

В. В. Белов, А. Е. Смирнов, В. И. Чистякова

Распознавание нечетко определяемых состояний технических систем

Москва
Горячая линия - Телеком
2012

УДК 681.3.06(075.8)

ББК 32.973я73

Рецензенты:

доктор техн. наук, профессор Е. В. Никульчев, проректор по информатизации Всероссийской государственной налоговой академии Министрства финансов РФ;

доктор физ.-мат. наук Ю. В. Рудяк, профессор кафедры прикладной математики и вычислительной техники ГОУ ВПО «Московский государственный университет печати».

Белов В.В., Смирнов А.Е., Чистякова В.И.

Б78 Распознавание нечётко определяемых состояний технических систем. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 138 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0221-3

Излагаются материалы исследования, направленные на разработку методов, алгоритмов и программ решения задач, связанных с распознаванием (квалификацией) состояний работоспособных систем. Результаты квалификации могут использоваться для управления процессом эксплуатации систем в различных условиях, для определения рационального срока очередного распознавания состояния, для оценки стоимости систем, выставляемых на продажу.

Книга предназначена для специалистов в области оценки состояния объектов и систем как в процессе эксплуатации или профилактического ремонта, так и при подготовке их к продаже. Может использоваться студентами и аспирантами при изучении вопросов системного анализа.

ББК 32.973я73

Научное издание

Белов Владимир Викторович, Смирнов Алексей Евгеньевич,

Чистякова Валентина Ивановна

**Распознавание нечётко определяемых состояний
технических систем**

Монография

Компьютерная верстка В. И. Чистяковой

Обложка художника В. Г. Ситникова

Подписано в печать 25.09.2011. Печать офсетная. Формат 60×88/16. Уч. изд. л. 8,75. Тираж 500 экз.

ISBN 978-5-9912-0221-3

© В. В. Белов, А. Е. Смирнов,

В. И. Чистякова, 2012

© Издательство «Горячая линия–Телеком», 2012

ВВЕДЕНИЕ

В окружающей нас действительности каждый объект в той или иной степени является сложной системой. Многогранную реальность можно представить в виде множества сложных и взаимодействующих друг с другом систем. Среди них можно выделить технические, биологические, экологические, социальные и другие. Системы можно считать способом существования окружающего нас мира.

Каждая из систем функционирует с определенной целью, выполняет определенные функции. Также важнейшим атрибутом системы является такой показатель, как эффективность системы, т. е. свойство системы выполнять поставленную цель в заданных условиях использования и с определенным качеством [20]. Эффективность системы имеет способность меняться с течением времени под воздействием факторов внешней среды.

Введем понятие **состояния** системы, под которым будем понимать вектор значений параметров системы в каждый конкретный момент времени [14]. Аналогом состояния системы может выступать понятие «качества» системы. Так, например, состояние здоровья человека неким образом определяет его способность к существованию, состояние автомобиля – способность осуществлять транспортировку.

Задача выяснения (распознавания, идентификации) текущего состояния системы является важнейшей задачей системного анализа. Знание состояния системы необходимо, прежде всего, для управления и принятия управленческих решений.

Потребность нового рассмотрения указанной выше «стандартной» задачи возникла в контексте глобальной задачи проектирования системы автоматизации процессов выявления состояний деталей и узлов грузовых вагонов в условиях железнодорожного депо. Анализ целей и существующих «ручных» технологий распознавания состояния деталей и узлов грузовых вагонов позволил выявить важную особенность: понятие «состояние» вагона и его подсистем является нечётким. Оно аналогично таким понятиям как «группа здоровья». Последний термин широко применяется при освидетельствовании военных и граждан-

ских специалистов, занятых на ответственных видах работ. Подобно тому, как группа здоровья военного нечётким образом отражает его способность выполнить поставленную задачу в тех или иных боевых условиях, так и состояние колёсной пары грузового вагона нечётко свидетельствует о той или иной степени риска аварии в потенциально возможных состояниях железнодорожного пути.

Кроме того, имеется ещё одна общая особенность: и состояние здоровья человека, и состояние вагона определяется (идентифицируется) группой достаточно чётких показателей, которые могут быть получены или измерены непосредственно с малыми погрешностями и высокой достоверностью. Чёткость показателей состояния, их непосредственное наблюдение в сочетании с относительной простотой этих наблюдений при одновременной абсолютной нечёткости самого понятия «состояние» обусловили то, что для распознавания таких состояний используются практически всегда только «ручные» технологии, предусматривающие экспертное принятие финального решения о выявленном состоянии.

Каждому возможному состоянию системы присваивается определенная лингвистическая метка, интуитивно понятная человеку («хорошее», «отличное», «плохое»). Одной из причин нечёткости понятия «состояние» является человеческий фактор: каждый эксперт обладает своим индивидуальным опытом. Поэтому разные эксперты могут по-разному оценивать состояние одной и той же системы. Систематизация мнений разных экспертов о состоянии одной и той же системы может производиться по разным алгоритмам. Алгоритм может быть выбран в зависимости от условий работы и назначения системы: результирующим может стать наихудшее мнение, средневзвешенное и т. д.

Обратим внимание на тот факт, что предметами текущего рассмотрения являются принципиально разные системы: простейшее техническое устройство – колёсная пара вагона – и венец творения Создателя – человек. Видимо, поэтому указанная специфика свойственна многочисленным реальным системам как техническим, так и социальным, и производственно-экономическим.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАСПОЗНАВАНИЯ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ	9
1.1. Вводные замечания	9
1.2. Распознавание состояний систем как задача классификации	18
1.3. Использование искусственных нейронных сетей	21
1.4. Использование нечёткого логического вывода	22
1.5. Выводы	23
Глава 2. РАСПОЗНАВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ С ЧЁТКО НАБЛЮДАЕМЫМИ ПРИЗНАКАМИ И НЕЧЁТКИМИ СОСТОЯНИЯМИ.....	25
2.1. Постановка задачи.....	25
2.2. Специфика условий рассматриваемой задачи. Понятие CF-систем.....	27
2.3. Решение задачи распознавания состояния, основанное на обобщении методов диагностики неисправностей в сложных технических устройствах.....	29
2.4. Способы представления идентификационной информации.....	32
2.5. Проблема субъективизма в задаче классификации признаков и стратегия определения идентифицирующих наборов	41
2.6. Правила вывода при решении задач распознавания состояния	43
2.7. Алгоритм распознавания состояния CF-систем	45
2.8. Распознавание состояния CF-систем в условиях неопределенности.....	46
2.9. Выводы	48
Глава 3. РАСПОЗНАВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ С НЕЧЁТКО НАБЛЮДАЕМЫМИ ПРИЗНАКАМИ.....	51
3.1. Вводные замечания	51

3.2. Понятие FF-систем. Представление идентификационной информации в процессе распознавания состояния	53
3.3. Формирование идентификационной таблицы	56
3.4. Сокращение размеров идентификационной таблицы. Использование джокерных элементов.....	58
3.5. Особенности классификации с использованием идентификационной таблицы.....	61
3.6. Общий алгоритм распознавания состояния FF-систем .	64
3.7. Особенности вычисления частных степеней правдоподобия. Уменьшение влияния неопределенных оценок в процессе распознавания состояния системы..	65
3.8. Построение простейшей системы распознавания состояния колесных пар грузовых вагонов.....	70
3.9. Задача распознавания печатных символов как задача определения нечёткого состояния	76
3.10. Распознавание символов на примере номера вагона ...	82
3.11. Выводы	86

Глава 4. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР РАСПОЗНАВАНИЯ СОСТОЯНИЯ

СЛОЖНЫХ СИСТЕМ	87
4.1. Предварительные замечания	87
4.2. Формулировка требований к разрабатываемой системе	88
4.3. Особенности строения тележек грузовых вагонов. Разработка архитектуры системы распознавания технического состояния	90
4.4. Краткое описание технологического процесса ремонта тележек грузовых вагонов в ремонтном депо ВЧДР «Магнитогорск»	94
4.5. Разработка идентификационных таблиц.....	97
4.5.1. Разработка идентификационной таблицы подсистемы оценки состояния пружинного комплекта.....	97
4.5.2. Разработка идентификационной таблицы подсистемы оценки состояния наддрессорной балки	100
4.6. Проектные решения	109

4.6.1. Выбор средств разработки	109
4.6.2. Работа с программой «ИСТ».	
Интерфейс пользователя	113
4.6.3. Технические и программные требования	
для создания и функционирования системы	114
4.7. Основные результаты.....	120
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	123
Приложение. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ	
ПРАКТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ	
РАСПОЗНАВАНИЯ СОСТОЯНИЯ	133