

**В.В. ФРОЛОВ** канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ», г. Харьков

## **РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ДИСКРЕТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Запропоновано способи формування математичної моделі технологічної системи для вибору її раціональних параметрів на основі нейронних мереж з розробкою програмних модулів. Розроблено інформаційну модель технологічної системи у вигляді штучної нейронної мережі, що складає з нейронів спеціального виду на базі мови XML.

Ways of forming of mathematical model of technological system for sampling its rational parameters on the basis of neural networks with development of programm modules are offered. The entity set model of technological system as the artificial neural network consisting of neurons of a special aspect on baseline of language XML is developed.

Задачи рационального подбора параметров структурных элементов технологической системы в условиях многономенклатурного производства представляет собой сложную комбинаторно–оптимизационную задачу[1–2]. При этом необходимо учитывать, что структура технологической системы, в этом случае, фиксированная, т.е. имеется фрейм технологической операции, где слотами являются структурные элементы технологической системы с конечными опорными множествами. Мощность опорных множеств слотов определяются возможностями производственных подразделений, т.е. наличием в этих подразделениях технологической оснастки и оборудования. Каждое технологическое решение, принятое технологом в таких условиях, представляет собой решение из множества декартового произведения опорных множеств слотов, причем связи между слотами, зафиксированные на уровне фрейма, определяют возможность реализации того или иного решения из этого множества. Задача рационального выбора, тогда решается методами дискретной оптимизации. Но для этого необходимо сформировать математическую модель технологической системы с ограничениями, что является не тривиальной задачей. Решение данной задачи можно упростить, если использовать типовую элементную базу формирования математической модели технологической системы. В связи с этим целью данной статьи является обеспечение снижения трудоемкости разработки математической модели технологической системы за счет выбора теоретической основы формирования элементной базы и разработки программного обеспечения для решения данной задачи.

В работе [2] было предложено описывать структуру технологической системы (ТС) в виде помеченного ориентированного упорядоченного дерева с корнем. В этом случае теоретической основой формирования модели ТС могут быть элементы, представленные на рисунке 1.

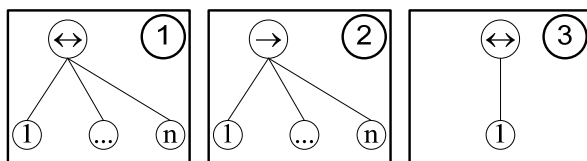


Рис. 1 Основные структурные элементы модели

Элементы 1 и 3 отражают свойство эквивалентности, а элемент 2 – свойство следования. Их структура позволяет использовать для оценки трудоемкости обработки детали по моделируемому технологическому процессу формальный нейрон специального вида.

Для элемента 2 на рис. 1 возможно использовать классическую схему формального нейрона, поскольку, для вычисления машинного времени при таком совмещении методов обработки необходимо простое суммирование. Функция активации в этом случае должна учитывать долю машинного времени в штучном, по сути, это линейная функция активации. Для элемента 1 необходимо, чтобы нейрон выдавал сигнал, соответствующий максимальному значению, подаваемому на рецепторы. Элемент 3 – это частный случай элемента 1. Можно разработать формальный нейрон, функционирующий в зависимости от ситуации, как два предыдущих. Схема этого нейрона приведена на рисунке 2.

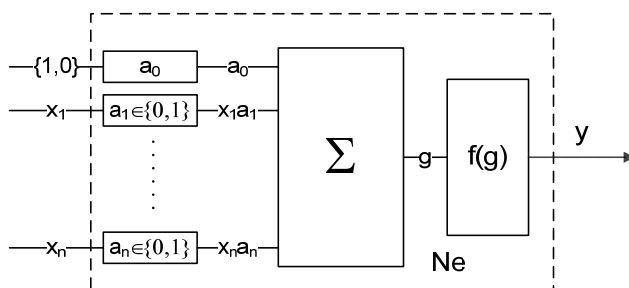


Рис. 2 Схема формального нейрона для оценки трудоемкости

Здесь синаптические коэффициенты  $a_i$  должны быть бинарными, а их веса принимаются в зависимости от начального состояния нейрона, если  $a_0 = 1$ , то все синаптические коэффициенты равны единице, в противном случае – равен единице синаптический коэффициент, соответствующий рецептору с максимальным значением сигнала. Математическая модель этого формального нейрона может быть записана в виде 1.

Поскольку полученный нейрон моделирует базовые элементы структурной модели ТП, вся структура технологического процесса может быть представлена ИНС, сформированной на базе этих нейронов.

Информационная модель ИНС реализуется в формате XML и представлена на рисунке 3. Здесь нейронная сеть (тег – net) состоит из слоев (тег – layer), а каждый слой включает в себя отдельные нейроны (тег – neurone).

$$\begin{aligned}
 y &= f(g) \\
 f(g) &= k \cdot g \\
 g &= \bar{a}^T \cdot \bar{x} \\
 \bar{a} &= \begin{cases} \left\{ \begin{array}{l} a_i = 1, \forall i \in \{1, n\} : \max_i \{x_i\} = x_i \\ a_i = 0, \forall i \in \{1, n\} : \max_i \{x_i\} \neq x_i \end{array} \right\} & \text{if } b = 0 \\ \sum_i a_i = 1 \\ \left\{ \begin{array}{l} a_i = 1, \forall i \in \{1, n\} : x_i = x_i \\ a_i = 0, \forall i \in \{1, n\} : x_i \neq x_i \end{array} \right\} & \text{if } b = 1 \end{cases} \quad (1)
 \end{aligned}$$

```

<?xml version="1.0" ?>
- <net>
- <layer num="1">
- <neurone layer="1" num="1" type="2"
  name="block">
- <transfer type="3">
  <K>2</K>
</transfer>
- <synapses swt="0">
- <axon num="1">
  <value />
  <synapse num="1" value="" />
  <synapse num="2" value="" />
  <synapse num="3" value="" />
</axon>
</synapses>
<initial_rec value="2.15" />
- <receptors>
- <receptor num="1" name="111" type="0">
  <value>0.5</value>
</receptor>
- <receptor num="2" name="" type="0">
  <value>0.85</value>
</receptor>
- <receptor num="3" name="222" type="0">
  <value>0.3</value>
</receptor>
</receptors>
</neurone>
+ <neurone layer="1" num="2" type="3"
  name="block1">
</layer>
+ <layer num="2">
</net>

```

Рис. 3 Информационная модель ИНС

Каждый нейрон имеет уникальный номер в слое (num) и может быть различного типа (type). Предусмотрено несколько типов нейронов: 0 –

простой сумматор; 1 – нейрон, выдающий максимальный сигнал; 2 – нейрон, выдающий минимальный сигнал; 3 – нейрон типа перцептрон. Нейрон состоит из рецепторов (тег – receptors) и аксонов (тег – axon), связанных через синаптические коэффициенты (тег – synapse). Данная информационная модель предполагает использование различных функций активации нейрона (тег – transfer): линейная функция активации; сигмоидная функция активации смещенная; сигмоидная функция активации симметричная; степенная; пороговая.

Моделирование работы данной сети выполняется специальной библиотекой – NetworkClass, реализованной в виде ActiveX динамической библиотеки, которую возможно подключать к любому приложению позволяющему использовать ActiveX технологию для расширения своих вычислительных возможностей. Данная библиотека предоставляет следующие методы обработки нейронной сети: обработка нейронной сети технологического проектирования; заполнение значениями рецепторов сети; преобразование информационной модели ТП в нейронную сеть.

Данная ИНС позволяет оценить трудоемкость обработки заданной детали при фиксированной структуре ТП. Что позволяет реализовать концепцию разработки структурной модели технологической системы из отдельных типовых блоков – нейронов специального вида.

Если использовать нейроны в качестве базовых элементов модели построения ТС, то появляется возможность разработать динамическую модель системы с использованием библиотеки Simulink. Библиотека имеет структуру, представленную на рисунке 4.

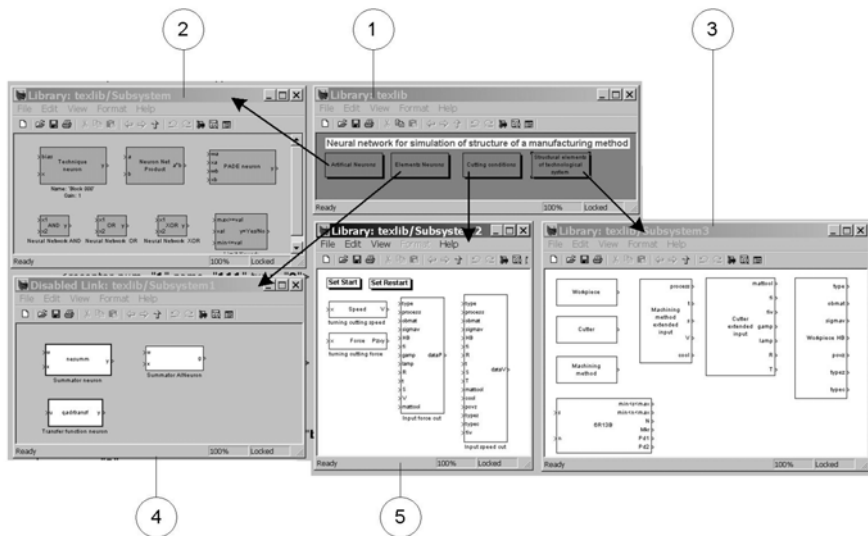


Рис. 4 Структура библиотеки моделирования технологической системы

Библиотека состоит из четырех разделов: 2 – искусственные нейроны специального вида; 4 – элементная база для формирования искусственных нейронов; 5 – условия обработки; 3 – структурные элементы технологической системы. Такой подход позволяет компоновать динамическую модель ТС из типовых элементов. Например, структурная модель технологической системы, представленная на рисунке 5, моделирует обработку на станке с двумя позициями (позиция 1 – Block 001; позиция 2 – Block 002), которые работают параллельно, а на каждой из позиций работает по два инструмента последовательно (Constant3, Constant4 и Constant5, Constant6). Таким образом, время обработки будет определено по лимитирующей позиции 2.

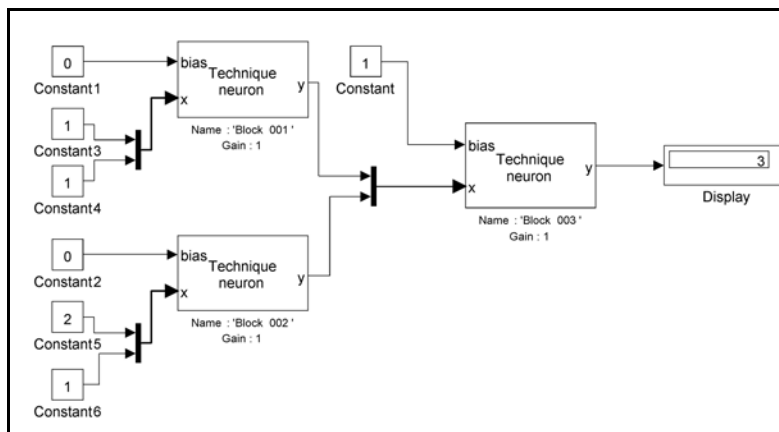


Рис. 5 Модель технологической системы

Выводы:

1. Элементная база для разработки структурной модели технологической системы наиболее эффективно реализуется на основе формальных нейронов специального вида. Это позволяет представлять технологическую систему в виде ИНС прямого распространения.

2. Информационная модель нейронной сети может быть реализована в формате XML, что обеспечивает возможность интеграции с различными системами САПР, поддерживающими ActiveX технологии, для расширения их возможностей.

**Список литературы:** 1. В.В. Фролов Реализация генетического алгоритма для двухуровневой оптимизации параметров технологической системы / В.В. Фролов // Восточно – Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №46. – С.33–36 2. В.В. Фролов Классификация технологических структур искусственными нейронными сетями / В.В. Фролов // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2010. – №25,– С.102–109.

Поступила в редколлегию 20.09.2010