

Нечеткая динамическая онтологическая модель для поддержки принятия решений по управлению энергоемкими системами на основе прецедентов

М.И. Дли^{1,2}, М.В. Черновалова^{1}, А.М. Соколов³, Э.В. Моргунова⁴*

¹Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск, Россия

²Университет «Синергия», Москва, Россия

³Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия

⁴ООО «НИИМАШ», Смоленск, Россия

*0208margarita@bk.ru

Аннотация. В статье рассмотрены особенности применения прецедентного подхода при управлении сложными энергоемкими системами в условиях необходимости учета различных энергетических, технических, экологических и эксплуатационных показателей, а также неопределенности влияния множества внутренних и внешних факторов. Это приводит к наличию большого объема слабоструктурированной информации, которая может быть представлена с помощью различных шкал, что определяет перспективность применения прецедентного подхода. Описана предложенная нечеткая онтологическая модель для поддержки принятия решений на основе прецедентов, отличающаяся использованием динамических концептов, а также концептов в виде разношкальных числовых и лингвистических переменных. Предложен алгоритм оценки близости прецедентов на основе онтологической модели, отличающийся учетом динамических аспектов изменения состояния управляемых систем. Представлены разработанные алгоритмы нечеткого логического вывода для поддержки принятия решений на основе прецедентов, которые позволяют использовать в качестве входных характеристик нечеткой продукционной модели как лингвистические, так и числовые переменные, а также различные логические связи между предпосылками правил. Описано программное обеспечение, реализующее разработанные модель и алгоритмы. Особое внимание уделено модулю модифицированного нечеткого логического вывода, выполненного с помощью средств языка Python 3.8.7. Для реализации пользовательского интерфейса указанного модуля применялась кросс-платформенная графическая библиотека Tkinter. Приведены результаты вычислительных экспериментов с использованием реальных данных, полученных при эксплуатации энергоемкой системы переработки мелкодисперсного рудного сырья, включающей обжиговую машину конвейерного типа. В качестве критерия эффективности управленческого решения рассматривалась минимизация удельных совокупных затрат на тепловую и электрическую энергию. Полученные результаты показали, что предложенные модель и программные средства позволяют получить результат, сопоставимый с результатом использования сложных аналитических зависимостей, обеспечивая при этом сокращение временных и финансовых затрат.

Ключевые слова: онтологические модели, метод прецедентов, нечеткий логический вывод, лингвистические переменные, энергоемкие системы, поддержка принятия решений

Для цитирования: Дли М.И., Черновалова М.В., Соколов А.М., Моргунова Э.В. Нечеткая динамическая онтологическая модель для поддержки принятия решений по управлению энергоемкими системами на основе прецедентов // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 5. С. 59–76. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-5-59-76

Fuzzy dynamic ontological model for decision support of energy-intensive systems management based on precedents

M. Dli^{1,2}, M. Chernovalova^{1*}, A. Sokolov³, E. Morgunova⁴

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

²Synergy University, Moscow, Russia

³National Research University "MPEI", Moscow, Russia

⁴NIIMASH LLC, Smolensk, Russia

*0208margarita@bk.ru

Abstract. The article discusses the features of applying the precedent approach when managing complex energy-intensive systems in the context of the need to take into account various energy, technical, environmental and operational indicators, as well as the uncertainty of many internal and external factors influence. This leads to the presence of a large amount of semi-structured information that can be presented using various scales, which determines the prospects of using the precedent approach. The proposed fuzzy ontological model for supporting decision support based on precedents is described, characterized by the use of dynamic concepts, as well as concepts in the form of different scale numerical and linguistic variables. An algorithm for assessing the proximity of precedents based on an ontological model is proposed, which differs by taking into account the dynamic aspects of changes in the state of controlled systems. The developed algorithms for fuzzy inference for decision support based on precedents are presented, which allow the use of both linguistic and numerical variables as input characteristics of the fuzzy production model, as well as using various logical connections between the rules pre-requisites. The software that implements the developed model and algorithms is described. Particular attention is paid to the modified fuzzy inference component, implemented using Python 3.8.7 language tools. To implement the user interface of the specified component, the cross-platform graphic library Tkinter was used. The results of computational experiments using real data obtained during the operation of an energy-intensive system for processing fine ore raw materials, including a conveyor-type roasting machine, are presented. Minimization of specific total costs for thermal and electrical energy was considered as a criterion for the effectiveness of management decisions. The outcome obtained showed that the proposed model and software make it possible to obtain a result comparable to the one of using complex analytical dependencies, while ensuring a reduction in time and financial costs.

Keywords: ontological models, precedent approach, fuzzy inference, linguistic variables, energy-intensive systems, decision support

For citation: Dli M., Chernovalova M., Sokolov A., Morgunova E. Fuzzy dynamic ontological model for decision support of energy-intensive systems management based on precedents. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2023, vol.18, no.5, pp.59-76 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-5-59-76

Введение

В настоящее время важнейшим условием обеспечения конкурентоспособности российской экономики является снижение издержек при изготовлении про-

дукции в том числе на основе автоматизации управления производственными системами с учетом их специфики [1]. Обычно управление сложными энергоемкими системами, примером которой является система переработки мелкодисперсного рудного сырья