

Л.С. Ломакина, В.П. Губернаторов

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Монография

**Воронеж
Издательство «Научная книга»
2013**

УДК 681.518.5
ББК 32.81
Л 74

Рецензенты:

Соустова И.А. д-р физ.-мат. наук (Институт прикладной физики РАН);

Хватов О.С. д-р. техн. наук, профессор (Волжская государственная академия водного транспорта)

Л 74 Ломакина, Л.С. Информационные технологии диагностирования сложных технических систем: Монография / Л.С. Ломакина, В.П. Губернаторов. — Воронеж: Издательство «Научная книга», 2013. — 160 с.

ISBN 978-5-98222-838-3

Рассматривается задача оптимального диагностирования сложных технических систем. Для минимизации затрат на диагностирование предлагается использовать модификацию эволюционно-генетического алгоритма. Выполняется сравнение предложенной модификации с известными алгоритмами на основе имитации отжига и динамического программирования. На основе информационного критерия предлагается алгоритм оптимального выбора точек контроля с учётом погрешностей контрольно-измерительной аппаратуры. Рассматривается применение предложенных алгоритмов на реальных примерах, приводятся оценки вычислительной сложности.

Монография предназначена для ученых и практиков в области диагностирования сложных технических систем, а также полезна для студентов и магистрантов направления «Информатика и вычислительная техника».

Рис. 68. Табл. 13. Библиогр.: 112 назв.

УДК 681.518.5
ББК 32.81
Л 74

ISBN 978-5-98222-838-3

О Ломакина Л.С., Губернаторов В.П., 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Методологические аспекты диагностирования сложных систем	7
1.1. Основные задачи диагностирования сложных систем.....	7
1.2. Обзор существующих моделей объектов диагностирования	9
1.3. Обзор существующих алгоритмов диагностирования	29
2. Алгоритмы минимизации стоимости диагностирования.....	39
2.1. Основные понятия и определения.	39
2.2. Математическое описание объекта диагностирования	41
2.3. Модификация эволюционно-генетического алгоритма.....	51
2.3.1. Кодирование решений.....	54
2.3.2. Выбор операторов рекомбинации.....	55
2.3.3. Выбор операторов селекции и поисковой стратегии.....	66
2.3.4. Формирование начальной популяции	70
2.3.5. Выбор критерия останова	71
2.3.6. Схема предложенной модификации эволюционно-генетического алгоритма.....	72
2.3.7. Возможности применения параллельных вычислений	75
2.3.8. Аналитическая оценка вычислительной сложности модификации эволюционно-генетического алгоритма	77
2.4. Метод имитации отжига	84
2.5 Метод динамического программирования	87
3. Алгоритмы диагностирования на основе информационного критерия.....	94
3.1. Необходимые понятия и определения из теории информации.	94
3.2. Математическое описание объекта диагностирования	99
3.3. Алгоритмы локализации дефектов	102
3.4. Статистическое моделирование дефектов блоков.....	106
4. Практические аспекты диагностирования сложных систем	110
4.1. Экспериментальная оценка сложности алгоритмов.....	110
4.2. Пример диагностирования СИФУ автоматизированного электропривода	120
4.2.1. Построение тестовой последовательности для диагностирования СИФУ электропривода.....	122
4.2.2. Построение множества точек контроля для диагностирования СИФУ электропривода.....	126
4.3. Минимизация затрат на диагностирование сложной системы на примере комплектного автоматизированного электропривода	135
Заключение	144
Список литературы.....	146

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние промышленности характеризуется широким использованием технических и программных систем. Условия эксплуатации данных систем выдвигают высокие требования к их надёжности и безопасности, что особенно актуально для сложных технических систем, выполняющих ответственные задачи в таких областях как энергетика, химия, транспорт и т.д. Неисправность подобных систем может привести к существенным затратам или потере человеческих жизней, по этой причине особую важность приобретают процедуры контроля и поддержания исправного состояния.

Контроль качества производимых систем и тестирование существующих с целью регрессионного анализа их работоспособности, связаны со значительными временными и материальными затратами, направленными на поиск и своевременное исправление дефектов. Данные затраты могут быть снижены за счёт разработки эффективных алгоритмов тестирования и их внедрения в рамках интегрированной информационной поддержки жизненного цикла систем.

В настоящее время ведутся активные исследования в области диагностирования сложных систем, данной теме посвящено большое количество работ: Г.Ф. Верзаков, П.П. Пархоменко, В.И. Сагунов, А.Ю. Аржененко, Д.В. Сперанский, В.В. Сапожников, М.А. Владимиров, С.V. Ramamoorthy, J. Wegener, J. Ribero, A. Arcury, J. Shiozaky и других отечественных и зарубежных авторов. Вопрос достаточно широко изучен, однако существующие методы и алгоритмы, носят, как правило, частный характер, то есть разрабатываются заново для каждого класса систем. Также существует ряд нерешенных проблем, связанных с трудоёмкими вычислениями при применении существующих методов к диагностированию сложных систем, поиском кратных неисправностей и необходимостью учета статистических данных о вероятностях неисправностей и ошибках контрольно измери-

тельной аппаратуры (КИА), поэтому задача разработки новых эффективных методов диагностирования не теряет свою актуальность.

В работе, с целью повышения эффективности диагностирования сложных систем, предложены новые алгоритмы решения задач:

- построения оптимальной тестовой последовательности, обеспечивающей минимум затрат на идентификацию состояний заданного числа неисправностей;
- идентификации неисправности произвольной кратности с учётом ошибок КИА.

На основании обзора литературных источников можно сделать вывод, что задача построения оптимальной тестовой последовательности является комбинаторной и может быть решена с помощью известных методов дискретной оптимизации. Однако, при построении оптимальных тестовых последовательностей для диагностирования сложных систем данные методы неэффективны, так как требуют трудоёмких вычислений. Когда использование точных методов оптимизации становится невозможным, практическую значимость приобретает приближённый подход. Предлагается для решения задачи построения оптимальной тестовой последовательности использовать эволюционно-генетический алгоритм (ЭГА) и метод имитации отжига. Данные алгоритмы показывают хорошие результаты при нахождении оценок решений комбинаторных задач.

В работе приводятся модификации ЭГА и имитации отжига адаптированные для решения задач диагностирования сложных систем, приводится оценка их вычислительной сложности и выполняется сравнение с другими известными методами.

На основании информационного подхода предложены условный и безусловный алгоритмы локализации дефектов произвольной кратности, а также алгоритм, позволяющий учитывать статистические данные о погрешностях КИА.

Безусловный алгоритм можно использовать для определения подмножества точек контроля, при использовании которых в определенной последовательности в среднем будет получено максимальное количество информации о системе.

Условный алгоритм позволяет локализовать дефекты произвольной кратности, что не удается большинству алгоритмов. Этот алгоритм можно использовать в действующей системе при возможности исправлять одиночные дефекты. В результате последовательного устранения одиночных дефектов, достигается полное восстановление работоспособности системы.

Алгоритм обнаружения и исправления ошибок КИА в процессе локализации дефектов позволяет значительно снизить влияние ошибок на исход диагностирования системы. С целью построения оптимальной стратегии локализации дефектов в работе используется статистическое моделирование отказов блоков на основе их априорных вероятностей. Моделирование позволяет оценить количество информации, которое доставляет результат тестирования и выбрать оптимальную стратегию по информационному критерию.

Предложенные алгоритмы являются стохастическим, что позволяют диагностировать сложные системы в условиях априорной неопределенности, несоизмеримости ресурса (времени, производительности, памяти) и объема решаемой задачи.

Помимо теоретического материала в работе приводятся примеры практического применения рассматриваемых методов и алгоритмов, включая особенности программной реализации и внедрения в производственный процесс.

Научное издание

Любовь Сергеевна **Ломакина**
Владимир Павлович **Губернаторов**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Монография

Издание публикуется в авторской редакции

Дизайн обложки С.А.Кравец

Подписано в печать 02.12.2013. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ.л. 10,1. Заказ 000. Тираж 500 экз.

ООО Издательство «Научная книга»
394077, Россия, г.Воронеж, ул. 60-й Армии, 25-120
<http://www.sbook.ru/>

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «Цифровая полиграфия»
394036, г. Воронеж, ул. Ф. Энгельса, 52.
Тел.: (473)261-03-61