

Нечеткие реляционные когнитивные темпоральные модели для анализа и прогнозирования состояния сложных технических систем

В. В. Борисов^{1*}, С. П. Курилин¹, В. С. Луферов¹

¹ Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет "МЭИ"» в г. Смоленске, Смоленск, Россия
* vbor67@mail.ru

Аннотация. Целесообразность применения методов нечеткого когнитивного моделирования для анализа и прогнозирования состояния сложных технических систем (СТС) обосновывается следующими причинами: существенной взаимозависимостью, нелинейным характером и неполнотой сведений о взаимовлиянии анализируемых параметров систем; разнообразием воздействий внутренних и внешних факторов на СТС; сложностью и затратностью проведения экспериментальных исследований в ходе эксплуатации этих систем. Основными ограничениями нечетких когнитивных моделей при моделировании динамики СТС являются: сложность учета взаимовлияния параметров с их различными временными лагами относительно друг друга; необходимость постоянной оперативной настройки и обучения компонентных моделей для всех параметров в процессе эксплуатации СТС. В данной статье разработаны нечеткие реляционные когнитивные темпоральные модели (НРКТМ), сочетающие в себе достоинства различных типов нечетких когнитивных моделей и при этом нивелирующие основные ограничения анализа и прогнозирования состояния СТС, присущие известным нечетким когнитивным моделям. В работе предложены модели системной динамики, которые учитывают специфику НРКТМ. Также развит подход и реализован метод вычисления нечетких зависимостей в векторно-матричном виде, позволяющий решить проблемы увеличения неопределенности результатов и выхода нечетких значений концептов НРКТМ за диапазоны базовых множеств в результате моделирования системной динамики вследствие выполнения массовых итерационных вычислений. Приведен пример моделирования неоднородных электромеханических систем (НЭМС) на основе НРКТМ. Полученные результаты являются основой для решения целого комплекса задач анализа, прогнозной оценки, моделирования разных сценариев функционирования и развития НЭМС для различных системных факторов, режимов эксплуатации и внешних условий.

Ключевые слова: нечеткая реляционная когнитивная темпоральная модель, модель системной динамики, сложная техническая система, неоднородная электромеханическая система

Для цитирования: Борисов В. В., Курилин С. П., Луферов В. С. Нечеткие реляционные когнитивные темпоральные модели для анализа и прогнозирования состояния сложных технических систем // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 1. С. 27–38. DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-1-27-38

Fuzzy relational cognitive temporal models for analyzing and state prediction of complex technical systems

V. Borisov^{1*}, S. Kurilin¹, V. Lufarov¹

¹ Branch of the National Research University "MPEI" in Smolensk, Smolensk, Russia

*vbor67@mail.ru

Abstract. The effectiveness of fuzzy cognitive modeling methods for analyzing and predicting the state of complex technical systems (STS) is justified by the following reasons: significant interdependence, non-linear nature and incompleteness of information about the mutual influence of the analyzed parameters of the CTS; a variety of effects of internal and external factors on the CTS; complexity and cost of conducting experimental studies during the operation of these systems. The main limitations of fuzzy cognitive models for modeling STS dynamics are: the complexity of taking into account the mutual influence of parameters with their different time lags relative to each other; the need for their constant operational adjustment and training of component models for all parameters during the operation of the CTS. In this paper, Fuzzy Relational Cognitive Temporal Models (FRCTM) are developed. These models combine the advantages of various types of fuzzy cognitive models, and at the same time neutralize the main limitations of the analysis and prediction of the state of the CTS, which are inherent in the well-known fuzzy cognitive models. The paper also proposes models of system dynamics that take into account the specifics of the FRCTM. We have also developed an approach and implemented a method for calculating fuzzy dependencies in vector-matrix form for dynamic modeling of the CTS. The proposed method makes it possible to solve the problems of increasing the uncertainty of the results and the output of fuzzy values of the FRCTM concepts beyond the ranges of the base sets due to the execution of mass iterative computations. An example of modeling heterogeneous electromechanical systems based on FRCTM is given. The results obtained are the basis for solving a whole range of tasks of analysis, predictive evaluation, modeling of different scenarios of the functioning and development of heterogeneous electromechanical systems for various system factors, operating modes and external conditions.

Keywords: fuzzy relational cognitive temporal model, system dynamics model, complex technical system, heterogeneous electromechanical system

For citation: Borisov V., Kurilin S., Lufarov V. Fuzzy relational cognitive temporal models for analyzing and state prediction of complex technical systems. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2022, vol.17, no.1, pp.27-38 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-1-27-38

Введение

При исследовании сложных технических систем (СТС) ставится и решается целый комплекс задач анализа, прогнозной оценки, моделирования различных сценариев функционирования и развития СТС для разных системных факторов, режимов эксплуатации и внешних условий.

Особенностями таких СТС, к которым относятся неоднородные электромеханические системы (НЭМС), является: существенная взаимозависимость, нелинейный характер и неполнота сведений о взаимовлиянии анализируемых параметров; разнообразие воздействий внутренних и внешних факторов на СТС; сложность и затратность проведения экспериментальных исследований.