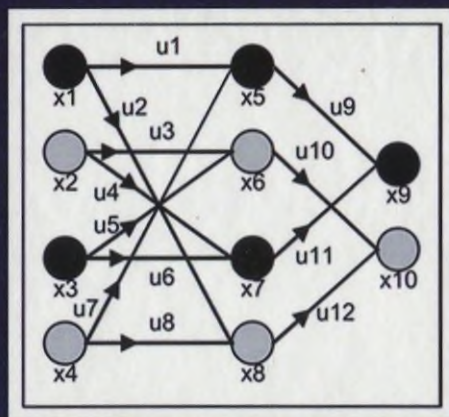


ИГОРЬ ГРИГОРЬЕВИЧ ФИЛИППЕНКО

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕЙРОАВТОМАТОВ И НЕЙРОАВТОМАТНО- ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ



КИЕВ 2015

И. Г. Филиппенко

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
НЕЙРОАВТОМАТОВ
И НЕЙРОАВТОМАТНО-
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ
СТРУКТУРЫ**

Под редакцией
доктора технических наук, профессора
О. Г. Руденко

Киев "Каравелла" 2015

УДК 681.51,519.713.2
ББК 32.973.23

Рецензенты:

Е. В. Бодянский,

доктор технических наук, профессор кафедры искусственного интеллекта
Харьковского национального университета радиозлектроники;

В. Д. Дмитриенко,

доктор технических наук, профессор кафедры вычислительной техники и
программирования Национального технического университета "Харьковский
политехнический институт".

Филиппенко И. Г. Взаимодействующие нейроавтоматы и нейроавтоматно-вычислительные структуры: Под редакцией О. Г. Руденко.
- К.: Каравелла, 2015. 440 с. Табл. - 31. Ил. - 197. Библиогр. - 435.

В книге изложены основные принципы построения гарантированно отказоустойчивых, в заданном временном интервале, нейроавтоматно-вычислительных структур, реализующие законы управления техногенно опасными объектами, или объектами специального предназначения, сбой которых могут привести либо к техногенным катастрофам, либо к большим финансовым затратам, либо к не выполнению поставленного перед объектом управления задания. Рассмотрены базовые составляющие нейроавтоматно-вычислительных структур: нейроавтоматы, их организация в нейроавтоматные колонки, механизмы предопределенно-случайного взаимодействия нейроавтоматов между собой, автономные самоорганизующиеся вычислительные компоненты, реализующие математические операции копирования, ветвления, алгебраического сложения, вычитания, деления. Приведен анализ классических методов обеспечения надежности технических систем, методы построения математических моделей автономных самоорганизующихся вычислительных компонент, реализующие математические операции копирования, ветвления, алгебраического сложения, вычитания, деления. Приведены: процедура отображения структуры решения целочисленных, целозначных разностных уравнений прямой формы представления на нейроавтоматно-вычислительную структуру, процедура отображения структуры решаемой задачи на нейроавтоматно-вычислительную структуру. Рассмотрена процедура синтеза компонент механизма предопределенно-случайного взаимодействия нейроавтоматов нейроавтоматно-вычислительных структур между собой. Рассмотрены принципы обеспечения отказоустойчивости и живучести нейроавтоматно-вычислительных структур. В заключении рассмотрено использование изложенных в работе методов и способов обеспечения отказоустойчивости нейроавтоматно-вычислительных структур при решении некоторых практических задач.

Изложение ведется на сравнительно элементарном уровне, вполне доступно читателю, знакомому с обычным вузовским курсом математики с элементами теории вероятностей.

Книга рассчитана на широкий круг читателей - инженеров, научных работников и хозяйственных руководителей, интересующихся построением вычислительных структур и систем, для обеспечения отказоустойчивости и живучести которых не требуется никаких встроенных средств обнаружения, отыскания и устранения неисправностей.

У Читателя прошу прощения за возможные неточности и опечатки.

© Филиппенко И. Г., 2015

ISBN 978-966-222-980-6

© Издательство «Каравелла», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	7
Перечень основных обозначений.....	10
Раздел 1. Введение.....	13
1.1. Классические методы обеспечения надежности технических систем.....	13
1.2. Машинная арифметика в остаточных классах.....	14
1.3. Самоорганизация.....	17
1.4. Алгоритмическое и программное обеспечение отказоустойчивых вычислительных систем.....	18
1.5. Адаптивный и самообучающийся подход обеспечения отказоустойчивости вычислительных систем.....	19
1.6. Некоторые способы обеспечения надежности искусственных нейронных сетей.....	20
1.7. Концепция активных отказоустойчивых систем управления (AFTCS - Active Fault-Tolerant Control System).....	21
1.8. Обеспечение отказоустойчивости компьютерных систем реального времени.....	23
1.9. Методы восстановления систем.....	28
1.10. Методы и модели самовосстановления.....	29
1.11. Резюме.....	44
Раздел 2. Нейроавтоматно-вычислительные структуры.....	55
2.1. Немного истории.....	55
2.2. Модель нейроавтомата.....	57
2.3. Нейроавтоматно-вычислительные структуры.....	65
2.4. Сравнительный анализ организационных принципов построения нервных биологических сетей и базовых нейроавтоматно-вычислительных структур.....	72
2.5. Резюме.....	75
Раздел 3. Математические модели автономных самоорганизующихся вычислительных компонент.....	78
3.1. Математическая модель автономной самоорганизующейся вычислительной компоненты "Копирование".....	78
3.1.1. Моделирование процесса самоорганизации в автономной вычислительной компоненты "Копирование".....	83
3.1.2. Обеспечения отказоустойчивости автономных самоорганизующихся вычислительных компонент на примере компоненты "Копирование".....	89
3.1.3. Особенности предопределенно-случайного механизма взаимодействия нейроавтоматов автономных самоорганизующихся вычислительных компонент между собой.....	90
3.2. Математическая модель автономной самоорганизующейся вычислительной компоненты "Умножение".....	92
3.2.1. Моделирование процесса самоорганизации автономной вычислительной компоненты "Умножения".....	97
3.3. Математическая модель автономной самоорганизующейся вычислительной компоненты "Деление".....	103
3.3.1. Моделирование процесса самоорганизации автономной вычислительной компоненты "Деление".....	107

3.4. Математическая модель автономной самоорганизующейся вычислительной компоненты "Ветвление".....	110
3.4.1. Моделирование процесса самоорганизации в вычислительной компоненты "Ветвление".....	117
3.5. Математическая модель автономной самоорганизующейся вычислительной компоненты "Сложение ЦЧРЗ".....	123
3.5.1. Моделирование процесса самоорганизации автономной вычислительной компоненты "Сложение ЦЧРЗ".....	135
3.6. Математическая модель автономной самоорганизующейся вычислительной компоненты "Сложение ЦЧ03".....	140
3.6.1. Моделирование процесса самоорганизации автономной вычислительной компоненты "Сложение ЦЧ03".....	145
3.7. Резюме.....	149

Раздел 4. Анализ структуры решаемой задачи и ее преобразование к виду, позволяющему ее реализацию на нейроавтоматно-вычислительных структурах.....

4.1. Анализ вычислительных структур решения разностных уравнений рекурсивных фильтров.....	152
4.1.1. Преобразование разностных уравнений цифровых рекурсивных фильтров прямой формы представления к целочисленному, целозначному виду.....	153
4.1.2. Процедура минимизации ошибки $\Delta y(g)$	160
4.1.3. Процедура минимизации ошибки $\Delta y(\ell)$	161
4.1.4. Преобразование разностных уравнений цифровых рекурсивных фильтров каскадной формы представления к целочисленному, целозначному виду.....	163
4.1.5. Преобразование разностных уравнений цифровых рекурсивных фильтров параллельной формы представления к целочисленному, целозначному виду.....	168
4.2. Резюме.....	172

Раздел 5. Отображение структуры решаемой задачи на нейроавтоматно-вычислительную структуру.....

5.1. Процедура отображения структуры решения целочисленных, целозначных разностных уравнений прямой формы представления на нейроавтоматно-вычислительную структуру.....	174
5.1.1. Проверка правильности отображения структуры решения целочисленного, целозначного разностного уравнения прямой формы представления на нейроавтоматно-вычислительную структуру.....	182
5.2. Процедура отображения структуры решения целочисленных, целозначных разностных уравнений каскадной формы представления на нейроавтоматно-вычислительную структуру.....	187
5.2.1. Проверка правильности отображения структуры решения целочисленного, целозначного разностного уравнения каскадной формы представления на нейроавтоматно-вычислительную структуру.....	189
5.3. Процедура отображения структуры решения целочисленных, целозначных разностных уравнений параллельной формы представления на нейроавтоматно-вычислительную структуру.....	192
5.4. Сравнительный анализ архитектур реализации целочисленных, целозначных разностных уравнений рекурсивных фильтров прямой, каскадной и параллельной форм представления на нейроавтоматно-вычислительных структурах.....	194
5.5. Анализ архитектуры нейроавтоматно-рекурсивных фильтров прямой формы представления.....	195

5.6. Синтез самосинхронизирующихся нейроавтоматно-вычислительных рекурсивных фильтров прямой формы представления.....	198
5.7. Принцип организации потока команд и данных в самосинхронизирующихся нейроавтоматно-вычислительных структурах.....	203
5.8. Синтез нейроавтоматных ПИД-регуляторов.....	205
5.9. Процедура отображения структуры решения задачи стабилизации динамического объекта, описанного уравнением Ван дер Поля, на нейроавтоматно-вычислительную структуру.....	208
5.9.1. Выбор закона стабилизации динамического объекта, описанного уравнением Ван дер Поля.....	209
5.9.2. Преобразование компонент закона стабилизации автоколебательного объекта к целочисленному, целозначному виду.....	210
5.10. Прямое отображение диаграммы реализации решаемой задачи на матрицы инцидентий, содержащие автономные самоорганизующиеся вычислительные компоненты.....	213
5.11. Обратное отображение матрицы инцидентий, содержащей нейроавтоматно-вычислительную диаграмму реализации решаемой задачи, в ее графическое представление.....	226
5.12. Резюме.....	230
Раздел 6. Синтез компонент механизма иредопределенно-случайного взаимодействия нейроавтоматов нейроавтоматно-вычислительных структур между собой.....	233
6.1. Реализация механизма предопределенно-случайного взаимодействия нейроавтоматов между собой.....	234
6.2. Математическая модель клеточного автомата.....	236
6.2.1. Механизм случайного выбора направления активации клеточным автоматом.....	239
6.2.2. Графоид клеточного автомата.....	241
6.3. Логические функции переходов клеточных автоматов.....	243
6.4. Процесс образования случайных токопроводящих цепей в однородной коммутационной структуре.....	258
6.4.1. Математическая модель процесса случайного блуждания активации клеточных автоматов по узлам плоской ограниченной решетки.....	259
6.4.2. Имитационное моделирование процесса случайного блуждания по узлам плоской ограниченной решетки.....	263
6.5. Направленные вероятностные токопроводящие коммутационные структуры.....	269
6.5.1. Имитационное моделирование ориентированного процесса образования токопроводящей цепи на плоской ограниченной решетке.....	272
6.6. Оценка отказоустойчивости однородных ориентированных стохастических токопроводящих коммутационных структур.....	277
6.7. Резюме.....	290
Раздел 7. Отказоустойчивость и живучесть нейроавтоматно-вычислительных структур.....	293
7.1. Построение однородной спонтанной двунаправленной стохастической токопроводящей коммутационной структуры.....	294
7.1.1. Имитационная модель однородной спонтанной двунаправленной стохастической токопроводящей коммутационной структуры.....	299
7.1.2. Моделирование процесса взаимодействия активных и пассивных нейроавтоматов между собой в ОСДСТКС.....	301
7.2. Спонтанные матричные коммутационные структуры.....	303

7.2.1. Имитационное моделирование процесса образования токопроводящих цепей в спонтанной стохастической матричной токопроводящей коммутационной структуре.....	304
7.3. Оценка отказоустойчивости и живучести нейроавтоматно-вычислительных структур.....	312
7.3.1. Отказоустойчивость нейроавтоматно-вычислительных структур, реализующих ПД-регулятор, в зависимости от исходного числа нейроавтоматов.....	314
7.3.2. Отказоустойчивость нейроавтоматно-вычислительной структуры, реализующей ПД-регулятор, в зависимости от отказов нейроавтоматов и коммутационных структур.....	316
7.3.3. Живучесть нейроавтоматно-вычислительных структур, реализующих ПД-регулятор.....	317
7.4. Резюме.....	320
Раздел 8. Использование изложенных методов и способов обеспечения отказоустойчивости нейроавтоматно-вычислительных структур при решении некоторых практических.....	
8.1. Создание автономных самоорганизующихся вычислительных компонент, реализующих вычислительные функции.....	323
8.1.1. Создание программируемых модулей ранее созданных автономных самоорганизующихся вычислительных компонент.....	323
8.1.2. Создание новых автономных самоорганизующихся вычислительных компонент на основе ранее созданных.....	331
8.2. Перспективы построения машинной арифметики в нейроавтоматной унитарной системе счисления.....	334
8.2.1. Способы представления действительных чисел в непозиционной аддитивной унитарной системе счисления.....	334
8.2.2. Способы представления действительных чисел в позиционной аддитивной унитарной системе счисления.....	336
8.3. Реализация вычислительных алгоритмов на отказоустойчивых нейроавтоматно-вычислительных структурах.....	342
8.4. Реализация отказоустойчивых нейроавтоматно-вычислительных импульсных передаточных функций корректирующих контуров систем автоматического регулирования.....	345
8.5. Реализация автономной отказоустойчивой самоорганизующейся вычислительной компоненты целочисленного накапливающего "Сумматора".....	353
8.6. Резюме.....	358
Приложение А	
Графoid клеточного автомата однородной вероятностной коммутационной структуры.....	359
Приложение ПI	
Алгоритм УНИВЕРСАЛЬНОГО переходного графа состояний нейроавтомата.....	371