

ПРИНЦИП ИЕРАРХИИ В НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

д.т.н., проф. Н.И. Корсунов, к.т.н. Е.В. Корсунова, С.В. Куландин,
А.Ю. Чудный

В статье предложен метод построения нейронных сетей для автоматизированного проектирования систем модульной структуры. Обосновывается иерархический подход к разбиению сети на слои и последовательная процедура послыонного обучения сети.

В настоящее время в технике получили распространение системы, построенные по модульному принципу [1]. Проектирование таких систем сводится к выбору из существующих множеств модулей тех, которые наиболее близки к заданным требованиям. Если считать, что набор требований образует выпуклую поверхность, то задача выбора модулей сводится к подбору таких характеристик, которые наиболее близки к границе этой поверхности. Задачу выбора модулей можно свести к их классификатору.

Одним из эффективных средств использования нейронных сетей является создание классификаторов объектов. В технических системах классификатор можно использовать в задачах автоматизированного проектирования на основе типовых решений, которые могут быть сведены к следующим этапам.

1. Оценка параметров модулей.
2. Оценка модулей.
3. Оценка набора модулей.

На первом этапе проверяется степень соответствия модулей их оптимальным значениям. Второй этап связан с оценкой модулей по их характеристикам в функции важности каждой из характеристик. На третьем этапе оценивается конфигурация системы, состоящей из определенного набора модулей с учетом важности характеристик каждого из модулей.

При использовании нейросетевых технологий каждому этапу выделен собственный нейронный слой сети.

Обучение сети сводится к иерархической процедуре, состоящей из настройки сети на основе требований к модулям и выбора из множества известных модулей тех, которые удовлетворяют заданным ограничениям. В такой постановке данная задача относится к задачам принятия решений на основе экспертных оценок [2].

Для решения задачи воспользуемся экспертными данными на ограничения и оптимальные значения параметров модулей и степени относительной важности этих параметров, задаваемых нечеткими высказываниями.

Входной информацией нейронной сети являются характеристики модулей и их оптимальные значения, указанные экспертом. При этом ограничения на характеристики модулей не являются входными данными сети, а используются для настройки весов нейронов первого слоя с учетом важности этих характеристик. Так как на верхнем уровне иерархии используется знание эксперта, то при настройке параметров сети воспользуемся методом парных сравнений [3]. В зависимости от требований к параметрам V_{ij} модуля $j = \overline{1, m}$ формируется формула качества параметра $i = \overline{1, n}$ модуля $F(v_{ij})$. Используя основные положения теории парных сравнений [3], строится матрица сравнительных оценок R , элементы r_{ij} которой позволяют определить возможность i -го параметра j -го модуля в числовом эквиваленте

$$V_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{ij}}}{\sum_{j=1}^n \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n r_{ij}}}, \quad (1)$$

где n - число оцениваемых параметров модуля и при этом $\sum_{i=1}^n V_i = 1$.

Иерархия сети приводит к структуре, включающей слои, каждый из которых используется на этапах, указанных ранее.

Первый слой сети конструируется для оценки I -го параметра j -го модуля. Организация этого слоя связана с заданием требований к параметрам модуля.

Если требования заданы верхней (T) и нижней (B) границами значения параметров и оптимальное значение параметра V^* находится в интервале (T, B) , то функцию качества $F(V)$ параметра V данного модуля можно интерпретировать как функцию принадлежности четкого значения V нечетному числу V^* , определяемому (1), и представить в виде

$$F(V) = \begin{cases} 1 + \frac{V - V^*}{V^* - B}, & V < V^*; \\ 1 + \frac{V - V^*}{V^* - T}, & V \geq V^*. \end{cases} \quad (2)$$

Для реализации (2) следует использовать нейрон с функцией активации

$$N(\text{Net}) = \begin{cases} 0, & \text{Net} < -1; \\ (\text{Net} + 1), & -1 \leq \text{Net} \leq 0; \\ 1, & \text{Net} > 0; \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{Net} = W_1 V + W_2 V^* \quad (4)$$

Коэффициенты в (4) инициализируются в зависимости от вида функции качества $F(V)$ и для $F(V)$ вида (2):

$$W_2 = W_1 = \frac{1}{V^* - B} \quad \text{либо} \quad W_2 = W_1 = \frac{1}{V^* - T}$$

Если модуль имеет характеристики, не принадлежащие заданной области ограничений, то для реализации этого условия следует использовать нейрон с биполярной функцией активации

$$N(\text{Net}) = \begin{cases} -1, & \text{Net} \leq 0; \\ 1, & \text{Net} > 0, \end{cases} \quad (5)$$

где $\text{Net} = V - T$, $V \in (T, B)$.

Если оптимальным значениям параметра модуля соответствуют значения, большие V^* , то функция качества

$$F(V) = \begin{cases} 1, & V \geq B; \\ V, & V < B. \end{cases} \quad (6)$$

В соответствии с изложенным, нейронная сеть должна включать следующие слои: определения соответствия параметров модуля заданным требованиям, т.е. принадлежность их заданному интервалу (заданной области), этот слой назван начальным (нулевым); слой определения качества параметра модуля, назовем его первым; слой оценки важности характеристик модуля, его назовем вторым, и слой общей оценки набора модулей, который назовем третьим.

Как отмечалось ранее, первый слой сети используется для задания функции качества параметра модуля $F(V_{ij})$, что связано с операциями сравнения входных сигналов X_1 и X_2 , находящихся в интервале (0,1) и формирования выходного сигнала, равного минимальному из них. Данный слой представляется структурой, приведенной на рис.1.

Нейрон подслоя 1 с функцией активации (5) имеет бинарный выходной сигнал в зависимости от значения $\text{Net}1 = W_{12}X_2 - W_{11}X_1$.

Верхний нейрон подслоя 2 выдаёт на выходе значения X_1 , если нейрон 1 возвращает 1, и 0, если нейрон 1 возвращает -1. Нижний

нейрон подслоя 2 возвращает значение X_2 , если нейрон 1 возвращает -1 , и 0, если нейрон 1 возвращает 1. Функция активации каждого из этих нейронов представляется аналогично (3) в виде

$$N_2 = \begin{cases} 0, & \text{Net2} < 1; \\ \text{Net2} - 1, & 1 \leq \text{Net2} \leq 2; \\ 1, & \text{Net2} > 2. \end{cases}$$

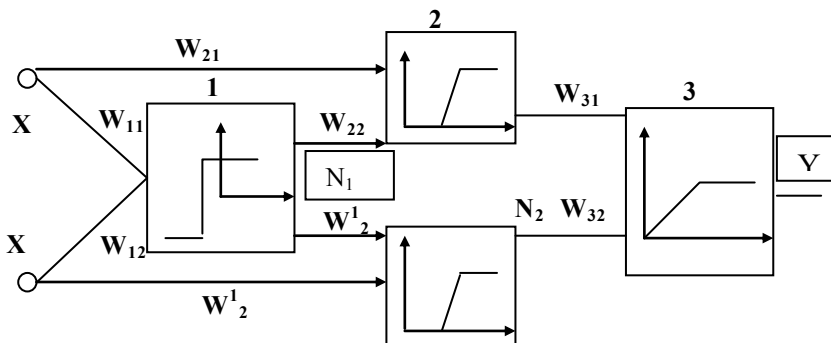


Рис.1. Структура первого слоя сети

Для верхнего нейрона $\text{Net2} = W_{21}X_1 + W_{22}N_1$, а для нижнего - $\text{Net2} = W_{21}^1 X_2 - W_{22}^1 N_1$. Нейрон подслоя 3 повторяет значение выхода верхнего нейрона подслоя 2, если нижний нейрон подслоя 2 возвращает 0, либо повторяет значение выхода нижнего нейрона подслоя 2, если верхний нейрон подслоя вернул 0. Таким образом, на выходе нейрона подслоя 3 оказывается наименьшее значение из X_1, X_2 .

Значения X_1 и X_2 формируются нейронами первого слоя, каждый из которых имеет функцию активации (3) при значениях в соответствии со структурой, приведенной на рис.2, и значениях $\text{Net } 0 = W_{01}V + W_{02}V^*$, или $\text{Net } 0 = W'_{01}V + W'_{02}V^*$.

Второй слой нейронной сети предназначен для оценки важности каждой из характеристик модулей с учетом важности каждого из параметров. Так как значение важности параметров определены методом парных сравнений с предыдущими слоями нейронной сети, то нейроны второго слоя реализуют операции

$$D_i = \sum_{j=1}^n K_{ij} F(V_{ij}),$$

где D_i - показатель качества j - го модуля, а K_{ij} - весовой коэффициент важности i - го параметра j - го модуля. Функции активации нейронов данного слоя аналогичны (6).

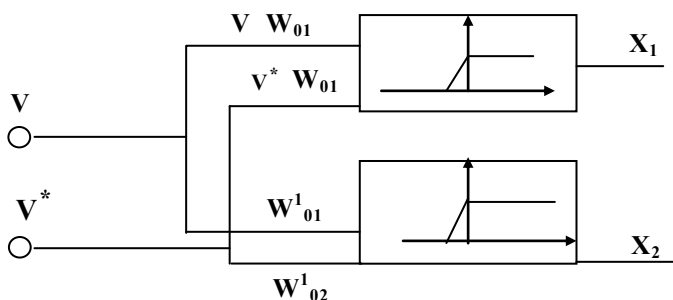


Рис.2. Формирование значений X_1 и X_2

Третий слой сети осуществляет общую оценку набора модулей M путем суммирования с весовыми коэффициентами I_i характеристик каждого модуля и включает единственный нейрон, реализующий операцию $M = \sum_{i=1}^n I_i D_i$ и имеющий функцию активации вида (6).

Таким образом, предложенные нейросетевые технологии в САПР позволяют для каждого из этапов проектирования системы, формируемой из различных модулей, использовать последовательность слоев нейронной сети при иерархии их обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров С.В., Сельский Б.Е., Занг Н.Х. Системотехнический и архитектурный синтез АСУТП с использованием типовых решений // Приборы и системы управления. – 1998. – № 3. – С. 8 - 12.
2. Разработка САПР в 10 ти кн.Кн.2. Системотехнические задачи создания САПР / Под ред. А.В. Петрова. – М.: Высшая школа, 1990. – 144 с.
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

Поступила в редколлегию 22.10.2001