

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Прохоренков А.М., Качала Н.М.

Мурманский государственный технический университет

Мурманск, Россия

E-mail: Alexander.Prohorenkov@mstu.edu.ru

Качество работы любой системы управления, в конечном счете, определяется величиной ошибки, равной разности между требуемым и действительным значениями управляемой величины. Для оценки точности управления при синтезе систем используются величины ошибки в различных типовых режимах, в которых возмущающие воздействия, как правило, принимаются постоянными и считаются приложенными к выходу объекта управления. На практике более вероятными являются случаи, когда возмущающие воздействия меняются во времени, поэтому расчетная и реальная оценки ошибки не равны. Наличие различного рода возмущающих воздействий обусловлено взаимосвязанностью и взаимовлиянием контуров управления сложных многомерных систем, функционирующих в различных эксплуатационных режимах, а также естественным изменением во времени характеристик объекта управления и параметров системы управления. Случайный характер процессов, протекающих в системах управления, приводит к тому, что выполненные при помощи измерительных средств наблюдения искажены помехами, а также содержат инструментальные и методические погрешности. Поэтому с целью улучшения показателей качества управления требуется разработка методов, алгоритмов и средств, обеспечивающих повышение достоверности оценки управляемой величины на фоне помех.

Классические алгоритмы управления в реальном масштабе времени разработаны в предположении, что имеющие место в системе управления процессы являются стационарными и содержат аддитивную помеху, представляющую собой гауссовский шум. Как показали, проведенные исследования такой подход не соответствует действительности. Процессы, протекающие в реально функционирующих системах управления, являются нестационарными, а связь полезного сигнала и помехи может быть аддитивной, мультипликативной, аддитивно-мультипликативной либо иметь более сложную зависимость. Для многих нестационарных случайных процессов эргодичность не установлена, что снижает объективность используемой для контроля и управления информации, полученной при обработке одной реализации.

Предлагается подход к построению информационной системы анализа случайных процессов, основанный на методах и алгоритмах обработки моделей адекватных наблюдаемым случайным процессам.

В отличии от существующей практики предлагается процедура обработки случайных процессов, включающая пять этапов. Целью первого этапа является определение класса случайного процесса: стационарный или нестационарный. Задача второго этапа заключается в определении вида процесса: аддитивный, мультипликативный, аддитивно-мультипликативный. На треть-

ем этапе процедуры обработки выявляется тип детерминированной составляющей случайного процесса .

В реальных ситуациях наиболее часто встречаются случайные процессы, которые можно представить в виде следующих моделей:

аддитивная модель $X(t) = j_1(t) + z(t)$;

мультипликативная модель $X(t) = j_2(t) \cdot z(t)$;

аддитивно-мультипликативная модель $X(t) = j_1(t) + j_2(t) \cdot z(t)$,

где $j_1(t), j_2(t)$ – детерминированные функции времени, $z(t)$ – стационарный случайный процесс. Возможны и другие композиции случайных и детерминированных функций, но все они могут быть сведены к вышеуказанным моделям. Математическое ожидание аддитивного и аддитивно-мультипликативного процессов определяется детерминированной аддитивной составляющей $j_1(t)$. Дисперсия и корреляционная функция мультипликативного и аддитивно-мультипликативного процессов зависят от $j_2(t)$.

Для классификации случайного процесса предлагается совместное использование критерия инверсий или критериев, основанных на ранговой корреляции, критерия рекордных точек, теста Бокса-Пирса. Исследования показали, что не следует слишком доверять числовым характеристикам степени достоверности выводов по непараметрическим критериям, поэтому дополнительно предлагается вычислять показатель Херста H . Процессы, для которых $0 < H < 0,5$, характеризуются знакопеременной тенденцией в сочетании с относительно высоким уровнем зашумленности. Для процессов с $0,5 < H < 1$ характерно сохранение наблюдаемой тенденции в сочетании с относительно низким уровнем зашумленности. При $H = 0,5$ имеют место процессы, в которых тренд отсутствует. В структуру информационной системы анализа включены блок расчета числовых характеристик непараметрических критериев и блок вычисления показателя Херста .

Аддитивная модель характеризует процессы нестационарные по математическому ожиданию, которые при центрировании могут быть преобразованы к стационарным. Следующим этапом обработки случайного процесса является операция центрирования, которая реализована с использованием алгоритма скользящего среднего. Точность выполнения операции центрирования зависит от параметров наблюдаемого процесса, интервала дискретизации и окна сглаживания. На этом этапе выполняется адаптивная процедура по выбору окна сглаживания.

В зависимости от вероятностных характеристик $z(t)$ мультипликативный и аддитивно-мультипликативный процессы могут быть нестационарными по математическому ожиданию, дисперсии и корреляционной функции, что предполагает центрирование и нормирование процессов. Предложенная структура информационной системы позволяет решать задачи оценки вероятностных параметров нестационарных случайных процессов, протекающих как в моделируемых, так и реальных объектах управления различных технологических процессов.