

УДК 004.3

А.В. Елтышев**A.V. Eltyshev**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛЕЙ
СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
В СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ ANYLOGIC****SYNTHESIS AND ANALYSIS HYBRID MODELS
FOR THE SYSTEM OF MASS SERVICING
IN THE ANYLOGIC DEVELOPMENT ENVIRONMENT**

Рассматриваются аналитическая и гибридная модели нейронной сети самомаршрутизирующегося нейросетевого аналого-цифрового преобразователя. Была выбрана упрощенная модель нейронной сети, определены ее начальные параметры. В качестве примеров аналитического и гибридного анализа нейронной сети на отказоустойчивость были выбраны сети с одним неисправным основным нейроном, двумя последовательно расположенными неисправными нейронами и двумя неисправными нейронами, которые не являются соседними друг к другу. Описана логика работы гибридных моделей нейронной сети. Произведен сравнительный анализ результатов вышеперечисленных моделей.

Ключевые слова: нейросетевой самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь, нейронная сеть, основной нейрон, аналитическая модель, гибридная модель.

The given work concerns the analytical and the hybrid models of a neuron network in the self-routing neuron-network analog-to-digital converter. A simplified model of a neuron network was chosen and its initial parameters were defined. As the examples of analytical and hybrid analyses for fault-tolerance of the neuron network there were chosen the networks with one inoperative basic neuron, with two inoperative neurons located sequentially and with two inoperative neurons located nonsequentially. The logic of neuron network hybrid models operating was also described. The comparative analysis of mentioned models' results was conducted.

Keywords: neuron-network self-routing analog-to-digital converter, neuron network, basic neuron, analytical model, hybrid model.

В настоящее время для разрабатываемого нейросетевого самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя, особенностью которого является высокая отказоустойчивость, разработана аналитическая модель упрощенной нейронной сети (НС), задачей которой является получение формулы для вычисления числа основных нейронов (ОН) в зависимости от параметров нейронной сети (НС):

- максимально допустимое количество входных заявок;
- минимальная разрядность входной заявки;
- максимальная разрядность входной заявки.

В данной работе за основу модели была взята НС (рис. 1) со следующими начальными параметрами:

- количество обслуживающих основных нейронов (ОН) $n = 4$;
- максимальное количество входных заявок $N = 2$;
- разрядность входной заявки (возможное количество ОН, требуемое за-
явкой) $m = (1; 2)$.

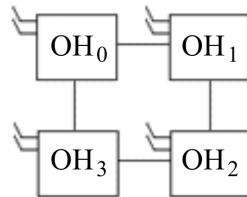


Рис. 1. Упрощенная структурная схема НС

Разработанная аналитическая модель АЦП была описана с помощью теории систем массового обслуживания (СМО), и после анализа входных и выходных потоков был определен вид данной системы – векторное СМО с отказами.

Вычисление вероятности отказа в аналитической модели включает в себя построение графа состояний СМО, составление системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) и, наконец, получение формул вероятностей наступления состояний с отказом (входная заявка не может разместиться в НС), сумма которых дает вероятность отказа в обслуживании поступившей заявки.

Однако с ростом значений начальных параметров растут временные затраты, так как увеличивается граф состояний и, следовательно, усложняется процедура составления и решения СЛАУ. Решением возникшей проблемы стало проектирование гибридной модели АЦП в среде разработки AnyLogic, которая будет описывать аналитическую модель.

На рис. 2 представлен граф состояний, построенный с использованием графических элементов AnyLogic и соответствующий графу аналитической модели с начальными параметрами, перечисленными выше. Графические блоки $s00$, $s10$ и т.д. соответствуют состояниям $\bar{x}_0(0, 0)$, $\bar{x}_1(1, 0)$ и т.д., переходы между блоками осуществляются по заданным интенсивностям, идентичным интенсивностям перехода между состояниями графа в аналитической модели. Указатель statechart соединен с начальной позицией моделирования (блок $s00$). С запуском моделирования происходит генерация агента, который попадает в $s00$ и в дальнейшем осуществляет переходы в соседние состояния

по наименьшему времени перехода, которое находится путем разыгрывания случайного числа по закону экспоненциального распределения от величины обратной интенсивности данного перехода. Таким образом, учитывая экспоненциальное распределение времени на обслуживание в аналитической модели, подтверждается идентичность данной модели графу векторного СМО с отказами.

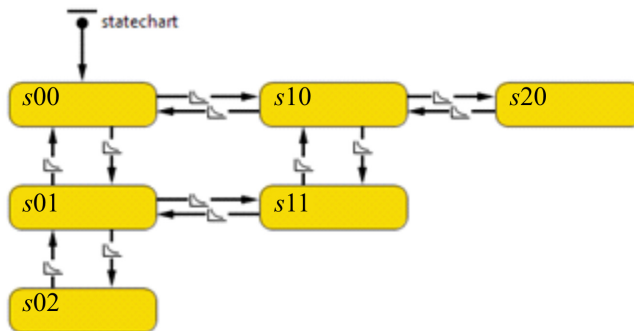


Рис. 2. Структура аналитической модели в AnyLogic

Вероятность отказа в данной модели имеет вид отношения суммарного времени отказа, при котором агент находился в блоках, соответствующих состояниям с отказом в обслуживании, ко всему времени моделирования. Таким образом, формула вероятности отказа в гибридной модели так же, как и в аналитической, является суперпозицией вероятностей наступления состояний с отказом.

Использование разработанной гибридной модели АЦП значительно упрощит и ускорит вычисления, но в ней не предусмотрена масштабируемость графа состояний СМО, вследствие чего возникают временные затраты на построение данного графа с помощью графических элементов программы. Для устранения этой проблемы было решено усовершенствовать гибридную модель.

Разработанная модель (рис. 3) изначально была задумана для описания сети массового обслуживания (СМО), которая представляет собой совокупность СМО, отличающихся друг от друга числом и расположением сломанных ОН и связанных между собой переходами по интенсивности выхода из строя одного нейрона. Однако на данном этапе разработки усовершенствованной гибридной модели она может только выполнять расчеты на уровне СМО. Согласно структуре модели агент main является СМО, который с запуском моделирования генерирует агента, описывающего СМО, mySystems, который, в свою очередь, вычисляет количество допустимых состояний и генерирует агенты myMicroSyss (состояния графа СМО). В mySystems также происходят вычисления, результаты которых предназначены для завершения построения графа СМО из агентов myMicroSyss. В связи с отсутствием

в AnyLogic генерации произвольного числа переходов как графических элементов, переход между состояниями осуществляется по тайм-ауту, значение которого есть минимальный результат разыгрывания по экспоненциальному закону распределения величин, обратных интенсивностям переходов в соседние состояния. Таким образом, как и в предыдущей модели, подтверждается идентичность данной модели графу СМО аналитической модели.

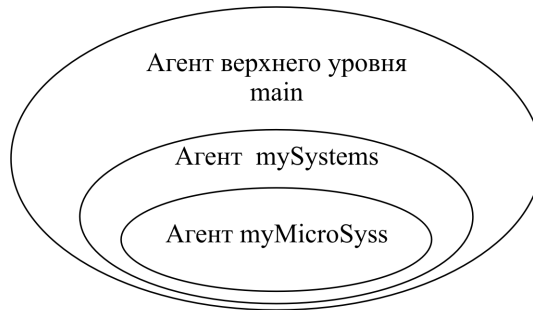


Рис. 3. Структура усовершенствованной гибридной модели в AnyLogic

Для расчета вероятности отказа в обслуживании определяются состояния с отказом (индексы агентов состояний) по данным массива агента main, значения которого вводятся вручную и являются индексами сломанных нейронов в НС, затем происходят процедуры, аналогичные расчетам вероятности отказа в предыдущей модели.

Для сравнения полученных результатов аналитической и гибридных моделей в данной работе были рассмотрены следующие примеры НС с заданными выше начальными параметрами:

- 1) НС с одним сломанным нейроном;
- 2) НС с двумя последовательно расположенными сломанными нейронами;
- 3) НС с двумя сломанными нейронами, расположенные через один исправный.

По данным рис. 4, рассматриваемые в данной работе гибридные модели соответствуют аналитической и, следовательно, показывают только возможность размещения входных заявок в нейронную сеть и при этом не учитывают возможные простаивания нейронов, возникающие в случае разделения на части подходящего для пришедшей заявки по разрядности массива свободных и исправных ОН. Таким образом, вероятность отказа в аналитической модели нейросетевого самомаршрутизирующегося АЦП несколько меньше, чем в реальном АЦП, однако для получения грубой оценки выгодно использовать именно такую модель, так как время моделирования значительно меньше, чем в имитационной модели.

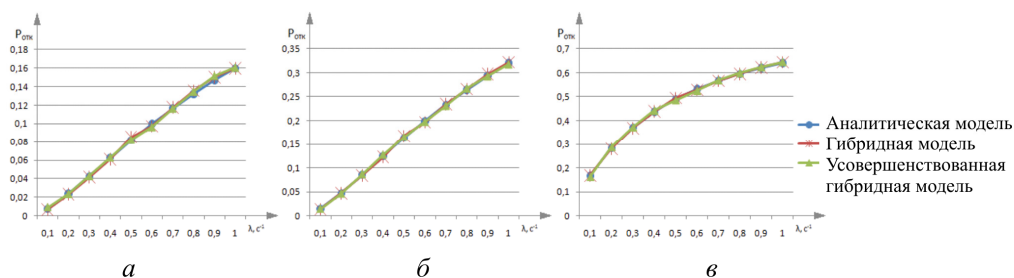


Рис. 4. Графики зависимости вероятности отказа от входного потока для рассматриваемых примеров НС: *а* – НС с одним сломанным нейроном; *б* – НС с двумя последовательно расположенными сломанными нейронами; *в* – НС с двумя сломанными нейронами, расположенные через один исправный

В ходе выполнения данной работы были поставлены следующие задачи:

- 1) доработать усовершенствованную гибридную модель до уровня СеМО;
- 2) разработать удобный интерфейс для усовершенствованной гибридной модели;
- 3) сравнить результаты аналитического моделирования с результатами реального нейросетевого самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя.

Список литературы

1. Посягин А.И., Южаков А.А. Разработка двухслойной нейронной сети для самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети // Электротехника. – 2013. – № 11. – С. 10–13.
2. Елтышев А.В., Посягин А.И. Южаков А.А. Анализ имитационной модели нейронной сети самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2015. – № 10. – С. 21–25.
3. Матушкин Н.Н., Назаров А.А., Южаков А.А. Мультипликативность распределения состояний замкнутой СМО при неоднородном входящем потоке // Информационные управляющие системы: сб. науч. тр. / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 1996. – С. 34–38.
4. Даденков С.А., Кон Е.Л. Анализ моделей и методов агентного и дискретно-событийного имитационного моделирования // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2015. – № 5. – С. 35–41.

Получено 13.07.2016

Елтышев Александр Владимирович – магистрант кафедры «Автоматика и телемеханика», электротехнический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: eltysheval322@gmail.com.