

УДК 681.5.015.4:519.242
Ч-813

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *А.А. Попов*
д-р техн. наук, профессор *А.А. Воевода*

Чубич В.М.

Ч-813 Активная параметрическая идентификация стохастических динамических систем на основе планирования эксперимента : монография / В.М. Чубич, Е.В. Филиппова. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. – 222 с. – (Серия «Монографии НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-4036-0

Излагаются теоретические и прикладные аспекты активной параметрической идентификации стохастических линейных нестационарных и нелинейных дискретных и непрерывно-дискретных систем с предварительно выбранной модельной структурой. Рассматривается случай, когда неизвестные параметры входят в уравнения состояния и измерения, в начальные условия и в ковариационные матрицы шумов системы и измерений. Приводится описание разработанного алгоритмического и программного обеспечения, позволяющего решать задачи оптимального оценивания параметров с привлечением прямых и двойственных градиентных процедур планирования эксперимента.

Монография будет интересна специалистам, научные и профессиональные интересы которых связаны с моделированием динамических объектов стохастической природы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по государственному заданию (проект № 2.7996.2017/8.9).

УДК 681.5.015.4:519.242

ISBN 978-5-7782-4036-0

© Чубич В.М., Филиппова Е.В., 2019
© Новосибирский государственный
технический университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные обозначения и сокращения	7
Введение	11
Глава 1. Проблема активной параметрической идентификации стохастических динамических систем.....	15
1.1. Теоретические и методологические основы активной параметрической идентификации	15
1.1.1. Процедура активной идентификации	15
1.1.2. Оценивание неизвестных параметров.....	18
1.1.3. Исходные понятия и результаты теории оптимального эксперимента.....	24
1.1.4. Прямая градиентная процедура синтеза непрерывных оптимальных планов	29
1.1.5. Двойственная градиентная процедура синтеза непрерывных оптимальных планов.....	32
1.1.6. Построение дискретных оптимальных планов	34
1.1.7. Схема процедуры активной параметрической идентификации систем с предварительно выбранной модельной структурой.....	35
1.2. Анализ современного состояния проблемы активной параметрической идентификации стохастических динамических систем.....	35
Глава 2. Структурно-вероятностное описание моделей динамических систем в пространстве состояний	39
2.1. Модели дискретных систем.....	39
2.2. Модели непрерывно-дискретных систем	44
Глава 3. Оценивание параметров моделей стохастических дискретных систем	49
3.1. Критерий максимального правдоподобия и алгоритм вычисления его значения для линейных нестационарных моделей	52



3.2. Критерий максимального правдоподобия и алгоритм вычисления его значения для линеаризованных моделей	55
3.3. Алгоритм вычисления градиента критерия максимального правдоподобия для линейных нестационарных моделей	59
3.4. Алгоритм вычисления градиента критерия максимального правдоподобия для линеаризованных моделей	62
Глава 4. Оценивание параметров моделей стохастических непрерывно-дискретных систем	67
4.1. Особенности алгоритмов вычисления значений критериев максимального правдоподобия для линейных нестационарных и линеаризованных моделей	67
4.2. Особенности алгоритмов вычисления градиентов критериев максимального правдоподобия для линейных нестационарных и линеаризованных моделей	71
Глава 5. Планирование эксперимента для моделей стохастических дискретных систем	77
5.1. Вычисление информационной матрицы Фишера	77
5.1.1. Вывод информационной матрицы Фишера для линейных нестационарных моделей	77
5.1.2. Алгоритм вычисления информационной матрицы Фишера для линейных нестационарных моделей	95
5.1.3. Вычисление информационной матрицы Фишера для линейных нестационарных моделей, полученных в результате линеаризации	98
5.2. Планирование входных сигналов	100
5.2.1. Нахождение производных информационной матрицы Фишера по компонентам входного сигнала для линейных нестационарных моделей	102
5.2.2. Алгоритм вычисления производных информационной матрицы Фишера по компонентам входного сигнала для линейных нестационарных моделей	108
5.2.3. Вычисление производных информационной матрицы Фишера по компонентам входного сигнала для моделей, полученных в результате временной линеаризации	110
5.2.4. Нахождение производных информационной матрицы Фишера по компонентам входного сигнала для моделей, полученных в результате статистической линеаризации	111



5.2.5. Алгоритм вычисления производных информационной матрицы Фишера по компонентам входного сигнала для моделей, полученных в результате статистической линеаризации	118
5.3. Планирование начальных условий	125
5.3.1. Нахождение производных информационной матрицы Фишера по компонентам вектора начальных условий для линейных нестационарных моделей	127
5.3.2. Алгоритм вычисления производных информационной матрицы Фишера по компонентам вектора начальных условий для линейных нестационарных моделей	129
Глава 6. Планирование эксперимента для моделей стохастических непрерывно-дискретных систем	131
6.1. Вычисление информационной матрицы Фишера.....	131
6.1.1. Вывод информационной матрицы Фишера для линейных нестационарных моделей.....	132
6.1.2. Алгоритм вычисления информационной матрицы Фишера для линейных нестационарных моделей	139
6.1.3. Вычисление информационной матрицы Фишера для линейных нестационарных моделей, полученных в результате линеаризации	143
6.2. Планирование входных сигналов.....	146
6.2.1. Нахождение производных информационной матрицы Фишера по компонентам входного сигнала для линейных нестационарных моделей.....	147
6.2.2. Алгоритм вычисления производных от информационной матрицы Фишера по компонентам входного сигнала для линейных нестационарных моделей	151
6.2.3. Вычисление производных информационной матрицы Фишера по компонентам входного сигнала для моделей, полученных в результате временной линеаризации.....	153
6.2.4. Нахождение производных информационной матрицы Фишера по компонентам входного сигнала для моделей, полученных в результате статистической линеаризации.....	155
6.2.5. Алгоритм вычисления производных информационной матрицы Фишера по компонентам входного сигнала для моделей, полученных в результате статистической линеаризации	164



6.3. Особенности планирования начальных условий для непрерывно-дискретных систем	177
Глава 7. Примеры активной параметрической идентификации стохастических динамических систем.....	181
7.1. Активная идентификация дискретной системы на основе планирования входных сигналов.....	182
7.2. Активная идентификация дискретной системы на основе планирования начальных условий.....	187
7.3. Активная идентификация непрерывно-дискретной системы с нелинейным элементом релейного типа с зоной нечувствительности.....	193
Заключение.....	198
Библиографический список	200