

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА СЕТЕЙ ПЕТРИ СО СВОЙСТВАМИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СППР

В данной статье рассматривается математический аппарат сетей Петри, дополненный нейросетевыми характеристиками. На основе этого аппарата разработана СППР, используемая для управления работой сетевого устройства. В статье приведена схема СППР на базе нейронной сети Петри для реализации QoS-услуг в сетевом устройстве.

Сети Петри, нейронные сети, СППР, интеллектуальное сетевое устройство.

В работе предлагается расширить математический аппарат сетей Петри нейросетевыми характеристиками, которые позволят производить обучение сетей Петри, проводить тонкую настройку внутренних параметров СППР [1]. Предлагаемую СППР планируется использовать для анализа трафика, входящего в сетевые устройства (СУ), и определения наилучшей стратегии работы в сложившихся условиях для СУ. Результаты работы СППР для СУ должны оцениваться ЛПР, которое и выбирает окончательную стратегию работы СУ. При отсутствии реакции ЛПР СППР запускает программу эмуляции работы СУ, усредненную по критическим параметрам, вызвавшим смену стратегии работы [2, 3].

Будем рассматривать нейронный модуль как сверхпроводник с переменным временем активизации $T_a(X, V_0)$ – временем наступления явления сверхпроводимости, которое зависит от относительного суммарного входного воздействия X и объема нейронного модуля V_0 (кол-во нейропозиций и нейропереходов) (рис. 1).

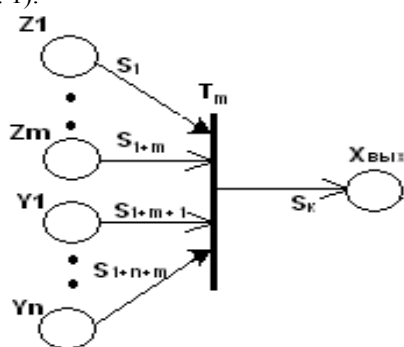


Рис. 1. Составной нейронный переход сети Петри

На вход нейронного перехода поступают следующие сигналы:

- $Z_i(i=1, m)$ – входные сигналы от окружающей среды;
- $Y_i(i=1, n)$ – сигналы с выходов других нейронных модулей.

Входные и выходные сигналы могут быть как отрицательные, так и положительные. Относительное суммарное входное воздействие определяется по

формуле (сумма относительных суммарных потенциалов всех входов):

$$X = (\sum_{i=1}^m z_i + \sum_{j=1}^n y_j) / X_{np}^{ex}, \quad (1)$$

где X_{np}^{ex} – пороговое значение входного сигнала, при котором нейронный модуль может быть активизирован,

T_0 – период функционирования нейронного модуля, определяется по формуле:

$$T_0 = T_n (1 + \ln(V_0)) \quad (2)$$

где T_n – период функционирования ОНСП.

Время активизации одного нейроперехода соответственно:

$$T_a = T_n e^{-1} \quad (3)$$

Порогообучаемый модуль – базовый конструктивный блок для простых нейронных сетей. Он состоит из множества входов, множества корректируемых весов, которые влияют на входы, концентратор, порог, и выхода. В его основной форме пороогообучаемый модуль приспособлен к принятию множества реальных, целочисленных, или булевых, значений на входе и созданию единственного булевого значения для выхода. Порог, которым определяется выход, обозначен как θ . θ является вещественным числом и способен к изменению свойств модуля (рис. 2).

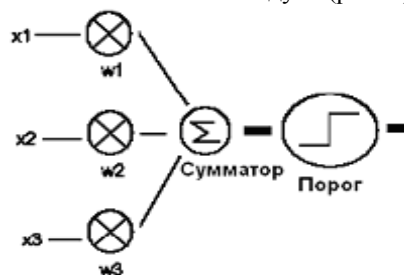


Рис. 2. Простой пороогообучаемый модуль

Порогообучаемый модуль на рисунке 2 имеет совокупность значений входных данных $X = \{x_1, x_2, x_3\}$ и множество весов $W = \{w_1, w_2, w_3\}$. Представление этого модуля сетями Петри будет выглядеть следующим образом: входной уровень содержит

входные позиции и весовые переходы; уровень обработки содержит весовые позиции и пороговые переходы; уровень вывода содержит позиции вывода. Множество входных сигналов X заменяется на маркировку $M(p_1, p_2, p_3)$, а весовое множество $W = \{w_1, w_2, w_3\} \approx O(t_1, t_2, t_3) = \{3, 1, 2\}$; θ is 3. Нейронная сеть Петри (НСП) представлена на рисунке 3.

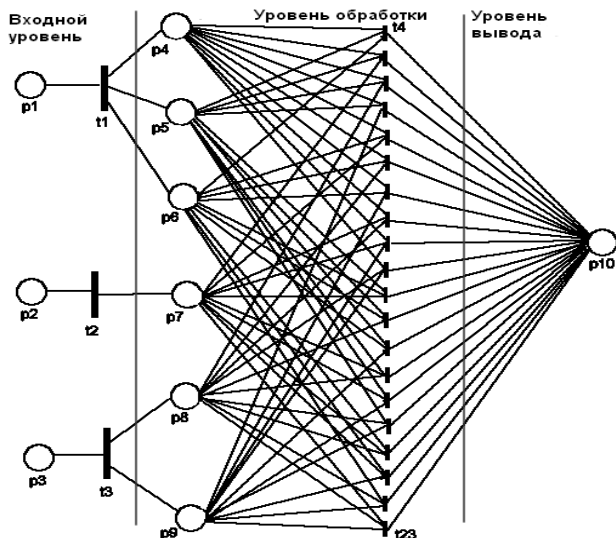


Рис. 3. Нейронная сеть Петри с $W = \{3, 1, 2\}$, $\theta = 3$.

Весовые коэффициенты W представлены количеством выходных дуг переходов t_1-t_3 , а у каждого перехода t_4-t_{23} количество входных дуг равно θ . Само же количество переходов t_4-t_{23} вычисляется по формуле:

$$R = C\left(\sum_{i=1}^3 O(t_i), \theta\right) = C(6, 3) = \frac{p!}{q!(p-q)!} = 20. \quad (4)$$

Известно, что при обучении порообоучаемых моделей используется пошаговая корректировка весов и порогов. В нейронной сети Петри корректируется состав уровня обработки, т.е. вместо W и θ изменяется количество позиций и переходов.

Очевидно, что расширение сетей Петри нейронными функциями существенно расширяет их применимость к задачам, требующим обучения моделей на основе ее предыстории, что находит применение в СППР.

В частности, планируется реализация СППР для сетевых устройств в ЛВС, внутренняя структура которой будет скрыта от пользователя и составлена из модулей обученной нейронной сети Петри, соединенных по выбранной архитектуре. Обучаться СППР будет сначала на заданном наборе входных параметров с последующим переобучением на основе собственной предыстории принятых решений.

В качестве входного трафика рассматриваются все пакеты во входных очередях СУ. В первую очередь во входных очередях оцениваются такие характеристики качества обслуживания (QoS), как:

- задержки пакетов;
- уровень потери пакетов;
- полоса пропускания;
- джиттер (дрожание трафика).

Если СППР выявляет нештатное значение какой-либо характеристики QoS в любой из очередей, то предлагает сменить стратегию обработки пакетов.

Формирование решений в проектируемой системе может осуществляться в двух режимах – автоматическом и супервизорном. В супервизорном режиме системный администратор или другая автоматическая система во множестве желательных комбинаций QoS-критериев формирует требуемую комбинацию. В результате чего у системы появляется «цель» – достичь требуемого состояния критериев.

При формировании структуры возможной СППР для сетевых устройств необходимо учесть не только улучшения качества обслуживания сетевого трафика, но и возможность реализации данной СППР с помощью современных аппаратных и логических средств моделирования.

Учитывая все приведенные выше факторы, для реализации предлагаемой нами СППР для управления работой сетевого устройства мы остановили свой выбор на комбинированном аппарате логического моделирования – нейронных сетях Петри (НСП), созданных путем добавления признаков нейронности в классические цветные сети Петри [4].

В условиях постоянно меняющегося контента входящего трафика сетевое устройство, принимающее его, сталкивается с проблемой классификации и трансляции. Требуется выделить пакеты, имеющие приоритетное значение в тех или иных условиях трансляции трафика.

В разрабатываемой СППР предполагается наличие интеллектуальных оконечных устройств, располагающихся между локальной сетью и СУ (например, коммутатора), определяющих, к какому условному классу относится содержимое пакета, т.е. способных определить по области данных пакета тип этих данных, например голосовой, видеотрафик, системные сообщения или файлы базы данных. Согласно определенному классу пакета оконечные устройства (ОУ) выставляют в поле ToS IP-заголовка приоритет пакета от 0 до 7 в зависимости от таблицы приоритетности ОУ.

После помещения пакета в буфер сетевого устройства мы предлагаем следующий алгоритм действий, реализуемый посредством ОНСП:

1. Извлечение из заголовка пакета IP параметров: TC, FL, PL, HL.
2. Сортировка и классификация ожидающих пакетов в буфере по заданным параметрам.
3. Обработка пакетов в соответствии с заданным алгоритмом обслуживания очередей.
4. На основе критериев доступа происходит фильтрация пакета.
5. Изменение алгоритма формирования очередей или профилирования трафика при нештатной ситуации для достижения максимальной эффективности качественного обслуживания.

Таким образом, в результате реализации предлагаемой системы получим обученное интеллектуальное сетевое устройство, способное к быстрому реагированию на разные реальные сетевые ситуации и обладающее свойствами быстрой, качественной и практически безошибочной обработки проходящей через

него информации. Внедрение предлагаемой СППР и тестирование ее на реальных сетевых устройствах станет важным этапом развития и совершенствования сетей передачи данных в России.

Литература

1. Суконщиков, А. А. Разработка и применение нейро-нечетких сетей Петри / А. А. Суконщиков, А. Н. Швецов, А. В. Улитин // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2020. – № 2 (95). – С. 35–46.
2. Суконщиков, А. А. Мультиагентные интеллектуальные системы и сети / А. А. Суконщиков, А. Н. Швецов. – Вологда : ВоГУ, 2019. – 209 с.

3. Суконщиков, А. А. Проектирование интеллектуальных агентно-ориентированных систем / А. А. Суконщиков // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИН-ФОС-2019) : материалы десятой международной научно-технической конференции. – Вологда : ВоГУ, 2019. – С. 244–247.

4. Modeling the elements of an enterprise infocommunication system using colored petri nets / A. Sukonschikov, D. Kochkin, A. Shvetsov [et al] // Conference of Open Innovations Association, FRUCT. – 2020. – № 26. – С. 660–666.

A.A. Sukonshchikov, A.A. Koppalina
Vologda State University

APPLICATION OF PETRI NETWORKS APPARATUS WITH NEURAL NETWORKS PROPERTIES FOR CONSTRUCTION OF DSS

This article examines the mathematical apparatus of Petri nets, supplemented by neural network characteristics. On the basis of this apparatus a DSS, which is used to control the operation of a network device, has been developed. The article presents a DSS scheme based on a Petri neural network for the implementation of QoS services in a network device.

Petri nets, neural networks, DSS, intelligent network device.