

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ПРИ ВЕРОЯТНОСТНО-АЛГЕБРАИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ НАДЁЖНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Сукач Е. И., Ратобильская Д. В., Мережа В. Л.
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины
г. Гомель, 246003, Беларусь
тел.: 8-10-375-232-57-77-07, e-mail: elena.sukach@mail.ru

Аннотация — Предлагается подход к исследованию надёжности механических систем, основанный применении вероятностно-алгебраического моделирования и базы знаний, корректирующей процесс и параметры моделирования, и составляющих в совокупности интеллектуальную систему поддержки принятия решений.

I. Введение

Недостаточная формализация задачи повышения надёжности функционирования механических систем (машин, агрегатов), включающих ряд компонентов, отказы которых могут приводить к снижению эффективности систем в целом и авариям, обуславливает необходимость применения для её решения методов искусственного интеллекта. Одним из способов решения этой задачи является создание системы поддержки принятия решений (СППР), основанной на вероятностно-алгебраическом моделировании (ВАЛМ) характеристик надёжности исследуемых систем [1], использующем экспертные знания, формализованные в виде базы знаний.

ВАЛМ включает последовательность итераций, позволяющую оценить временную эволюцию вероятностных характеристик износа, влияющих на надёжность, как отдельных компонентов, так и всей системы в целом. На каждой итерации реализуется статическое моделирование, отображающее процессы взаимодействия выделенных компонентов системы, соответствующее текущему временному интервалу функционирования исследуемой системы. База знаний включает множество правил вида: «if, then...», позволяющих реализовать интеллектуальное управление параметрами ВАЛМ между его последовательными итерациями и тем самым учесть взаимное влияние параметров надёжности выделенных компонентов.

В целом СППР, включающее моделирование позволяет оценить в динамике вероятностные характеристики надёжности механических систем, определить оптимальный состав компонентов, выбрать стратегию управления механической системой, обеспечивающую её надёжное функционирование на выбранном временном интервале.

II. Идея метода вероятностно-алгебраического моделирования

Метод ВАЛМ реализует процесс формирования вектора вероятностей состояний системы по вектору вероятностей состояний составляющих систему компонентов с учётом установленных между ними связей.

Механическая система формализуется в виде множества компонентов $K = \{K_i\}, i = \overline{1, m}$, согласованное взаимодействие которых обеспечивает функционирование системы. Компоненты могут находиться в одном из множества состояний

$S = \{S_j\}, j = \overline{1, n}$, характеризующих исследуемые свойства системы (износ, надёжность и другие). Вероятности нахождения компонентов системы в каждом из состояний задаются векторами вероятностей:

$$P^i = (p_1^i, p_2^i, \dots, p_n^i), \sum_{j=1}^n p_j^i = 1, i = \overline{1, m}. \quad (1)$$

Предполагается, что компоненты системы независимы и между ними могут быть установлены функциональные связи с учётом целей исследования, которые описываются набором функций $F = \{F_j\}$.

Элементы вектора вероятностей результирующего вектора P^3 , полученного в результате вероятностно-алгебраического умножения векторов P^1 и P^2 , определяются по формуле:

$$p_k^3 = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ij}^k p_i^1 p_j^2, \text{ где } i, j, k = \overline{1, n} \quad (2)$$

Коэффициенты a_{ij}^k называются коэффициентами ВАЛМ и удовлетворяют следующим требованиям:

$$\forall i, j, k \quad a_{ijk} \geq 0 \text{ и } \sum_{k=1}^n a_{ijk} = 1. \quad (3)$$

В случае детерминированных связей между компонентами исследуемой системы коэффициент ВАЛМ определяются следующим образом:

$$\begin{cases} a_{ij}^k = 1, & \text{если } k = F(i, j) \\ a_{ij}^k = 0, & \text{если } k \neq F(i, j) \end{cases} \quad (4)$$

Основу метода моделирования составляет алгебраический аппарат [2].

III. Реализация вероятностно-алгебраического моделирования с управлением

Итерационный процесс вероятностно-алгебраического моделирования реализуется следующей последовательностью шагов.

Шаг 1. Выделяется множество элементарных компонентов $K = \{K_i\}$, образующих систему, и обосновывается набор функциональных отношений, описывающих отношения между этими компонентами. Результатом является графическая схема, определяющая начальную структуру вероятностно-алгебраической модели исследуемой системы.

Шаг 2. Выбирается одна из форм марковских моделей, отражающая особенности стохастического процесса износа компонентов. Для каждого из компонентов строится марковская модель, параметры которой определяются на основе алгоритмической обработки данных, полученных в результате проведения натуральных экспериментов. С использованием

построенных моделей реализуется первичное вероятностное моделирование, результатом которого является множество векторов вероятностей (1), характеризующих износ компонентов.

Шаг 3. Формируется множество управляющих правил, составляющих базу знаний, смысловое содержание которых определяется классификацией возможных состояний выделенных компонентов, фиксирующих определённый уровень их износа. Правила имеют вид «if..., then...» и определяют:

— изменение параметров работы одних компонентов в зависимости от реализовавшихся изменений с другими компонентами и всей системой;

— изменение состава функций, задающих связи между компонентами в зависимости от текущих параметров функционирования системы;

— изменение структурного состава системы.

Шаг 4. С учётом целей исследования задаётся критерий успешности функционирования системы, который определяет допустимые границы изменения контролируемых параметров износа компонентов, влияющих на надёжность функционирования системы.

Шаг 5. Реализуется динамическое вероятностно-алгебраическое моделирование, при котором в пошаговом режиме через заданные интервалы времени просматривается множество управляющих правил, позволяющих повысить уровень адекватного описания функционирования системы. На каждой итерации проверяются текущие вероятностные характеристики износа компонентов и системы в целом на соответствие допустимым границам его изменения, обеспечивающего заданный уровень надёжности функционирования системы.

В случае нахождения вероятностных характеристик в допустимых границах процесс моделирования продолжается. При нарушении допустимых пределов изменения вероятностных параметров износа срабатывают управляющие правила базы знаний и генерируются управляющие воздействия, изменяющие параметры компонентов, модифицирующие структуру модели исследуемой системы либо останавливающие ход моделирования.

IV. Заключение

Таким образом, наличие СППР, включающей ВАЛМ и базу знаний, управляющую процессом моделирования, обеспечивает, во-первых, удобную шкалу для принятия решений, поскольку представляет собой инструмент экспериментального прогона большого множества вариантов, а, во-вторых, помогает провести динамический анализ вариантов развития ситуации максимально отобразив изменения происходящие с компонентами и системой в целом.

При этом в процессе моделирования отслеживаются нарушения в функционировании системы, требующие определенных мер, корректирующих как работу отдельных компонентов, так и параметров их взаимодействия. При регистрации нарушения допустимых границ износа системы, определяется компонент системы, вероятностные характеристики которого привели к нарушению надёжной работы системы.

V. Список литературы

[1] Сукач Е. И. Анализ надёжности механических систем с использованием метода вероятностно-алгебраического моделирования/ Е. И. Сукач// Реестрация, зберігання і обробка даних (Data Recording, Storage & Processing). – 2010. – Т. 12, N 3.- С.3-15.

[2] Сукач Е. И. Моделирование вероятностных характеристик сложных систем с использованием стохастических алгебр/ Е. И. Сукач, Д. В. Ратобильская // V Международная конференция-форум «Информационные системы и технологии», Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 16-17 ноября 2009 г. – Минск: А. Н. Вараксин – 2009. – ч. 1.- С.178-181.

THE USAGE OF KNOWLEDGE BASE IN PROBABILITY-ALGEBRAIC SIMULATION OF MECHANICAL SYSTEMS RELIABILITY

Sukach E. I. , Ratobylskaya D. V. , Mereja V. L.
Gomel State University of F. Skorina
Gomel, BELARUS
e-mail: elena.sukach@mail.ru

Abstract — An approach to studying the reliability of mechanical systems is proposed. It rests upon the use of probability-algebraic simulation and the knowledge base, which is meant to correct the process of simulation and its parameters and constitutes the intellectual system for decision-making support.

I. Introduction

The probability-algebraic simulation includes the sequence of iterations, to gauge the temporal evolution of the probability characteristics of wear, which affect the reliability of individual components and the system as a whole. At each iteration, a static simulation is implemented, indicating the interactions of isolated components of the system and corresponding to the current time interval, of the system operation. The knowledge base comprises many of the rules of the form: «if..., then ...». They allow one to realize the intellectual control of simulation parameters between the successive iterations, and thus to take into account the mutual influence of the reliability parameters of the selected components.

II, III. Main Part

The probability vector elements of resultant vector P^3 , derived from the probability-algebraic simulation of vectors P^1 and P^2 are determined by the formula:

$$p_k^3 = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ij}^k p_i^1 p_j^2, \text{ где } i, j, k = \overline{1, n} \quad (1)$$

Coefficients a_{ij}^k are referred to as the coefficients of the probability-algebraic simulation, and satisfy the following conditions:

$$\forall i, j, k \ a_{ijk} \geq 0 \text{ and } \sum_{k=1}^n a_{ijk} = 1 \quad (2)$$

The rules are kind of «if ..., then ...» and define:

- change in the settings of some components depending upon of the realized change in the compounds along with other components and the entire system;
- change in the composition of functions defining the relationship between the components depending on the current parameters of the system;
- change in the structural composition of the system.

IV. Conclusion

In the process of simulation some disturbances in the system operation are recorded. The require that certain steps be taken to correct the function of individual components and their interaction parameters when recording the failures of admissible limits of the systems deterioration.