

 «Инфра-Инженерия»

**А. П. ВЕРЕВКИН
Т. М. МУРТАЗИН**



**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ
В ЗАДАЧАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ, УПРАВЛЕНИЯ,
ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

А. П. Веревкин, Т. М. Муртазин

**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ
В ЗАДАЧАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ, УПРАВЛЕНИЯ,
ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Монография

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2023

УДК 622.3:004.8
ББК 33.361
В31

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор кафедры технической кибернетики
Уфимского университета науки и технологий *Гвоздев Владимир Ефимович*;
кандидат технических наук, заместитель генерального директора – директор
департамента разработки и внедрения интегрированных
АСУ АО «Нефтеавтоматика» *Кизина Ирина Дмитриевна*

Веровкин, А. П.

В31 Искусственный интеллект в задачах моделирования, управления, диагностики технологических процессов : монография / А. П. Веровкин, Т. М. Муртазин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 232 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-1428-9

Рассматриваются вопросы, возникающие при разработке «умных» систем автоматизированного управления и диагностики состояния элементов автоматизированных технологических комплексов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Приведены сведения о методах разработки моделей объектов и замыкающих элементов АPCS-систем, для которых используются технологии искусственного интеллекта. Приведены примеры проектирования интеллектуальных систем управления и обеспечения безопасности (ИСУиОБ).

Для специалистов в области автоматизации нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств, а также студентов, изучающих методы разработки АPCS-систем.

УДК 622.3:004.8
ББК 33.361

ISBN 978-5-9729-1428-9

© Веровкин А. П., Муртазин Т. М., 2023
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2023
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2023

Оглавление

Введение.....	5
1. Архитектура автоматизированных технологических комплексов с развитой функциональностью	8
1.1. Структура системы автоматического управления, задачи и методы реализации функционала управления	8
1.2. Структура подсистем диагностики состояния элементов АТК, верификации данных в АСУ, задачи и методы реализации функционала диагностики и верификации.....	17
1.3. Принципы решения задач разработки подсистем АС разных уровней иерархии АТК.....	20
1.4. Классификация методов моделирования процессов для целей управления, диагностики и верификации данных.....	25
2. Методы моделирования процессов.....	29
2.1. Модели оценки состояний.....	29
2.2. Когнитивное моделирование.....	30
2.3. Нейросетевые модели.....	48
2.3.1. Классификация искусственных нейронных сетей.....	48
2.3.2. Моделирование статических состояний объекта управления	50
2.3.3. Моделирование динамических состояний объекта управления ИНС.....	60
2.4. Модели объектов на основе нечетких множеств.....	68
2.5. Нейронечеткие модели.....	82
3. Модели формирования решений в подсистемах управления, диагностики и верификации данных.....	92
3.1. Обзор задач и методов формирования решений.....	92
3.1.1. Системы: задачи анализа и синтеза.....	92
Искусственные системы.....	92
3.1.2. Классификация систем.....	93
3.1.3. Модели представления знаний как основа построения моделей ФР.....	94
3.1.4. Модель формирования решений.....	97
3.2. Типовые задачи формирования решений и особенности их решения (управление, диагностика, верификация)	101
3.2.1. Обзор типовых задач формирования решений.....	101
3.2.2. Задача 1. Разработка автоматических систем регулирования (уровень control) и обеспечение их работоспособности	104
3.2.3. Задача 2. Разработка автоматизированных систем управления качеством производимой продукции (уровень диспетчерский или SCADA), включая подсистемы оценки качества и управления качеством.....	105

3.2.4. Задача 3. Разработка автоматизированной системы оптимизации процессов по технико-экономическим показателям – ТЭП (уровень диспетчерский или SCADA), включая подсистемы оценки ТЭП и оптимизации процессов по ТЭП	113
3.2.5. Задача 4. Диагностика состояния технических средств автоматизации, оценка адекватности моделей и их корректировка, верификация данных (ДАВ).....	119
3.3. Общая схема синтеза конечно-автоматных и нечетких логических устройств	130
3.4. Синтез иерархических конечно-автоматных управляющих систем	149
3.5. Рекомендуемые методы ИИ для некоторых типовых задач.....	164
4. Примеры разработки элементов ИСУиОБ	167
4.1. Управление сложными ректификационными колоннами по показателям качества продуктов и технико-экономической эффективности.....	167
4.2. Управление процессом каталитического риформинга.....	175
4.3. Управление процессом производства полиэтилена	183
4.3.1. Моделирование процесса	183
4.3.2. Структура системы управления по ПК	189
4.4. Управление процессом производства этиленпропиленовых каучуков	196
4.5. Диагностики утечки нефтепродукта из змеевика в трубчатой печи огневого нагрева	204
Список использованной литературы	211
Приложение А. Правила нечетких инструкций, определяющие связь входных и выходных переменных (пример)	223
Приложение Б. Обучающая выборка нейронечеткой модели ANFIS	225
Приложение В. Экспериментальные данные для получения прогнозной модели оценки ИР	228