

Кодирование маркировки сети Петри, моделирующей работу искусственной нейронной сети

Петросов Д. А.

*к.т.н., доцент, доцент департамента анализа данных и машинного обучения
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
г. Москва*

Аннотация. В работе предлагается кодирование маркировки сети Петри, моделирующей работу искусственной нейронной сети с учетом ее применения к задаче управления генетическим алгоритмом, адаптированным к решению задачи структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем. С целью моделирования искусственной нейронной сети математическим аппаратом теории сетей Петри предлагается использование веса метки для моделирования работы синапсов.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, генетический алгоритм, интеллектуальные информационные системы, теория сетей Петри, структурно-параметрический синтез.

Annotation. The paper proposes coding of the Petri net marking, which simulates the operation of an artificial neural network, taking into account its application to the problem of controlling a genetic algorithm adapted to solving the problem of structural-parametric synthesis of large discrete systems. In order to simulate an artificial neural network by the mathematical apparatus of the theory of Petri nets, it is proposed to use the weight of a label to simulate the operation of synapses.

Key words: artificial neural networks, genetic algorithm, intelligent information systems, theory of Petri nets, structural-parametric synthesis.

В настоящее время интеллектуальные системы широкое распространение. Применение данных программных средств можно увидеть в различных предметных областях: структурно-параметрический синтез дискретных систем, системы поддержки принятия решений в менеджменте, экспертные технологии, здравоохранение, агропроизводство и т.д. [1-8].

Одним из математических аппаратов, программная реализация которого позволяет моделировать логику принятия решений, являются искусственные нейронные сети (ИНС). В работах [9-12] предлагается использовать данную эволюционную процедуру в качестве надстройки управления над генетическим алгоритмом (ГА), при этом ИНС решает знакомую задачу распознавания образов для оценки состояния популяции ГА.

В работах [9-14] в качестве математического аппарата адаптации ГА предлагалось использование теории вложенных сетей Петри, в которых метка первого уровня моделировала синтезируемую систему, т.е. также являлась сетью Петри.

В работе [15] было предложено использование информационных сетей Петри для моделирования работы ИНС.

Как известно в теории ИНС большое внимание уделяется весам синапсов, работа которых и определяет принятие ИНС решений, что ставит задачу о моделировании данных весов с применением математического аппарата теории сетей Петри.

В данной работе предлагается использовать метки сети Петри в качестве инструментария хранения весов синапсов.

На рисунке 1 показан пример искусственной нейронной сети прямого распределения, моделирование которой требуется осуществить с помощью выбранных инструментальных средств.

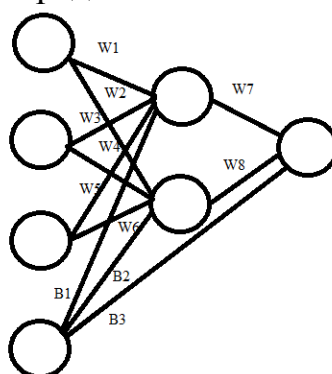


Рисунок 1 – Пример искусственной нейронной сети

Модель примера ИНС с использованием сетей Петри можно представить в следующем виде (см. рисунок 2)

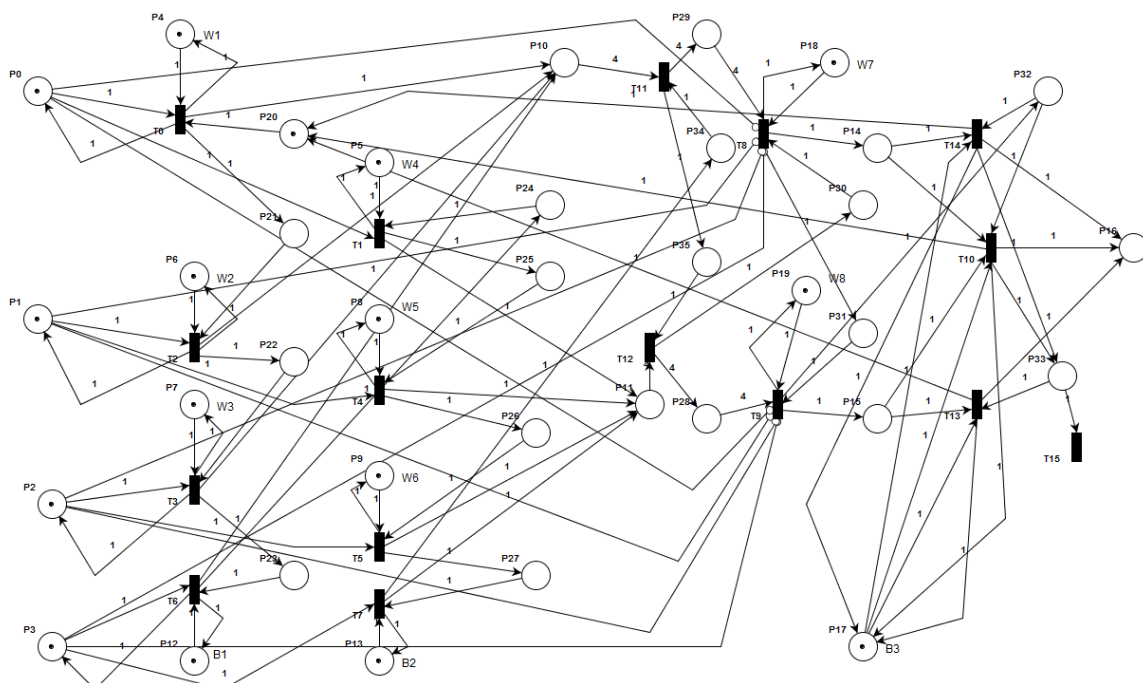


Рисунок 2 - Пример модель искусственной нейронной сети на основе сетей Петри

При этом начальная маркировка представлена в виде $M_0 = \{1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$, что является не достаточным для полноценного функционирования предложенной

модели. Поэтому целесообразно внести уточнение непосредственно в моделирование меток данной модели.

В таблице 1 предложен подход представления маркировки.

Таблица 1 – Представление маркировки в разрабатываемой модели

M_i			
P_o	K	K_n	W_n (или B_n)
	n	1	0,02
		2	-0,3
	
		n	0.34

В данной таблице:

M_i – i-я маркировка сети Петри;

P_o – позиция в модели искусственной нейронной сети на основе сети Петри;

K – количество меток в P_o (от 0 до n);

K_n – порядковый номер метки в позиции P_o ;

W_n (или B_n) – вес метки, где n – порядковый номер метки.

Исходя з предложенного подхода начальную маркировку (как и последующие) для модели ИНС, предложенной на рисунке 2 можно представить в следующем образом (см. таблицу 2)

Таблица 2 – Пример начальной маркировки

M_0															
P_0	K	K_1	$W_{1,0}$	P_9	K	K_1	$W_{1,6}$	P_{18}	K	K_1	$W_{1,7}$	P_{27}	K	K_0	$W_{0,0}$
	1	1	1		1	1	-0,2		1	1	0,8		0	-	-
P_1	K	K_1	$W_{1,0}$	P_{10}	K	K_0	$W_{0,0}$	P_{19}	K	K_1	$W_{1,8}$	P_{28}	K	K_0	$W_{0,0}$
	1	1	1		0	-	-		1	1	-0,2		0	-	-
P_2	K	K_1	$W_{1,0}$	P_{11}	K	K_0	$W_{0,0}$	P_{20}	K	K_0	$W_{0,0}$	P_{29}	K	K_0	$W_{0,0}$
	1	1	1		0	-	-		0	-	-		0	-	-
P_3	K	K_1	$W_{1,0}$	P_{12}	K	K_1	$B_{1,1}$	P_{21}	K	K_0	$W_{0,0}$	P_{30}	K	K_0	$W_{0,0}$
	1	1	1		1	1	0,15		0	-	-			0	0
P_4	K	K_1	$W_{1,1}$	P_{13}	K	K_1	$B_{1,2}$	P_{22}	K	K_0	$W_{0,0}$	P_{31}	K	K_0	$W_{0,0}$
	1	1	0,5		1	1	0,15		0	-	-		0	-	-
P_5	K	K_1	$W_{1,4}$	P_{14}	K	K_0	$W_{0,0}$	P_{23}	K	K_0	$W_{0,0}$	P_{32}	K	K_0	$W_{0,0}$
	1	1	-0,3		0	-	-		0	-	-		0	-	-
P_6	K	K_1	$W_{1,2}$	P_{15}	K	K_0	$W_{0,0}$	P_{24}	K	K_0	$W_{0,0}$	P_{33}	K	K_0	$W_{0,0}$
	1	1	0,2		0	-	-		0	-	-		0	-	-
P_7	K	K_1	$W_{1,3}$	P_{16}	K	K_0	$W_{0,0}$	P_{25}	K	K_0	$W_{0,0}$	P_{34}	K	K_0	$W_{0,0}$
	1	1	0,4		0	-	-		0	-	-		0	-	-
P_8	K	K_1	$W_{1,5}$	P_{17}	K	K_1	$B_{1,3}$	P_{26}	K	K_0	$W_{0,0}$	P_{35}	K	K_0	$W_{0,0}$
	1	1	0,6		1	1	0,15		0	-	-		0	-	-

Применение предложенного подхода позволяет полноценно моделировать работу ИНС с применением математического аппарата теории сетей Петри.

Стоит отметить, что использованием меток в качестве средства моделирования весов синапсов ИНС, позволяет не только моделировать работу ИНС, но и позволяет проводить процедуру обучения. В конце

процедуры обучения в позициях, отвечающих за хранение весов синапсов, требуется разместить метку с полученным весом.

Таим образом можно говорить, что предложенный подход моделирования весов синапсов ИНС с использованием меток является перспективным направлением в задачах моделирования ИНС с применением математического аппарата теории сетей Петри.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ: № 18-07-00634-А.

Список использованной литературы:

1. Петросов, ДА Математическая модель формирования конфигурации вычислительной техники на основе триггеров /Петросов Д.А.// Вестник Ижевского государственного технического университета. 2009. № 3. С. 139-143.
2. Ломазов, В.А. Информационное моделирование инновационно-инвестиционных проектов/ В.А. Ломазов, В.И. Ломазова, В.Л. Михайлова, Д.А. Петросов// Успехи современного естествознания. 2015. № 1-2. С. 339-340.
3. Ломазов, В.А. Обзор графоаналитических инструментальных средств моделирования в задачах синтеза систем/ В.А. Ломазов, Д.А. Петросов, В.А. Игнатенко// Новая наука: Опыт, традиции, инновации. 2015. № 6. С. 167-170.
4. Ломазов, В.А. Учет чувствительности результатов многокритериального оценивания от изменений экспертных суждений при выборе региональных инновационно-инвестиционных проектов в области здравоохранения/ В.А. Ломазов, Е.В. Нестерова, Д.А. Петросов// Фундаментальные исследования. 2015. № 3. С. 192-196.
5. Петросов, Д.А. Эволюционный синтез систем на основе заданной элементной базы компонентов/ Д.А. Петросов, В.А. Ломазов, Д.А. Басавин// Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2015. № 7 (204). С. 116-124.
6. Петросов, Д.А. Адаптация генетического алгоритма при моделировании вычислительной техники с изменяющейся структурой и набором компонентов на основе сетей Петри / Петросов Д.А.// Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2009. № 6 (20). С. 151-160.
7. Petrosov, D.A. Evolutionary synthesis of large discrete systems with dynamic structure/ D. A, Petrosov, V.A. Lomazov, A.I. Dobrunova, S.I. Matorin, V.I. Lomazova// Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. Т. 12. № 3. С. 2971-2981.
8. Ломазов, В.А. Применение имитационного моделирования при поиске проектного решения для многоуровневых логистических агропроизводственных систем с заданным поведением / В.А. Ломазов, Д.А. Петросов //В сборнике: Современные тенденции в сельском хозяйстве. II Международная научная Интернет-конференция: материалы конференции: в 2 томах. ИП Синяев Дмитрий Николаевич. 2013. С. 129-131

9. Ломазов, В.А. Эволюционная процедура структурного и параметрического синтеза имитационных моделей систем документооборота / В.А. Ломазов, В.Л. Михайлова, Д.А. Петросов, Д.Б. Ельчанинов// Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2013. № 22 (165). С. 204-209.

10. Lomazov, V.A. Evolutionary selection of the models of interacting processes on the basis of expert assessments / V. A. Lomazov, D.A. Petrosov, A.I. Dobrunova, V. I. Lomazova, S.I. Matorin S.I.// International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Т. 11. № 3. С. 1867-1873.

11. Петросов, Д.А. Применение генетических алгоритмов к решению задачи параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением / Петросов Д.А., Ломазов В.А., Игнатенко В.А., Карамышев Е.П., Басавин Д.А.// Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2016. № 23 (244). С. 93-99.

12. Петросов, Д.А. Теоретические основы многокритериального экспертного оценивания инновационных агро-бизнес проектов (МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ)/ Д.А. Петросов, В.А. Ломазов, А.И. Добрунова, В.А. Игнатенко// Монография. Белгород, 2018.

13. Игнатанко, В.А. Моделирование динамики функционирования систем управления технологическим процессом с использованием математического аппарата сетей Петри/ В.А. Игнатенко, Д.А. Петросов// В сборнике: Информационно-аналитические системы и технологии. Материалы V международной конференции. 2018. С. 34-39.

14. Petrosov, D. A. Intellectual structural-parametric synthesis of large discrete systems with specified behavior /D.A. Petrosov, V.A. Lomazov, A.L. Mironov, S.V. Klyuev, K.A. Muravyov, F.M. Vasilievna// Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Т. 13. № 8. С. 2177-2182.

15. Петросов, Д.А. Применение информационных сетей Петри для моделирования нейронной сети в задаче управления адаптированным генетическим алгоритмом при решении задач структурно-параметрического синтеза дискретных систем /Д.А. Петросов, В.А. Игнатенко// Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 5. № 12. С. 138-141.