

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Парпара О.С., группа АСУ-016

Руководитель доц. каф. АСУ Орлов Ю.К.

Прогнозирование инфекционной заболеваемости необходимо, прежде всего, для обоснования системы мероприятий по профилактике инфекций. В зависимости от уровня научной разработки проблемы и возможностей реализации рекомендаций в конкретных условиях цели проведения профилактических мероприятий могут изменяться в широких пределах — от стабилизации заболеваемости даже на относительно высоком уровне до неуклонного ее снижения и ликвидации отдельных инфекций на обслуживаемой территории или среди обслуживаемых контингентов населения.[1]

Особенно важным решение проблемы разработки мероприятий по профилактике инфекционной заболеваемости является в нашем регионе, учитывая его специфику: высокая концентрация промышленных предприятий, сложная экологическая обстановка, негативно сказывающаяся на здоровье населения.

Решение задачи прогнозирования инфекционной заболеваемости также может быть необходимо для фармацевтических предприятий для оценки уровня спроса на определенные группы медицинских препаратов.

Разработкой плана мероприятий по профилактике инфекционной заболеваемости занимаются государственные санитарно-эпидемиологические станции на всех уровнях. Сюда входит учет и обработка оперативной информации, обработка полученных статистических данных за определенный период, принятый решений о методах профилактики на будущий период.

На предприятие поступает первичное экстренное извещение, содержащее информацию о заболевании. Первичное извещение поступает по средствам телефонной связи от врача ЛПУ, выявившего данный случай заболевания. Извещение принимает врач-эпидемиолог, работающий в эпидемиологическом отделе или дежурный врач, если извещение поступает в нерабочий или праздничный день. Эти входные данные обрабатываются и вносятся в БД. Далее по прошествии некоторого времени на предприятие по средствам почты или другим путем, может поступить подверженное экстренное извещение, которое содержит информацию об установленном диагнозе. По данным, содержащимся в экстренных извещениях, проводятся противоэпидемические мероприятия, информация о которых также заносится в БД.

Для построения прогноза будем использовать обработанные данные за месяц, при этом будем учитывать информацию о числе заболевших для данного заболевания, территории на которых были зарегистрированы данные случаи, и группы организованности населения, к которым относятся заболевшие.

Использование стандартных статистических методов решения поставленной задачи, основанных на анализе временных рядов, не позволяет отследить связи между параметрами и основывается только на данных самого временного ряда. Поэтому для прогнозирования было решено использовать систему, основанную на нейронной сети (НС).

Для решения данной задачи предлагается использовать слоистую НС с прямыми связями и имеющую два скрытых слоя нейронов. Для обучения сети будет использован оптимизированный алгоритм обратного распространения с использованием момента.

Опишем структуру сети, которая представлена на рис. 1. Во входном слое сети содержится 17 нейронов. Нейроны  $m_1, m_2, \dots, m_{12}$  — соответствуют уровню заболеваемости по месяцам, на вход нейрона  $y$  — подается значение года,  $t$  — соответствует территории, уровень заболеваемости на которой необходимо спрогнозировать,  $org$  — группа организованности населения, для

которой выполняется прогнозирование,  $z$  — соответствует заболеванию. На вход нейрона  $pr\_y$  — будет подаваться уровень заболеваемости за аналогичный текущий месяц предыдущего года. Это необходимо для улучшения качества прогнозирования. Сеть содержит два скрытых слоя, в каждом из которых содержится по 17 нейронов, в выходном слое — 12 нейронов, что соответствует месяцам, сдвинутым на один шаг.

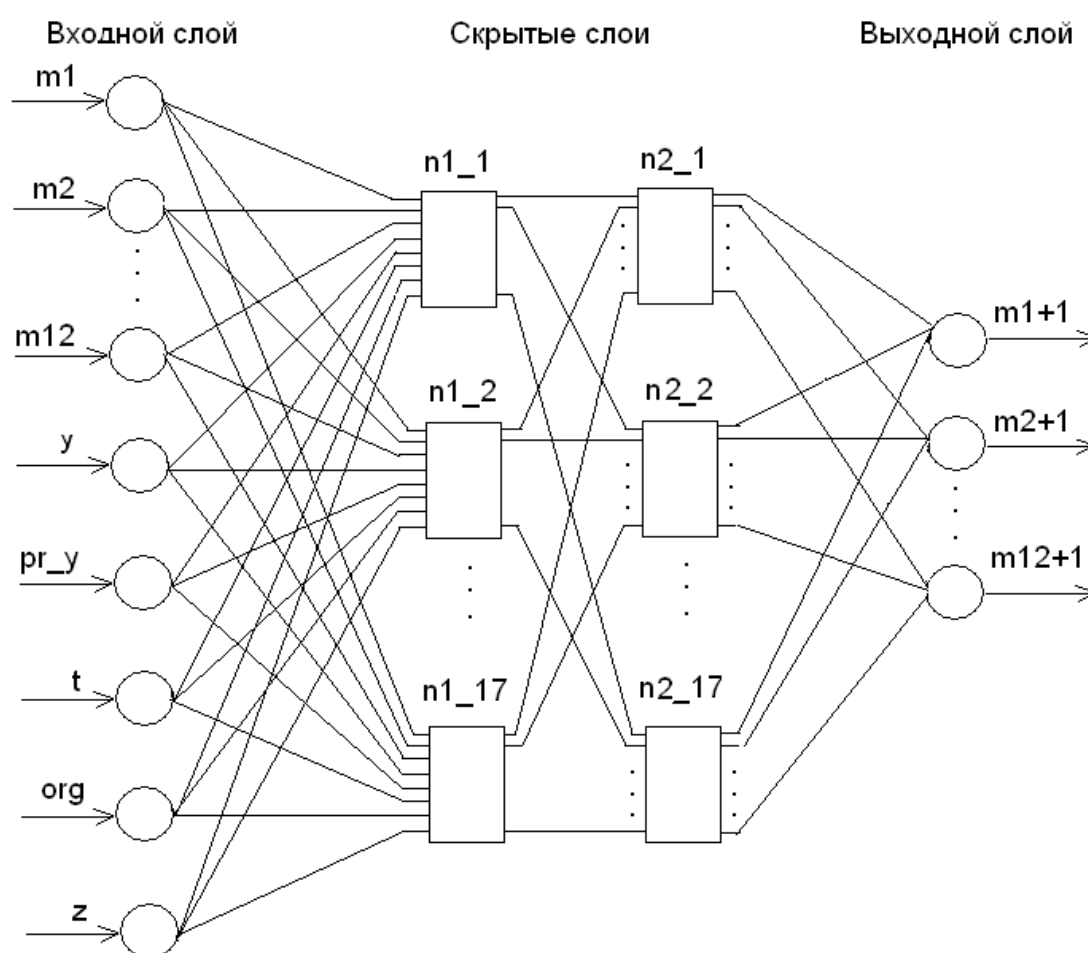


Рисунок 1 — Структура нейронной сети

Для прогнозирования было решено использовать скользящее окно, длина которого изменялась в ходе экспериментов. При этом на входы нейронов подаются данные обо всех заболеваниях, попавшие в окно на данном этапе обучения, а выходные значения используются для прогнозирования количества

заболевших в следующем месяце. Размерность окна может меняться в ходе процесса обучения. Если установить размер скользящего окна в четыре месяца, то это означает, что для прогнозирования количества заболевших в текущем месяце используются данные об объеме заболевания за 4 предыдущих месяца [2].

Вся входная информация, необходимая для прогнозирования инфекционной заболеваемости содержится в базе данных, в которую поступает оперативная информация об уровне инфекционной заболеваемости в виде экстренных извещений.

В общем случае задача обучения НС сводится к нахождению некой функциональной зависимости  $y = f(x)$  где  $x$  — входной, а  $y$  — выходной векторы. В общем случае такая задача, при ограниченном наборе входных данных, имеет бесконечное множество решений. Для ограничения пространства поиска при обучении ставится задача минимизации целевой функции ошибки НС, которая находится по методу наименьших квадратов:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p (y_j - d_j)^2, \quad (1)$$

где  $y_j$  — значение  $j$ -го выхода нейросети;

$d_j$  — целевое значение  $j$ -го выхода;

$p$  — число нейронов в выходном слое.

Обучение нейросети производится методом градиентного спуска, т. е. на каждой итерации изменение веса производится по формуле:

$$\Delta w_{ij} = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}, \quad (2)$$

где  $\eta$  — параметр, определяющий скорость обучения.

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial y_j} \cdot \frac{\partial y_j}{\partial S_j} \cdot \frac{\partial S_j}{\partial w_{ij}}, \quad (3)$$

где  $y_j$  — значение выхода  $j$ -го нейрона;

$S_j$  — взвешенная сумма входных сигналов, определяемая по формуле (4):

$$S = \sum_{i=1}^n x_i w_i, \quad (4)$$

где  $n$  — число входов нейрона;

$x_i$  — значение  $i$ -го входа нейрона;

$w_i$  — вес  $i$ -го синапса.

При этом множитель

$$\frac{\partial S_j}{\partial w_{ij}} \equiv x_i, \quad (5)$$

где  $x_i$  — значение  $i$ -го входа нейрона.

Далее рассмотрим определение первого множителя формулы (3):

$$\frac{\partial E_j}{\partial y_j} = \sum_k \frac{\partial E}{\partial y_k} \cdot \frac{\partial y_k}{\partial S_k} \cdot \frac{\partial S_k}{\partial y_j} = \sum_k \frac{\partial E}{\partial y_k} \cdot \frac{\partial y_k}{\partial S_k} \cdot w_{jk}^{(n+1)}, \quad (6)$$

где  $k$  — число нейронов в слое  $n+1$ .

Введем вспомогательную переменную:

$$\delta_j^{(n)} = \frac{\partial E}{\partial y_j} \cdot \frac{\partial y_j}{\partial S_j}. \quad (7)$$

Тогда мы сможем определить рекурсивную формулу для определения  $\delta_j^{(n)}$   $n$ -ного слоя, если нам известно  $\delta_k^{(n+1)}$  следующего  $(n+1)$ -го слоя.

$$\delta_j^{(n)} = \left[ \sum_k \delta_k^{(n+1)} \cdot w_{jk}^{(n+1)} \right] \cdot \frac{dy_j}{dS_j}. \quad (8)$$

Нахождение же  $\delta_j^{(n)}$  для последнего слоя НС не представляет трудности, так как нам известен целевой вектор, т. е. вектор тех значений, которые должна выдавать НС при данном наборе входных значений.

$$\delta_j^{(n)} = (y_i^{(N)} - d_i) \cdot \frac{dy_i}{dS_i}. \quad (9)$$

И наконец запишем формулу (6) в раскрытом виде:

$$\Delta w_{ij}^{(n)} = -\eta \cdot \delta_j^{(n)} \cdot x_i^n. \quad (10)$$

Рассмотрим теперь полный алгоритм обучения нейросети.

1. Подать на вход НС один из требуемых образов и определить значения выходов нейронов нейросети.

2. Рассчитать  $\delta^{(n)}$  для выходного слоя НС по формуле (9) и рассчитать изменения весов  $\Delta w_{ij}^{(N)}$  выходного слоя  $N$  по формуле (10).

3. Рассчитать по формулам (8) и (10) соответственно  $\delta^{(n)}$  и  $\Delta w_{ij}^{(N)}$  для остальных слоев НС,  $n=N-1..1$ .

4. Скорректировать все веса НС:

$$w_{ij}^{(n)}(t) = w_{ij}^{(n)}(t-1) + \Delta w_{ij}^{(n)}(t). \quad (11)$$

Если ошибка существенна, то перейти на шаг 1.

На этапе 2 сети поочередно в случайном порядке предъявляются вектора из обучающей последовательности [3].

В результате выполнения магистерской работы необходимо получить систему, которая смогла бы эффективно решать поставленную задачу, при этом она должна быть способной применяться на практике, т.е. иметь возможность внедрения в условиях предприятия, решающего данную задачу.

В случае успешного практического применения системы должен осуществиться переход от решения задачи на основе статистических методов к использованию технологии нейронных сетей.

#### Перечень ссылок

1. Шапиро М.И., Дегтярев А.А. Профилактика кишечных инфекций в крупном городе. — Л.: Медицина, 1990. — 256 с.
2. Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л., Кирдин А.Н. и др. Нейроинформатика. — Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. — 296 с.
3. Стариков Алексей, Нейронные сети — математический аппарат / Электронный ресурс. Способ доступа: URL: <http://www.basegroup.ru/neural/>.