

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 519.24

О ПРЕОБРАЗОВАНИИ СЕТИ ПЕТРИ В НЕЙРОННУЮ СЕТЬ*

Д.О. РОМАННИКОВ

630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматики.
E-mail: dmitry.romannikov@gmail.com

При разработке моделей, основанных на искусственных нейронных сетях, выбор модели нейронной сети основывается на эмпирических знаниях исследователя, что крайне негативно сказывается на пороге вхождения, обоснованности и корректности работы модели, времени обучения и других аспектах. Таким образом, задача обоснования выбора модели нейронной сети является актуальной задачей. В статье предлагается подход к формированию структуры нейронной сети на основе предварительно разработанной модели сети Петри. Из-за существенного различия в строении нейронной сети и сети Петри такое преобразование основано на ряде допущений: 1) места и переходы в сети Петри преобразуются в нейроны; 2) дуги между местами и переходами в сети Петри преобразуются в связи в нейронной сети; 3) защитные условия на переходах при преобразовании не переносятся в нейронную сеть. На основе задачи выявления наименьшего элемента среди двух сравниваемых чисел приводится пример преобразования сети Петри в нейронную сеть. Приведена структурная схема полученной нейронной сети, а также ее реализации с использованием библиотеки keras. Объем данных составил 10 000 примеров для самого обучения и 3000 примеров для валидации. Точность обучения составила 0.9940.

Ключевые слова: нейронные сети, сети Петри, искусственный интеллект, преобразование, функция активации, keras, регуляризация, обучение

DOI: 10.17212/2307-6879-2016-4-98-103

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время часть задач решается только с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС) [1–3]. Например, к таким задачам относятся задачи распознавания изображений [1, 4–6], задачи автоматической раскраски черно-белых изображений, игра в Go и другие (в данном случае результаты

* Статья получена 01 октября 2016 г.

работы ИНС значительно лучше, чем аналоги) [1–8]. Однако существует множество нерешенных задач в области ИНС, таких как математическое описание принципов работы ИНС, увеличение числа слоев ИНС для более глубокого обучения, увеличение скорости обучения и, в частности, обоснование выбора структуры ИНС.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ЕЕ РЕШЕНИЕ

В настоящее время задача выбора структуры ИНС является нерешенной задачей. На практике выбор вида ИНС осуществляется эмпирически на основе опыта исследователя и множества попыток обучения. Таким образом, обоснование выбора структуры ИНС и/или ее предварительный расчёт на основе других моделей является актуальной задачей.

В работе предлагается подход к формированию ИНС на основе построенной модели в сетях Петри [9–13]. Несмотря на различия в начальном строении, можно выполнить преобразование применив следующие допущения: 1) места и переходы в сети Петри преобразуются в нейроны; 2) дуги между местами и переходами в сети Петри преобразуются в связи в нейронной сети; 3) защитные условия на переходах при преобразовании не переносятся в нейронную сеть.

2. ПРИМЕР

Рассмотрим задачу определения наименьшего из двух чисел. Сеть Петри для решения данной задачи приведена на рис. 1.

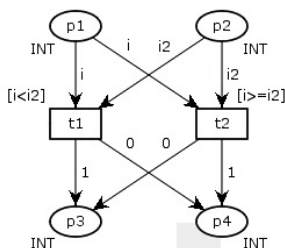


Рис. 1. Сеть Петри для решения приведенной задачи

В данной сети метки, содержащие сравниваемые целые числа, изначально расположены во входных местах в $p1$ и $p2$. В схеме срабатывает один из двух

переходов $t1$ или $t2$ в зависимости от защитного условия. При этом в места $p3$ и $p4$ переходят значения нуля или единицы для обозначения меньшего числа.

Та же задача может быть решена при помощи использования ИНС. Условная схема приведена на рис. 2, а исходный код ИНС – на рис. 3.

На рис. 2 приведено схематичное представление ИНС с двумя скрытыми слоями, с использованием функции «выпрямителя» (*relu*) в элементах первого слоя и функции *softmax* в элементах второго слоя.

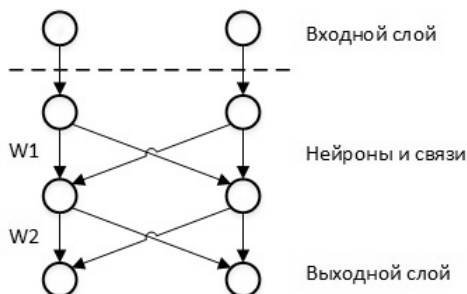


Рис. 2. Схематичное представление нейронной сети для решения приведенной задачи

Оригинальная реализация с использованием библиотеки *keras* представлена на рис. 3.

```
model = Sequential()
model.add(Dense(output_dim=2, input_dim=2, bias=False))
model.add(Activation('relu'))

model.add(Dense(output_dim=2, input_dim=2, bias=False))
model.add(Activation('softmax'))

model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer='sgd')
```

Рис. 3. Исходный код для реализации нейронной сети

Обучение данной сети выполнялось на сгенерированных парах чисел. Объем данных для обучения составил 10 000 примеров для самого обучения и 3000 примеров для валидации. Точность обучения составила 0.9940.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье на предложена идея преобразования сети Петри в нейронную сеть, что позволяет получить начальную структуру для обучения. Преобразование основывалось на следующих правилах: 1) места и переходы в

сети Петри преобразуются в нейроны; 2) дуги между местами и переходами в сети Петри преобразуются в связи в нейронной сети; 3) защитные условия на переходах при преобразовании не переносятся в нейронную сеть.

Приведен пример преобразования и реализации полученной нейронной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bishop C.* Pattern recognition and machine learning. – New York: Springer, 2007. – 738 p. – (Information science and statistics).
2. *Richert W., Coelho L.* Building machine learning systems with Python. – Birmingham: Packt Publ., 2013. – 290 p.
3. *Hastie T., Tibshirani R., Friedman J.* The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. – 2nd ed. – New York: Springer, 2013. – 745 p. – (Springer series in statistics).
4. *Lantz B.* Machine learning with R. – Birmingham: Packt Publ., 2013. – 396 p.
5. *Mohri M., Rostamizadeh A., Talwalkar A.* Foundations of machine learning. – Cambridge, MA: MIT Press, 2012. – 432 p. – (Adaptive computation and machine learning series).
6. *Conway D., White J.M.* Machine learning for hackers. – Sebastopol, CA: O'Reilly, 2012. – 324 p.
7. Welcome to the Deep Learning tutorial [Electronic resource]. – URL: <http://deeplearning.stanford.edu/tutorial/> (accessed: 14.03.2017).
8. *Haykin S.* Neural networks: a comprehensive foundation. – New York: MacMillan Publ., 1994. – 1104 p.
9. *Коротиков С.В., Воевода А.А.* Применение сетей Петри в разработке программного обеспечения центров дистанционного управления и контроля // Научный вестник НГТУ. – 2007. – № 4. – С. 15–32.
10. *Воевода А.А., Марков А.В.* Рекурсия в сетях Петри // Сборник научных трудов НГТУ. – 2012. – № 3 (69). – С. 115–122.
11. *Воевода А.А., Романников Д.О.* О компактном представлении языков раскрашенных сетей Петри // Сборник научных трудов НГТУ. – 2008. – № 3(53). – С. 105–108.
12. *Воевода А.А., Марков А.В., Романников Д.О.* Разработка программного обеспечения: проектирование с использованием UML диаграмм и сетей Петри на примере АСУ ТП водонапорной станции // Труды СПИИРАН. – 2014. – Вып. 3 (34). – С. 218–231.
13. *Марков А.В., Воевода А.А.* Развитие системы «перемещение манипулятора в пространстве с препятствиями» при помощи рекурсивных функций // Автоматика и программная инженерия. – 2013. – № 2 (4). – С. 35–41.

Романников Дмитрий Олегович, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматики Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – нейронные сети, сети Петри. Имеет более 50 публикаций. E-mail: dmitry.romannikov@gmail.com

The formation of the correlated noises*

D.O. Romannikov

Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marks Avenue, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, candidate of Technical Sciences, associate professor of the automation department. E-mail: dmitry.romannikov@gmail.com

When developing models based on artificial neural network selection neural network model based on empirical knowledge of the researcher, which is extremely negative impact on the verge of entering the validity of the correctness of the model training time, and other aspects. Thus, the problem justify the selection of neural network model is an urgent task. The paper proposes an approach to the formation of the neural network structure based on previously developed model of Petri nets. Due to the significant differences in the structure of the neural network and Petri this transformation is based on a number of assumptions: 1) place Petri nets are converted into neurons; 2) transitions in Petri nets are converted into neurons; 3) arcs between the places and transitions in the Petri net are transformed into neural network communications; 4) Protective conditions on transitions in the conversion are not transferred to the neural network. On the basis of the problem to identify the smallest element among the two compared an example of the transformation of Petri nets in the neural network. The block diagram of a neural network obtained and its implementation through the use keras library. The amount of data was for 10,000 examples of the 3000 training and validation examples. Precision Training was 0.9940.

Keywords: neural networks, Petri nets, artificial intelligence, transformation, activation function, keras, regularization, training

DOI: 10.17121/2307-6879-2016-4-98-103

REFERENCES

1. Bishop C. *Pattern recognition and machine learning. Information science and statistics*. New York, Springer, 2007. 738 p.
2. Richert W., Coelho L. *Building machine learning systems with Python*. Birmingham, Packt Publ., 2013. 290 p.
3. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*. 2nd ed. *Springer series in statistics*. New York, Springer, 2013. 745 p.
4. Lantz B. *Machine learning with R*. Birmingham, Packt Publ., 2013. 396 p.

* Received 01 October 2016.

5. Mohri M., Rostamizadeh A., Talwalkar A. *Foundations of machine learning. Adaptive computation and machine learning series*. Cambridge, MA, MIT Press, 2012. 432 p.
6. Conway D., White J.M. *Machine learning for hackers*. Sebastopol, CA, O'Reilly, 2012. 324 p.
7. *Welcome to the Deep Learning tutorial*. Available at: <http://deep-learning.stanford.edu/tutorial/> (accessed 14.03.2017)
8. Haykin S. *Neural networks: a comprehensive foundation*. New York, Mac-Millan Publ., 1994. 1104 p.
9. Korotikov S.V., Voevoda A.A. Primenenie setei Petri v razrabotke programmnogo obespecheniya tseftrov dstantsionnogo upravleniya i kontrolya [Using Petri nets in software development of remote monitoring and control center]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Science bulletin of the Novosibirsk state technical university*, 2007, no. 4, pp. 15–32.
10. Voevoda A.A., Markov A.V. Rekursiya v setyakh Petri [The concepts recursion in Petri nets]. *Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Transaction of scientific papers of the Novosibirsk state technical university*, 2012, no. 3 (69), pp. 115–122.
11. Voevoda A.A., Romannikov D.O. O kompaktnom predstavlenii yazykov raskrashennykh setei Petri [On the compact representation of the languages of colored Petri nets]. *Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Transaction of scientific papers of the Novosibirsk state technical university*, 2008, no. 3 (53), pp. 105–108.
12. Voevoda A.A., Markov A.V., Romannikov D.O. Razrabotka programmno-go obespecheniya: proektirovanie s ispol'zovaniem UML diagramm i setei Petri na primere ASU TP vodonapornoj stantsii [Software development: software design using UML diagrams and Petri nets for example automated process control system of pumping station]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS proceedings*, 2014, iss. 3 (34), pp. 218–231.
13. Markov A.V., Voevoda A.A. Razvitie sistemy "peremeshchenie manipulyatora v prostranstve s prepyatstviyami" pri pomoshchi rekursivnykh funktsii [Development of the system "moving the manipulator in the obstacle space" with the help of recursive functions]. *Avtomatika i programmnaya inzheneriya – Automatics & Software Enginery*, 2013, no. 2 (4), pp. 35–41.