недоношенные дети. Выхаживание и вскармливание недоношенных детей с различной массой тела в родильном доме и на втором этапе выхаживания», Ставрополь, 2015 г.
5. Детские болезни: учебное пособие с комп. - диском / под ред. А.А. Баранова. 2-е изд. – М., 2007 – 1008 с.
6. Диана Руденко, Портал посвященный новорожденным (2017), URL: <http://nashidetki.net/ukhod-za-novorozhdennym/nedonoshennye-deti.html>.
7. Медицинский портал о здоровье детей - Красота и медицина (2017) URL: <http://www.krasotaimedicina.ru/diseases/children/premature-babies>.
8. Электронный учебник по статистике. Москва, StatSoft, Inc. (2012). URL: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stneunet.html>.
9. Медицинский портал о здоровье EUROLAB. URL: <http://www.eurolab.ua/child/2303/17430/>
10. Г.А. Шишко, Т.В. Гнедько, И.Б. Дзикович, Н.С. Богданович, Инструкция «выхаживание новорожденных детей с экстремально низкой массой тела при рождении» - министерство здравоохранения республики беларусь, 2004 г., С. 3-18.

EVALUATE RISK SERIOUS DISEASES FOR PRETERM NEWBORNS USING NEURAL NETWORKS

Hassanin Hatem Mohamed Abdel Maksoud

National research Tomsk polytechnic university, Tomsk, Russia

E-mail: Hatem@tpu.ru

In the modern world, the issue of making "right" balanced decisions in any field of activity is very acute. Depending on the input data, information, we assess the further development of events. We solve the problems associated with the forecast for the development of the situation every day. However, very often people have to solve more important tasks, where the welfare of other people depends on the decision made.

An example of such a situation is the prediction of the risk of various diseases in preterm infants. In this situation, doctors use statistical data that show the degree of risk for such children, depending on the input data (term, weight, hereditary diseases), as well as their professional experience. Having this information, a doctor can make an assumption about the development of a disease and respond appropriately. However, in this situation, the doctor must handle a large number of input data. Many, of which, may not be taken into account or the importance of them can be ignored. Therefore, it is very important to have an auxiliary tool for risk assessment that could manipulate a large amount of data and could build a fairly accurate assessment.

In recent years, a large development has been done with a great deal in the field of "intelligent" systems technology, or as they are also called artificial intelligence systems. The work of these systems is based on preliminary training in order to get a universal "solver". The most popular systems with artificial intelligence are neural networks.

In essence, they are very similar to the work of the human brain. Of course, the design of such a network is much simpler than the human brain, but by creating and teaching a neural network, a person can assign a part of the task using these neural networks.

Keywords: artificial intelligence, premature newborns, Gestational age, Apgar Scale, Endocrine diseases, acute infectious diseases, diseases in premature infants, neural network, risk of disease to the newborn.

References

1. Portal for parents "Zatylenko", Krasnoyarsk. (2013), URL: http://www.zatylenka.ru/articles/zdorovie_rebenka_1/post-152/?age_filter=2.
2. Cyril Matveyev, The newspaper "arguments and facts" (2014), URL: <http://www.aif.ru/health/children/1088479>.
3. Matlab exponent. URL: <http://matlab.ru/products/neural-network-toolbox>.
4. Gubareva G.N., Kirienko O.S., METHODOICAL DEVELOPMENT for the students of the fifth course Pediatric faculty related to practical lesson on «Neonatology», the theme of the lesson: "premature babies. Nursing and feeding premature babies with different body weight in the maternity hospital and in the second stage Nursing ", Stavropol, (2015).
5. Childhood Illnesses: A Training Manual with Comp. - disc / ed. A.A. Baranova. 2 nd ed.– M., 2007 – 1008 c.
6. Diana Rudenko, Portal dedicated to newborns (2017), URL: <http://nashidetki.net/ukhod-za-novorozhdennym/nedonoshennye-deti.html>.
7. Medical portal about children's health - Beauty and Medicine ,(2017), URL: <http://www.krasotaimedicina.ru/diseases/children/premature-babies>.
8. Electronic textbook on statistics. Moscow, Stat Soft, Inc. (2012). URL: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stneunet.html>.
9. Medical portal about health EUROLAB. URL: <http://www.eurolab.ua/child/2303/17430/>
10. G.A. Shishko, T.V. Gnedko, I.B. Dzikovich, N.S. Bogdanovich, Instruction «Nursing infants with extremely low birth weight» – Ministry of Health Care, Republic of Belarus, (2004), pp. 3-18.

Рецензенты:

- Берестнева Ольга Григорьевна, д.т.н., профессор, Профессор каф. Программной Инженерии, Института кибернетики ТПУ, 634028, г. Томск, Проспект Ленина, дом 30, Тел. (3822)60-61-38