

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

УДК 681.322-181.4.066.3001.2

ББК 32.818

Б 94

В.В. Бучацкая

Моделирование региональной безопасности и ее оценка нейросетевыми методами

Аннотация:

В работе описан алгоритм оценки безопасности региона на основе нейросетевой модели, которая представлена многослойной сетью. Такая модель имеет ряд преимуществ перед классическими моделями.

Ключевые слова:

Нейросетевая модель безопасности, обучение нейронной сети, параметры нейросетевой модели, алгоритм обучения нейронной сети.

Обеспечение безопасности в течение последних десятилетий вошло в разряд наиболее приоритетных проблем, решаемых как административными органами, так и учеными. Исследование региональной безопасности представляет собой важную системную задачу, решение которой должно осуществляться на основе рационального использования интеллектуальных возможностей человека, математической среды современных компьютерных систем и сетей, эвристических приемов и процедур, компьютерной математики. [2]

Среди математических моделей безопасности нейронные сети (НС) широко не использовались, поэтому их возможности в этой области мало изучены. Однако, применение такого рода инструментария для моделирования и оценки безопасности позволит создать общую адаптивную модель региональной безопасности, настройка пара-

метров которой позволит исследовать обширную предметную область.

В общем случае задача оценки безопасности формулируется следующим образом: по данным статистики, полученным за определенный интервал времени, определить в каком состоянии находится ситуация в регионе. При решении данной задачи в нейросетевом исполнении эта формулировка переходит в следующую: при наличии ограниченного количества выборок требуется разработать нейроалгоритм, позволяющий по предложенному набору пороговых и текущих значений ряда критериев определить уровень безопасности для данного региона. Целью оценки состояний региона является установление уровней безопасности по каждому из критериев безопасности с последующим отнесением состояния к определенному классу по степени тяжести ситуации.

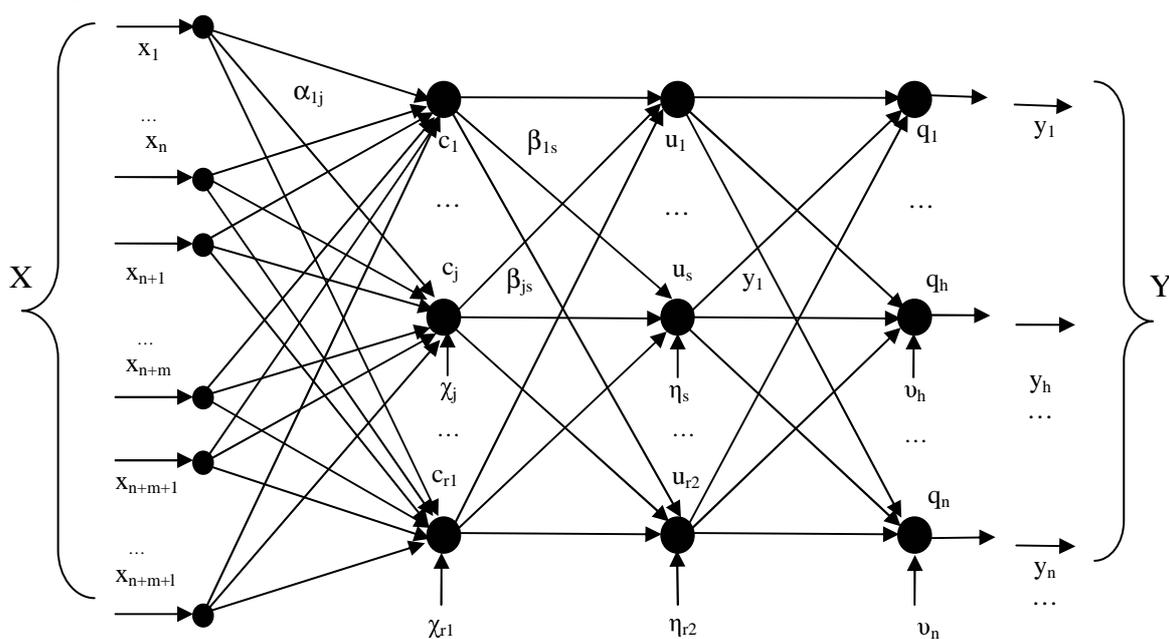


Рисунок 1 – Архитектура оценивающей НС

При исследовании сложных систем методами системного анализа наиболее целесообразно применять гомогенные аналоговые синхронные сети, подвиды которых позволяют решать многие задачи автоматизации процедур системного анализа. [5] В зависимости от сложности и практической направленности исследуемой системы для создания ее модели можно выбрать наиболее адекватную архитектуру сети.

В качестве нейросетевой модели нами была выбрана многослойная НС с двумя промежуточными слоями (рисунк 1). Она представляет собой наиболее простой и наглядный способ объединения нейронов, который позволяет сделать работу нейронной сети логически прозрачной и, в некоторых случаях, осуществлять анализ исследуемой информации в алгоритмическом виде.[2]

Элементы x_i , $i = 1, \dots, r$ образуют входной слой НС. Модель сети и, соответственно, структуру оценочной модели можно представить системой уравнений:

$$\begin{cases} c_j = f\left(\sum_{i=1}^r a_i \alpha_{ij} + \chi_j\right); \\ u_s = f\left(\sum_{j=1}^{r_1} c_j \beta_{js} + \eta_s\right); \\ q_h = f\left(\sum_{s=1}^{r_2} u_s \gamma_{sh} + v_h\right); \end{cases} \quad (1)$$

где x_i — значение i -й компоненты причинной составляющей X ситуации P , $i = 1, \dots, r$;

c_j — значение выхода j -го нейрона первого скрытого слоя НС, $j = 1, \dots, r_1$;

u_s — значение выхода s -го нейрона второго скрытого слоя НС, $s = 1, \dots, r_2$;

q_h — значение выхода h -го нейрона выходного слоя НС, $h = 1, \dots, n$;

f — функция активации нейронов;

α, β, γ — коэффициенты синаптических связей между нейронами соседних слоев;

χ, η, v — величины смещения нейронов, соответственно, первого, второго скрытых и выходного слоев;

r — размерность входного вектора, количество параметров ситуации (размерность задачи оценки);

$r = n + m + l$,

n — количество критериев объекта исследования;

m — количество факторов среды;

l — индекс переменных, характеризующих режимы функционирования объекта.

Такая сеть позволяет формировать в пространстве признаков входных векторов из выпуклых областей первого промежуточного слоя возможно неограниченные и изолированные области и осуществлять классификацию путем обобщения по подобию [3, 4].

Целью обучения является такая подстройка весовых коэффициентов сети и величин смещения нейронов, которая при подаче на ее вход вектора причин X_i минимизирует показатель

$$\Phi = \frac{1}{2} \|Q_i - Y_i\|^2, \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

где: $Q = (q_1, \dots, q_n)$ — вектор выходных сигналов НС;

N — число ситуаций, характеризующих количество элементов обучающей выборки.

Критерий формирования параметров оценочной модели можно записать как

$$\max(\Phi_i) \leq \Delta,$$

где Δ — ограничение сверху на относительную погрешность H оценки ситуации P_i .

Чтобы избежать бесконечного увеличения коэффициентов весов синаптических связей α, β, γ , в оценочной НС необходимо использовать сигмоидную функцию активации нейронов, так как она стремится к предельным значениям, никогда не достигая их, а также позволяет обеспечить заданную точность аппроксимации при меньшей размерности сети [3, 4].

В связи с этим возникает вопрос о технологии построения нейросетевой модели, основанной на аналоговой синхронной многослойной сети, обучающейся по методу обратного распространения ошибки. Алгоритм синтеза параметров оценочной нейросетевой модели на основе стандартного алгоритма обратного распространения ошибки состоит из 7 шагов [3].

1. Начальная инициализация множеств весовых коэффициентов $\{w\}$ и величин смещения $\{b\}$ нейронов случайными числами и в выбранном диапазоне.

2. Для каждой ситуации из обучающей выборки осуществляется активизация нейронов входного слоя НС вектором показателей $\{X_i\}$, $i = 1, \dots, N$:

3. Вычисление выходных величин нейронов выходного слоя q_h , $h = 1, \dots, n$ согласно системе уравнений (1).

4. Вычисление ошибки между вычисленными выходными величинами нейронов q_h и компонентами y_h выходного вектора обучающей выборки и пересчет величины ошибки для всех нейронов двух предыдущих слоев согласно выражениям:

$$\begin{cases} e_h = q_h (1 - q_h) (y_h^i - q_h), \quad h = 1, \dots, n; \\ \sigma_s = u_s (1 - u_s) \sum_{h=1}^n \gamma_{sh} e_h; \\ \delta_j = c_j (1 - c_j) \sum_{s=1}^{r_2} \beta_{js} \sigma_s. \end{cases} \quad (3)$$

5. Корректировка весовых коэффициентов и пороговых величин в направлении противоположном градиенту, согласно соотношениям:

$$\begin{cases} \gamma_{sh}' = \gamma_{sh} + \varphi u_s e_h, \quad h = 1, \dots, n, \quad s = 1, \dots, r_2; \\ \beta_{js}' = \beta_{js} + \varphi c_j \sigma_s, \quad j = 1, \dots, r_1; \\ \alpha_{ij}' = \alpha_{ij} + \varphi a_{li} \delta_j, \quad l = 1, \dots, r. \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} v_h' = v_h + \varphi e_h, \quad h = 1, \dots, n; \\ \eta_s' = \eta_s + \varphi \sigma_s, \quad s = 1, \dots, r_2; \\ \chi_j' = \chi_j + \varphi \delta_j, \quad j = 1, \dots, r_1; \end{cases} \quad (5)$$

где $\varphi > 0$ — параметр, определяющий скорость обучения НС и определяемый экспериментальным путем.

6. Вычисление максимальной относительной погрешности оценки h -й компоненты y_h выходного вектора:

$$H = \max \left(\frac{|e_h / (q_h (1 - q_h))|}{y_h} \right)$$

7. Сравнение ошибок H_h^i , $h = 1, \dots, n$; $i = 1, \dots, N$ для всех N примеров обучающей выборки. В случае $H_h^i > \Delta$ переход к шагу 2. В случае $H_h^i \leq \Delta$ НС считается обученной, а параметры и структура оценочной модели определенными.

Входной информацией для работы приведенного алгоритма являются значения критериев безопасности региона, а результатом работы – класс принадлежности региона по безопасности.

Построенная нейросетевая модель безопасности, дополненная блоками сбора и анализа полученной информации, может быть использована при решении различных практических задач, отличающихся размерностью, объемом исходной информации, количеством критериев оценки и единицами их измерения. [2, 5]

Предложенный алгоритм реализован в виде программного комплекса «Нейрон». [1] Это позволило объединить в рамках единого интерфейса пользователя этапы сбора данных для оценки безопасности региона,

сбора данных для оценки безопасности региона, построения нейросетевой модели безопасности и функционирования ее для выполнения оценки безопасности регионов по установленной системе критериев безопасности.

Примечания:

1. Авторское свидетельство №2004611143. Программный комплекс для оценки безопасности региона «Нейрон» / Симанков В.С., Бучацкая В.В. (Россия); Заяв. 20.04.04. Опубл. 11.05.04.
2. Бучацкая В.В. Автоматизация процедур системных исследований на основе нейронной сети. Дис... канд. техн. наук. – Краснодар, 2004.
3. Назаров А.В., Лоскутов А.И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. – СПб.: Наука и техника, 2003. – 384 с.
4. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
5. Симанков В.С., Бучацкая В.В. Системные исследования безопасности на основе нейронной сети: Монография (научное издание) / Техн. ун-т кубан. гос. технол. ун-та – Краснодар, 2003. – 228с.