

DOI: 10.25728/avtprom.2024.11.06

*Н.Н. Бахтадзе, Д.В. Елпашев, В.Н. Кушнарев, А.А. Черешко (ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН)
А.В. Пуртов (ПАО «КАМАЗ»), В.Е. Пятецкий (НИТУ МИСИС)
А.К. Власов, В.Н. Максименков (ЦЦТ МФТИ)*

Использование суррогатных цифровых двойников для управления производственными ситуациями

Для управления многомерными многосвязными производственными объектами может быть применен метод на основе точечной прогнозирующей модели (МРС), формируемой с помощью интеллектуального анализа ассоциативных знаний и машинного обучения. Определяются факторы производственной ситуации. Предлагаемый подход учитывает прогноз состояния комплекса гетерогенных ресурсов, используемых в системе управления.

Ключевые слова: идентификация, ассоциативный поиск, управление с прогнозирующей моделью, ситуационное управление, гетерогенные ресурсы.

***Бахтадзе Наталья Николаевна** – д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник,
Елпашев Денис Владиславович – научный сотрудник,
Кушнарев Владислав Николаевич – младший научный сотрудник,
Черешко Алексей Анатольевич – канд. техн. наук, старший научный сотрудник – Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Пуртов Алексей Владимирович – директор департамента, главный конструктор цифровых систем проектирования, ПАО «КАМАЗ»,
Пятецкий Валерий Ефимович – д-р технических наук, заведующий кафедрой бизнес-информатики и систем управления производством, НИТУ МИСИС,
Власов Артем Константинович – старший инженер,
Максименков Владимир Николаевич – старший инженер, ООО «Центр цифровых технологий».*

Список литературы

- 1. Дозорцев В.М. Цифровые двойники в промышленности: генезис, состав, терминология, технологии, платформы, перспективы. Ч. 1 – Возникновение и становление цифровых двойников. Как существующие определения отражают содержание и функции цифровых двойников? // Автоматизация в промышленности. 2020. № 9. С. 3-11.*
- 2. Bakhtadze N., Chereshko A., Elpashev D., Suleykin A., Purto A. Predictive associative models of processes and situations // IFAC PapersOnLine, 2022. Vol. 55, No. 2, P. 19–24. 14th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems IMS 2022. Tel-Aviv, Israel, March 2022. P. 28-30.*
- 3. N. Bakhtadze, V. Kulba, V. Lototsky, E. Maximov and Y.Jadikin. Identification methods based on assotiative search procedure // Control and Cybernetics, 2011, vol. 2, no 3. Pp. 6-18.*
- 4. Bakhtadze N., Kulba V. and Maximov E. Identication based approach to soft sensors design // International Federation of Automatic Control Proceedings. 2007. Vol. 40. N. 3. Pp. 87-92.*
- 5. Bakhtadze N., Lototsky V. Knowledge-Based Models of Nonlinear Systems Based on Inductive Learning. – In: New Frontiers in Information and Production Systems Modelling and Analysis Incentive Mechanisms, Competence Management, Knowledge-based Production // Springer, Heidelberg, 2016. Pp. 85–104.*
- 6. Moore E. On the reciprocal of the general algebraic matrix. In Bulletin of the American Mathematical Society. 1920. 26. Pp. 394-395.*

7. Penrose R. *A generalized inverse for matrices*. In *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*. 1955. 51, 3. Pp. 406-413.
8. Wan Sieng Yeo, Agus Saptoro, Perumal Kumar, Manabu Kano. *Just-in-time based soft sensors for process industries: A status report and recommendations* // *Journal of Process Control*. 2023. Vol. 128. N 8. 103025.
9. Vassilyev S., Novikov D., Bakhtadze N. *Intelligent Control of Industrial Processes /Proceedings of the 7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control (MIM'2013, Saint Petersburg)*. Laxenburg: International Federation of Automatic Control. 2013. Pp. 49-57.
10. Бахтадзе Н.Н., Елпашев Д.В., Кушнарев В.Н., Черешко А.А. *Метод проактивного управления сложными многосвязными объектами на основе цифровых ассоциативных моделей* // *Автоматизация в промышленности*. 2024. № 10.
11. Бахтадзе Н.Н., Коньков А.Е., Елпашев Д.В., Кушнарев В.Н., Мухтаров К.С., Пуртов А.В., Пятецкий В.Е., Черешко А.А. *Методы синтеза цифровых двойников на основе цифровых идентификационных моделей производственных процессов* // *Информационные технологии и вычислительные системы*. 2024. № 4.
12. Simon H.A. & Newell A. *Human problem solving: The state of the theory in 1970*. *American Psychologist*. 1971. 26(2). Pp. 145-159.
13. Goeze-Rapopori M., Zekharov V., Pospelov D.A. *The Influence Of Nonuniformity in The Models Of Automate Collective Behaviour*. *International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*. 1975. Pp. 321-327.
14. Bakhtadze N., Dolgui A., Pyateysky V., Sabitov R., Smirnova G., Elpashev E., Zakharov E. *Data Mining-Based Prediction of Manufacturing Situations* // *IFAC-PapersOnLine*. 2018. Vol. 51. Issue 11. Pp. 316-321.
15. Tretmans J., van de Laar P., Borth M. (eds) *Introduction: Situation Awareness, Systems of Systems, and Maritime Safety and Security* // In: *Situation Awareness with Systems of Systems*: Springer. 2013. Pp. 3-20.
16. Jajodia S., Albanese M., Liu P., Jajodia S., Wang C. (eds). *An Integrated Framework for Cyber Situation Awareness* // *Theory and Models for Cyber Situation Awareness. Lecture Notes in Computer Science: Springer*. 2017. Vol. 10030. Pp. 29-46.
17. Agrawal R, Srikant F. *Discovery of Association Rules* // *Proceedings of the 20th International Conference on VLDB*, 1994. Pp. 487-499.

Bakhtadze N.N., Elpashev D.V., Kushnarev V.N., Cheresenko A.A., Purto A.V., Pyatetsky V.E., Vlasov A.K., Maksimenkov V.N. Application of data-driven digital twins for production situation control

The paper offers a control technology for multi-loop production facilities based on a point predictive model. Such models can be developed by means of intelligent analysis of associative knowledge and machine learning. For improving control performance, additional production situation factors are determined. An approach to the analysis and modeling of the state of production resources is discussed. It allows for the forecast of the heterogeneous resource complex used in the control system.

Keywords: identification, associative search, model predictive control, situational control, heterogeneous resources.