

УДК 502.3:004.81
DOI: 10.7868/S25000640250308

ПОДХОД К ПРИМЕНЕНИЮ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

© 2025 г. А.Ю. Таранов¹, А.А. Родина², М.В. Орда-Жигулина²

Аннотация. В настоящее время существует потребность в повышении эффективности мониторинга и прогнозирования в области сельскохозяйственных наук, особенно в части рационального природопользования. Это, в свою очередь, требует разработки и внедрения новых современных методов прогнозирования для снижения влияния возникающих природных рисков. Одним из возможных решений является интеграция экспертных знаний и данных наблюдений с использованием математического аппарата когнитивного анализа.

Предложен подход к применению когнитивного моделирования в интеллектуальных системах мониторинга и прогнозирования, который позволяет моделировать и отслеживать сложные взаимодействия между климатическими, биологическими и управленческими параметрами. Он также дает количественную оценку зависимости целевых показателей (объема урожая, его качества, материальных затрат на его получение, эффективности использования ресурсов и т.п.) от воздействия неблагоприятных природных и иных факторов.

На базе предложенного подхода был разработан прототип системы мониторинга и прогнозирования, включающий в себя модуль когнитивного анализа, с помощью которого было проведено имитационное моделирование сценариев поведения сельскохозяйственной системы. Численный эксперимент дал информацию, позволяющую оценить поведение сельскохозяйственной системы, например изменение объема урожая при воздействии ряда неблагоприятных факторов. Также для каждого сценария были выработаны управленческие решения по снижению воздействия неблагоприятных факторов и сохранению высокой урожайности.

Полученные результаты могут быть применены в современных системах поддержки принятия решений с целью повышения эффективности мониторинга окружающей среды и прогнозирования влияния природных рисков для нужд сельского хозяйства.

Ключевые слова: анализ данных, мониторинг, прогнозирование, сельское хозяйство, когнитивное моделирование, когнитивные карты, туманные вычисления.

AN APPROACH TO THE APPLICATION OF COGNITIVE MODELING IN INTELLIGENT MONITORING AND FORECASTING SYSTEMS IN AGRICULTURE

A.Yu. Taranov¹, A.A. Rodina², M.V. Orda-Zhigulina²

Abstract. Currently, there is a need to improve the efficiency of monitoring and forecasting in the field of agricultural sciences, particularly with regard to the rational use of natural resources. This, in turn, requires the development and implementation of modern forecasting methods to reduce the impact of emerging natural risks. One possible solution is the integration of expert knowledge and observational data using the mathematical framework of cognitive analysis.

¹ Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем имени академика А.В. Каляева Южного федерального университета (Scientific Research Institute of Multiprocessor Computing Systems named after Academician A.V. Kalyaev of Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42

² Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: ar.rodina@mail.ru

The article proposes an approach to the use of cognitive modeling in intelligent monitoring and forecasting systems, enabling the simulation and tracking of complex interactions among climatic, biological, and management parameters. It also provides a quantitative assessment of the dependence of target indicators (such as crop yield, quality, production costs, and resource efficiency) on the impact of unfavorable natural and other factors.

Based on the proposed approach, a prototype of a monitoring and forecasting system was developed, incorporating a cognitive analysis module used to simulate scenarios of agricultural system behavior. The numerical experiment provided data for assessing system behavior, such as changes in crop yield under the influence of various unfavorable factors. For each scenario, management decisions were formulated to mitigate the impact of these factors and maintain high productivity.

The obtained results can be applied in modern decision support systems to improve the efficiency of environmental monitoring and to forecast the impact of natural risks on agricultural needs.

Keywords: data analysis, monitoring, forecasting, agriculture, cognitive modeling, cognitive maps, fog computing.

1. Алексеева Н.Н., Вайсберг Л.А., Гребенюк А.Ю., Добролюбов С.А., Карлин Л.Н., Касимов Н.С., Соколов А.В., Соколова А.В., Чулок А.А. 2014. *Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Рациональное природопользование*. М., Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»: 48 с.
2. Ивашук О.А., Федоров В.И., Ивашук Д.А., Федорова Н.В. 2023. Разработка метода комплексной оценки экологического состояния объектов и процессов агропромышленного комплекса. В кн.: *Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2023): Сборник трудов IX Международной научно-технической конференции (г. Белгород, 31 мая – 2 июня 2023 г.)*. Белгород, ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ»: 171–176.
3. Буклагин Д.С. 2021. Цифровые технологии управления сельским хозяйством. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2(104): 136–144. doi: 10.23670/IRJ.2021.103.2.026
4. Мышляков С.Г., Глотов А.А. 2015. «Геоаналитика.Агро» – инновационное решение для сельскохозяйственного мониторинга. *Геоматика*. 2: 58–62.
5. Мельник Э.В., Орда-Жигулина М.В., Орда-Жигулина Д.В. 2020. Применение когнитивного анализа к мониторингу и прогнозированию опасных природных процессов в гидроэкосистемах. В кн.: *Системный анализ в проектировании и управлении. Часть 3. Сборник научных трудов XXIV Международной научной и учебно-практической конференции (Санкт-Петербург, 13–14 октября 2020 г.)*. СПб., ПОЛИТЕХ-ПРЕСС: 37–46. doi: 10.18720/SPBPU/2/id20-193
6. Блохина С.Ю., Блохин Ю.И. 2020. Интеллектуальное земледелие на основе Интернета вещей. *Земледелие*. 7: 7–15. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10702
7. Wang B., Lu K., Chang P., Sun S. 2015. Multi-terminal monitoring system for campus ecological environment based on sensor network. In: *10th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE) (Cambridge, United Kingdom, 22–24 July 2015)*. IEEE: 107–110. doi: 10.1109/iccse.2015.7250226
8. Кирсанова А.А., Радченко Г.И., Черных А.Н. 2020. Обзор технологий организации туманных вычислений. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика*. 9(3): 35–63. doi: 10.14529/cmse200303
9. Popović T., Latinović N., Pešić A., Zečević Ž., Krstajić B., Djukanović S. 2017. Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: a case study. *Computers and Electronics in Agriculture*. 140: 255–265. doi: 10.1016/j.compag.2017.06.008
10. Liutkevičius A., Morkevičius N., Venčkauskas A., Toldinas J. 2022. Distributed agent-based orchestrator model for fog computing. *Sensors*. 22(15): 5894. doi: 10.3390/s22155894
11. Не только GPS: 10 датчиков современных смартфонов. 2025. *Samsung*. URL: <https://www.samsung.com/ru/explore/life-hacks/sensors-of-modern-smartphones> (дата обращения: 05.04.2025).
12. *Structure of decision: the cognitive maps of political elites*. 1976. Princeton, Princeton University Press: 404 p. doi: 10.2307/1955121
13. Williamson R.C. 1990. *Probabilistic arithmetic*. Brisbane, University of Queensland: 307 p. doi: 10.14264/uql.2015.241

REFERENCES

1. Alekseeva N.N., Vaysberg L.A., Grebenyuk A.Yu., Dobrolyubov S.A., Karlin L.N., Kasimov N.S., Sokolov A.V., Sokolova A.V., Chulok A.A. 2014. *Prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossii: 2030. Ratsional'noe prirodopol'zovanie*. [The forecast of scientific and technological development of Russia: 2030. Rational use of natural resources]. Moscow, Ministry of Education and Science of the Russian Federation, National Research University “Higher School of Economics”: 48 p. (In Russian).

2. Ivaschuk O.A., Fedorov V.I., Ivaschuk D.A., Fedorova N.V. 2023. [Development of a method for integrated ecological state of objects and processes of agro-industrial complex]. In: *Informatsionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve (ITNOP-2023): Sbornik trudov IX Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. [Information technologies in science, education and production: collection of works of the IX International conference on science and technology (Belgorod, Russia, 31 May – 2 June 2023)]. Belgorod, Publishing house “BelGU” of Belgorod State National Research University: 171–176. (In Russian).
3. Buklagin D.S. 2021. [Digital technologies of agricultural management]. *International Research Journal*. 2(104): 136–144. (In Russian). doi: 10.23670/IRJ.2021.103.2.026
4. Myshlyakov S.G., Glotov A.A. 2015. [“Geoanalytics.Agro” – an innovative solution for agricultural monitoring]. *Geomatics*. 2: 58–62. (In Russian).
5. Melnik E.V., Orda-Zhigulina M.V., Orda-Zhigulina D.V. 2020. [Application of cognitive analysis to monitoring and forecasting dangerous natural processes in hydroecosystems]. In: *Sistemnyy analiz v proektirovanii i upravlenii. Chast' 3. Sbornik nauchnykh trudov XXIV Mezhdunarodnoy nauchnoy i uchebno-prakticheskoy konferentsii*. [System analysis in design and management. Part 3. Collection of scientific papers of the XXIV International scientific and educational-practical conference (St Petersburg, Russia, 13–14 October 2020)]. St Petersburg, POLITEKH-PRESS: 37–46. (In Russian). doi: 10.18720/SPBPU/2/id20-193
6. Blokhina S.Yu., Blokhin Yu.I. 2020. [A smart farming concept based on the Internet of Things]. *Zemledelie*. 7: 7–15. (In Russian). doi: 10.24411/0044-3913-2020-10702
7. Wang B., Lu K., Chang P., Sun S. 2015. Multi-terminal monitoring system for campus ecological environment based on sensor network. In: *10th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE) (Cambridge, United Kingdom, 22–24 July 2015)*. IEEE: 107–110. doi: 10.1109/iccse.2015.7250226
8. Kirsanova A.A., Radchenko G.I., Chernykh A.N. 2020. [Overview of fog computing organization technologies]. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Computational Mathematics and Software Engineering*. 9(3): 35–63. (In Russian). doi: 10.14529/cmse200303
9. Popović T., Latinović N., Pešić A., Zečević Ž., Krstajić B., Djukanović S. 2017. Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: a case study. *Computers and Electronics in Agriculture*. 140: 255–265. doi: 10.1016/j.compag.2017.06.008
10. Liutkevičius A., Morkevičius N., Venčkauskas A., Toldinas J. 2022. Distributed agent-based orchestrator model for fog computing. *Sensors*. 22(15): 5894. doi: 10.3390/s22155894
11. [Not just GPS: 10 sensors in modern smartphones]. 2025. *Samsung*. URL: <https://www.samsung.com/ru/explore/life-hacks/sensors-of-modern-smartphones> (accessed 5 April 2025). (In Russian).
12. *Structure of decision: the cognitive maps of political elites*. 1976. Princeton, Princeton University Press: 404 p. doi: 10.2307/1955121
13. Williamson R.C. 1990. *Probabilistic arithmetic*. Brisbane, University of Queensland: 307 p. doi: 10.14264/uql.2015.241

Поступила 07.04.2025

Принята 19.06.2025