

*Петросов Д.А., кандидат технических наук,
Игнатенко В.А., кандидат технических наук,
Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина*

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ АДАПТИРОВАННЫМ ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация: в статье рассматривается возможность применения информационных сетей Петри при описании модели нейронной сети, функционирование которой направлено на управление процессом структурно-параметрического синтеза дискретных систем с заданным поведением на основе генетического алгоритма, адаптированный к данной предметной области с помощью вложенных сетей Петри.

Ключевые слова: информационные сети Петри, нейронные сети, генетический алгоритм, структурно-параметрический синтез, дискретные системы

При решении задач структурно-параметрического синтеза дискретных систем возможно использование различных математических аппаратов. Одним из перспективных направлений в данной предметной области являются эволюционные методы, к которым относятся генетические алгоритмы (ГА). Данный эвристический алгоритм позволяет проводить решать задачи моделирования и оптимизации за счет использования механизмов естественного отбора. При этом используется ряд операторов, с помощью которых возможен поиск решений, удовлетворяющих критерию поиска, в многомерном пространстве решений. Каждый оператор ГА обладает настройками функционирования, которые позволяют усилить или уменьшить его влияние на свойства популяции.

Обычно, при использовании ГА в данной предметной области, настройки функций операторов проводятся экспертом и не изменяются пока решения, полученные с помощью генетического алгоритма, не становятся неудовлетворительными. На изменение качества найденных решений зачастую влияет изменение элементной базы и параметров функционирования элементов, поэтому существующий подход нуждается в корректировке. То есть требуется разработать концепцию управления ГА, которая позволит проводить изменение настроек операторов в автоматизированном режиме минимизировав использование экспертов.

Среди современных методов для автоматизации процессов управления большое распространение получили нейронные сети. Данный математический аппарат, в современных интерпретациях, обладает свойством самообучения, и это свойство предлагается использовать для решения задачи управления адаптированным ГА при решении задачи структурно-параметрического синтеза дискретных систем с заданным поведением.

В работах [1, 2] были предложены модели ГА, адаптированного к решению задач синтеза дискретных систем с помощью вложенных сетей Петри (см. рис. 1). Поэтому, является целесообразным выполнить моделирование нейронной сети для управления предложенными моделями ГА также с помощью теории сетей Петри.

Одним из важных свойств сетей Петри, а в частности информационных сетей Петри (ИСП), которое дает возможность использовать их при моделировании нейронных сетей, является свойство параллелизма.

ИСП как и большинство разновидностей сетей Петри [3, 4] может быть представлена в виде графа, имеющего два типа вершин: позиции и переходы (рисунок 2). Однако, основное отличие данной разновидности сетей, заключается в том, что метка не является атомарным элементом, а представляет собой вещественное число в диапазоне $[0; 1]$.

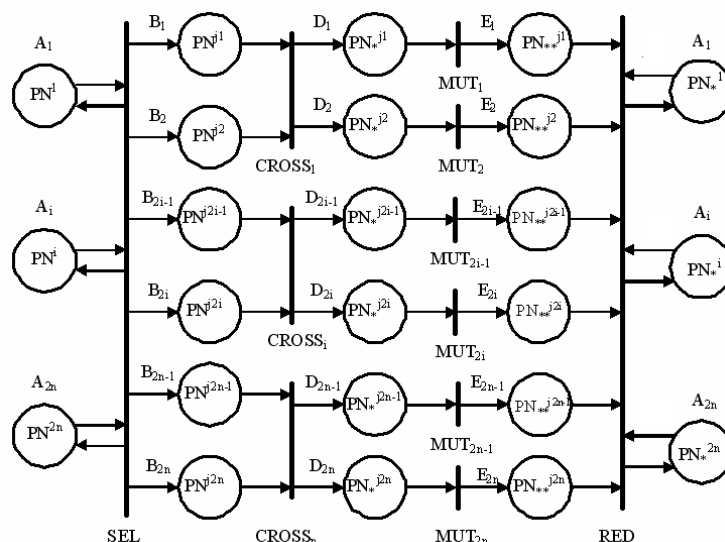


Рис. 1. Модель генетического алгоритма на основе вложенных сетей Петри

В контексте разрабатываемой модели это число называется «массой метки».

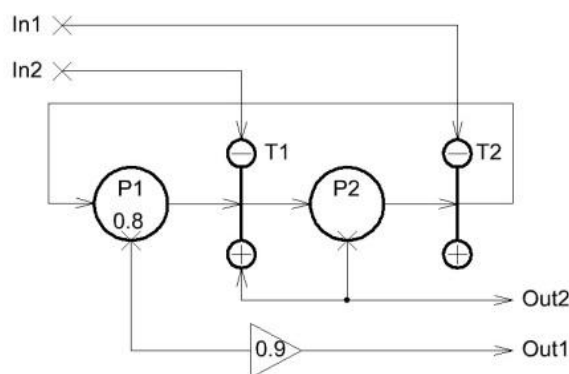


Рис. 2. Пример представления ИСП

Позиции и переходы связаны двумя типами дуг: передающей и информационной. Передающая дуга осуществляет перенос массы метки от позиции к позиции при условии срабатывания перехода. Информационная дуга передаёт лишь информацию о массе метки, которая влияет на поведе-

ние перехода, это свойство ИСП и будет применяться при моделировании процесса самообучения нейронной сети. Перенос массы через переход осуществляется в соответствии со следующими итеративными функциями:

$$P_i = P_i - \left(\sum_{j=1, n} (1 - P_j) - Pos \left(\sum_{j=1, n} (1 - P_j) - \sum_{i=1, n} (P_i) \right) \right) \cdot \frac{P_i}{\sum_{i=1, n} P_i} \cdot \left(\sum_{i=1, n} P_i - M_{cp} \right),$$

$$P_j = P_j + \left(\sum_{i=1, n} (1 - P_j) - Pos \left(\sum_{i=1, n} (1 - P_j) - \sum_{i=1, n} (P_i) \right) \right) \cdot \frac{(1 - P_j)}{\sum_{j=1, m} (1 - P_j)} \cdot \left(\sum_{i=1, n} P_i - M_{cp} \right),$$

где P_i – позиция до перехода; n – количество позиций до перехода; P_j – позиция, после перехода; m – число позиций после перехода; $Pos(x)$ – функциональная зависимость вида:

$$\begin{cases} Pos(x) = x, & \text{при } x \geq 0, \\ Pos(x) = 0, & \text{при } x < 0. \end{cases}$$

Функционирование перехода определяется значением порога срабатывания (M_{cp}), на который

влияют значения, передаваемые информационными дугами. Численно порог срабатывания определяется в соответствии с формулой:

$$M_{cp} = \sum_{x=1..n} P_x \cdot k_x - \sum_{y=1..m} P_y \cdot k_y$$

где k_x – коэффициент передачи информационной дуги, выходящей из позиции P_x и приходящей на повышающий информационный вход перехода,

k_y – коэффициент передачи информационной дуги, выходящей из перехода P_y и заканчивающейся понижающим информационным входом.

Формально информационная сеть может быть представлена в виде:

$$NI = \{P, T, F, I, M_0\},$$

где $P = \{p_i\}$, $i = 1, 2, \dots, n$ – множество позиций сети;

$T = \{t_j\}$, $j = 1, 2, \dots, m$ – множество переходов;

$F = (F_{PT}, F_{TP})$ – множество передающих дуг сети;

$I = (I_{PT}^+, I_{PT}^-, I_{PPT}^+, I_{PPT}^-)$ – множество информационных дуг;

$M_0 : P \rightarrow [0; 1]$ – начальное распределение масс меток в сети.

Использование этого аппарата позволяет моделировать различные динамические процессы, такие как апериодический процесс, колебательный

процесс, дифференцирование, а также нейронную сеть [5].

Для изменения весов, при самообучении нейронной сети [6] будем использовать множество информационных дуг, а для проведения расчета выходного управляющего сигнала множество передающих дуг и переходов ИСП, моделирующей работу нейронной сети.

Таким образом модель нейронной сети на основе ИСП будет способна к самообучению, которое будет заключаться в поиске значений коэффициентов передачи информационных дуг, при которых будет реализована требуемая функциональная зависимость между входными и выходными значениями модели нейронной сети.

Обученная нейронная сеть позволит принимать корректные и оперативные меры по настройке параметров работы ГА, что позволит ускорить структурно-параметрический синтез и снизить влияние эксперта (человеческий фактор) на эффективность разработки моделей дискретных систем с заданным поведением.

Литература

1. Петросов Д.А. Математическая модель формирования конфигурации вычислительной техники на основе триггеров // Вестник ИЖГТУ им. М.Т. Калашникова. 2009. №3. С. 139 – 143.
2. Петросов Д.А. Адаптация генетического алгоритма при моделировании вычислительной техники с изменяющейся структурой и набором компонентов на основе сетей Петри // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2009. №6 (20). С. 151 – 160.
3. Игнатенко В. А., Магергут В. З. Описание динамических процессов при помощи информационной сети Петри // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2011. №13. С. 161 – 179.
4. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: пер. с англ. М.: Мир, 1984. 264 с.
5. Игнатенко В. А., Магергут В. З. Информационная сеть Петри как инструмент для параллельной обработки алгоритмов управления // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2011. №19. С. 119 – 126.
6. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И. Д. Рудинского. М.: Горячая линия. Телеком. 2006. 452 с.

References

1. Petrosov D.A. Matematicheskaja model' formirovanija konfiguracii vychislitel'noj tehniki na osnove triggerov // Vestnik IZhGTU im. M.T. Kalashnikova. 2009. №3. S. 139 – 143.
2. Petrosov D.A. Adaptacija geneticheskogo algoritma pri modelirovanii vychislitel'noj tehniki s izmenjajushhejsja strukturoj i naborom komponentov na osnove setej Petri // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. 2009. №6 (20). S. 151 – 160.
3. Ignatenko V. A., Magergut V. Z. Opisanie dinamicheskikh processov pri pomoshhi informacionnoj seti Petri // Nauchnye vedomosti BelGU. Serija: Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. 2011. №13. S. 161 – 179.
4. Piterson Dzh. Teorija setej Petri i modelirovanie sistem: per. s angl. M.: Mir, 1984. 264 s.
5. Ignatenko V. A., Magergut V. Z. Informacionnaja set' Petri kak instrument dlja parallel'noj obrabotki algoritmov upravlenija // Nauchnye vedomosti BelGU. Serija: Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. 2011. №19. S. 119 – 126.
6. Rutkovskaja D., Pilin'skij M., Rutkovskij L. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy: Per. s pol'sk. I. D. Rudinskogo. M.: Gorjachaja linija. Telekom. 2006. 452 s.

*Petrosov D.A., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.),
Ignatenko V.A., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.),
Belgorod State Agricultural University named after V.Y. Gorin*

**APPLICATION INFORMATION PETRI NETWORKS FOR MODELLING
NEURAL NETWORK IN THE TASK OF MANAGING THE ADAPTED GENETIC
ALGORITHMS IN SOLVING PROBLEMS OF STRUCTURAL AND PARAMETRIC
SYNTHESIS OF DISCRETE SYSTEMS**

Abstract: the article considers the possibility of using the information in the description of Petri nets model of a neural network, the functioning of which is directed to the management of the process of structural and parametric synthesis of discrete systems with a given behavior on the basis of genetic algorithm adapted to this domain using nested Petri nets.

Keywords: information Petri nets, neural networks, genetic algorithm, structural and parametric synthesis of discrete systems