

УДК 632: 004.22: 004.8: 005.94

DOI 10.31548/energiya1(83).2026.026

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ОНТОЛОГІЙ У ВИРОБНИЦТВІ ЕНТОМОФАГІВ**І. С. Чернова, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник****Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН України**<https://orcid.org/0000-0002-9995-3834>E-mail: bioischernova@ukr.net

Анотація. Досліджено питання розроблення системи підтримки прийняття рішень на основі онтологій у виробництві ентомофагів для біологізації захисту рослин, яке обумовлено необхідністю підвищення ефективності процесів управління цим виробництвом. Використання онтологій дає змогу узагальнити та систематизувати знання щодо процесів виробництва ентомофагів на базі результатів попередніх досліджень, технологічного досвіду фахівців, аналізу наукових праць та сучасних програмних засобів.

Мета дослідження – розроблення системи підтримки прийняття рішень на основі онтологій у виробництві ентомофагів. Методи дослідження – системний та синергетичний підходи, онтологічний інжиніринг, машинне навчання, загальнодоступні програмні середовища *Visual Understanding Environment* та *FreeMind*, система комп'ютерної математики *Scilab*.

Проведено аналіз останніх досліджень та публікацій стосовно створення систем підтримки прийняття рішень на основі онтологій. Розроблено систему підтримки прийняття рішень на основі онтологій у виробництві ентомофагів, структуру якої представлено у вигляді асоціативної карти із застосуванням програмного середовища *FreeMind*. Компонентами системи є програмне середовище *Visual Understanding Environment*; інтерфейс користувача; онтологічна база знань, яка містить класи, поняття та вбудовані онтології. Функціями системи є: підтримка прийняття рішень стосовно якості ентомологічної продукції та рівня технологічної керованості процесів виробництва в умовах невизначеності; автоматизований аналіз, структуризація та діджиталізація знань.

Результати досліджень дозволяють підвищити рівень автоматизації процесів керування виробництвом ентомофагів і компетентності особи, що приймає рішення, та можуть бути використані при створенні систем штучного інтелекту у виробництві біологічних засобів захисту рослин.

Ключові слова: система, підтримка прийняття рішень, виробництво ентомофагів, онтологічна база знань

Вступ. Розроблення системи підтримки прийняття рішень на основі онтологій у виробництві ентомофагів обумовлено необхідністю підвищення ефективності процесів управління цим виробництвом завдяки узагальненню та структуриванню знань, використовуючи при цьому результати попередніх досліджень, технологічний досвід фахівців, аналіз наукових праць та сучасні програмні засоби.

Онтологічний підхід дозволяє упорядковувати знання про галузь, що досліджується; сприяє підвищенню якості проектувальних робіт [1]. Поняття онтології має практичне значення у математичному функціонуванні інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень [2]. При цьому особливе значення надається процесам створення онтологічних баз знань із використанням сучасних програмних середовищ, які дають змогу представлення інформації в машиночитаному форматі, що є необхідною умовою при розробленні систем штучного інтелекту [3].

Огляд літературних джерел. За класифікацією [4] системи підтримки прийняття рішень поділено на системи візуалізації структурованої інформації, аналізу текстової інформації, аналізу структурованої інформації, структуризації емпіричної інформації.

Відомі дослідження щодо створення систем підтримки прийняття рішень на основі онтологій присвячено: використанню онтологій у складі баз знань таких систем [5]; методам побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень на основі адаптивної онтології [2]; об'єднанню онтологій, інтелектуального аналізу даних та байєсовських мереж з метою створення бази знань для прийняття рішень [6]; використанню онтології, мови

правил семантичної мережі та методів обробки зображень для підтримки прийняття рішень щодо захисту винограду від шкідників та хвороб [7]; застосуванню технології Semantic Web для представлення знань експертів у боротьбі з комахами-шкідниками цукрової тростини, рису, сої та какао [8]; розробці експертної системи для ідентифікації хвороб рису та рекомендацій щодо контролю [9].

Мета дослідження – розроблення системи підтримки прийняття рішень на основі онтологій у виробництві ентомофагів.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження є біотехнологічні процеси виробництва ентомофагів. Предметом дослідження є використання онтологій для розроблення системи підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів. Методи дослідження – системний та синергетичний підходи, онтологічний інжиніринг, машинне навчання, загальнодоступні програмні середовища Visual Understanding Environment та FreeMind, система комп'ютерної математики Scilab.

Теоретичною базою виконання роботи були наукові праці з використання онтологічного аналізу до створення систем підтримки прийняття рішень [1, 2, 4, 5]. Матеріалами роботи були результати досліджень процесів інтелектуального управління виробництвом ентомофагів [10 - 15].

Результати досліджень та їх обговорення. Розроблено систему підтримки прийняття рішень на основі онтологій у виробництві ентомофагів, структуру якої представлено у вигляді асоціативної карти із застосуванням програмного середовища FreeMind (рис. 1). Структура системи складається з програмного середовища Visual Understanding Environment; інтерфейсу користувача та онтологічної бази знань (рис. 2).

Онтологічна база знань системи підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів містить: – класи «1.Дії людини у процесах управління виробництвом», «2.Контроль якості ентомологічної продукції», «3.Технологічні процеси», «4.Формалізація знань щодо процесів виробництва», «5.Прецеденти», «6.Підтримка прийняття рішень», «7.Забезпечення якості ентомологічної продукції»; – поняття (1.1. - 1.6.; 4.1. - 4.8.; 6.1. - 6.5.; 7.1. - 7.5.); – вбудовані онтології «2.1.Інтерактивна база даних контролю якості ентомологічної продукції», «2.2.Інформаційна система контролю якості ентомологічної продукції», «3.1.Процеси виробництва золотоочки», «3.2.Процеси виробництва ентомофага бракон», «3.3.Процеси виробництва галиці афідімізи», «5.1.Тезаурус інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів», «6.3.1.Структурування рівня технологічної керованості процесів виробництва».



Рис. 1. Асоціативна карта компонентів системи підтримки прийняття рішень

на основі онтологій у виробництві ентомофагів

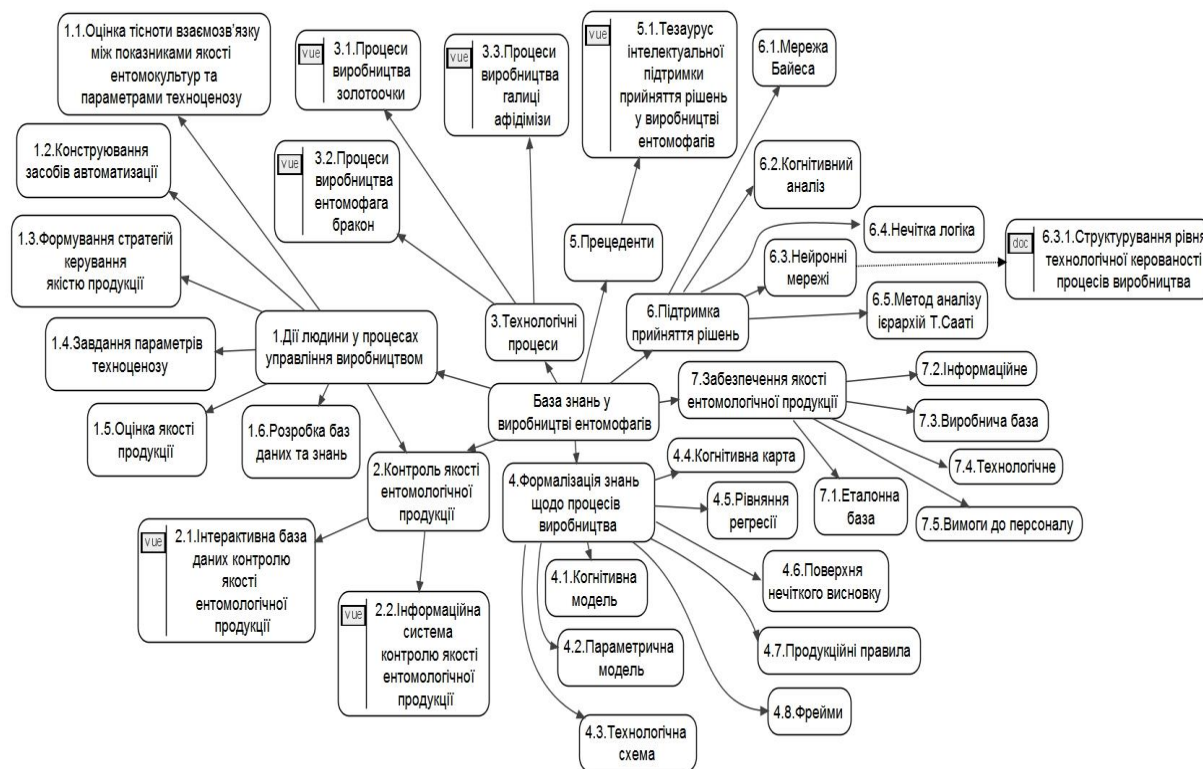


Рис. 2. Структура онтологічної бази знань системи підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів

Структура вбудованої онтології «2.1.Інтерактивна база даних контролю якості ентомологічної продукції» містить клас, концепти, поняття та посилання. До класу відноситься назва бази даних, концептами є опубліковані праці (2017-2025 рр.) науковців Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН України стосовно контролю якості ентомологічної продукції, поняттями – повна назва публікацій у відповідності з номером концепту, посиланнями – URL кожного концепту для знаходження публікації в Інтернеті [10].

Основою вбудованої онтології «2.2.Інформаційна система контролю якості ентомологічної продукції» є онтологічний підхід та спосіб керування якістю млинової вогнівки (*Ephestia kuehniella*) у виробництві ентомофага бракон за допомогою тришарової нейронної мережі із застосуванням Feed-Forward Backpropagation Artificial Neural Network Scilab; компонентами – концепти «Призначення», «Проектування», «Реалізація», «Ефективність» та опис їх властивостей у вигляді понять [11].

Вбудовані онтології «3.1.Процеси виробництва золотоочки», «3.2.Процеси виробництва ентомофага бракон», «3.3.Процеси виробництва галиці афідімізи» формалізують основні, допоміжні та обслуговуючі процеси [12, 13].

Вбудовану онтологію «5.1.Тезаурус інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів» структуровано на основі прецедентів, що складаються з концептів (процедурних знань стосовно інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів): «Експертна система на базі методу аналізу ієрархій Т.Сааті», «Експертні системи нечіткого висновку», «Нечіткі когнітивні карти», «Мережа Байєса», «Нейронні мережі», «Фрейми», «Когнітивні моделі» [13, 14].

Вбудована онтологія «6.3.1.Структурування рівня технологічної керованості процесів виробництва» містить експертні знання щодо рівня технологічної керованості процесів виробництва ентомофага бракон (*Habrobracon hebetor*) та багатошарову нейронну мережу з прямим зв'язком на базі загальнодоступного програмного середовища Artificial Neural

Network системи комп'ютерної математики Scilab; використання нейронної мережі дозволило формалізувати з високим ступенем точності рівень технологічної керованості цього виробництва (0.1 – низький, 0.45 – середній, 0.9 – високий) [15].

Висновки. Розроблено систему підтримки прийняття рішень на основі онтологій у виробництві ентомофагів, структура якої містить вбудовані онтології у складі онтологічної бази знань.

Науковою новизною системи є: підвищення точності прогнозування якості ентомологічної продукції та рівня технологічної керованості виробництва ентомофага бракон в умовах невизначеності завдяки використанню нейронних мереж; автоматизований пошук інформації щодо контролю якості ентомологічної продукції; структуризація знань щодо процесів виробництва ентомофагів із використанням сучасних програмних середовищ.

Сфера застосування – виробництво ентомологічних препаратів для захисту рослин; наукові та навчальні установи відповідного профілю; цифровізація знань у процесах інженерного забезпечення біологізації сільськогосподарського виробництва. Перспективою подальших досліджень є вдосконалення процесів підтримки прийняття рішень для біологічного захисту рослин.

Список використаних джерел

1. Євреїнова Н. М., Бабенко М. В. Використання онтологічного підходу при створенні інтелектуальних систем. Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. (Черкаси, 25-26 трав. 2023 р.). Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 2023. С. 48-49.
2. Lytvyn V. et al. Methods of Building Intelligent Decision Support Systems Based on Adaptive Ontology. 2018 IEEE Second Intern. Conf. on Data Stream Mining & Processing (DSMP). Lviv, Ukraine, 2018. P. 145–150. <https://doi.org/10.1109/DSMP.2018.8478500>.
3. Sanctorum A. et al. End-user engineering of ontology-based knowledge bases. Behaviour & Information Technology. 2022. Vol. 41, No. 9. P. 1811-1829. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2092032>.
4. Карпов І., Буров Є. Підхід до побудови системи підтримки прийняття рішень на основі онтологій. Науковий збірник «InterConf+». 2022. № 19(99). С. 849–855. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.02.2022.095>.
5. Литвин В. В. Підхід до побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень на основі онтологій. Проблеми програмування. Експертні та інтелектуальні інформаційні системи. 2013. № 4. С. 43-52.
6. Oprea M. A knowledge modelling framework for intelligent environmental decision support systems and its application to some environmental problems. Environmental Modelling & Software. 2018. Vol. 110. P. 72–94. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.09.001>.
7. Chougule A., Kumar V., Mukhopadhyay D. Decision support for grape crop protection using ontology. International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems. 2019. Vol. 11, No. 1. P. 24-37. <https://doi.org/10.1504/IJRIS.2019.098051>.
8. Lagos-Ortiz K. et al. An Ontology-Based Decision Support System for Insect Pest Control in Crops. Technologies and Innovation / Ed. Valencia-García R. et al. CITI 2018. Communications in Computer and Information Science. Vol. 883. P. 3-14. Springer. Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00940-3_1.
9. Jearanaiwongkul W. et al. An Ontology-Based Expert System for Rice Disease Identification and Control Recommendation. Applied Sciences. 2021. Vol. 11, No. 21. P. 10450. <https://doi.org/10.3390/app112110450>.
10. Чернова І. С. Інтерактивна база даних контролю якості ентомологічної продукції («Інтерактивна база даних»). Свідectvo про реєстрацію авторського права на літературний письмовий твір наукового характеру. № 139160. Опубл. 31.10.2025. Бюл. № 94.
11. Чернова І. С. Інформаційна система контролю якості ентомологічної продукції на основі онтологій. Біологічний метод захисту рослин: досягнення і перспективи: матеріали II міжнар. наук. конф. (Хлібодарське, 24-26 верес. 2025 р.). Інформаційний бюлетень Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» Національної академії аграрних наук України. Одеса, 2025. № 2. С. 39-41.

12. Chernova I. Biological protection of plants: ontological approach. Genetics, Physiology and Plant Breeding (VIII-th Edition): Materials Proceedings International Scientific Conference (Oct. 7–8, 2024, Chisinau, Republic of Moldova). Chisinau, Republic of Moldova, 2024. P. 525–528. <https://doi.org/10.53040/gppb8.2024.91>.

13. Чернова І. С. Представлення знань у виробництві ентомофагів. Енергетика і автоматика. 2025. № 2. С. 96-105. [https://doi.org/10.31548/energiya2\(78\).2025.096](https://doi.org/10.31548/energiya2(78).2025.096).

14. Чернова І. С., Лисенко В. П. Інтелектуальна підтримка прийняття рішень у виробництві ентомофагів: онтологічний підхід. Контроль і управління в складних системах: КУСС-2024: матер. XVII міжнар. конф. (Вінниця, 16-17 жов. 2024 р.). Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2024. <https://doi.org/10.31649/mccs2024.3-01>.

15. Чернова І. С., Лисенко В. П. Модельовання процесів інтелектуального управління виробництвом ентомофагів. Сучасні проблеми в радіоелектроніці, телекомунікаціях: матеріали міжнар. наук.-техн. конф. (Львів, 22-23 трав. 2024 р.). Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2024. С. 249-251.

ONTOLOGY-BASED DECISION SUPPORT SYSTEM IN ENTOMOPHAGES PRODUCTION

I. Chernova

Abstract. *The article explores the issue of developing a decision support system based on ontologies in the production of entomophages for the biologization of plant protection, which is due to the need to increase the efficiency of the management processes of this production. The use of ontologies makes it possible to generalize and systematize knowledge about the processes of entomophages production based on the results of previous research, technological experience of specialists, analysis of scientific papers, and modern software tools.*

The aim of the study is to develop a decision support system based on ontologies in the production of entomophages. Research methods – systemic and synergistic approaches, ontological engineering, machine learning, publicly available software environments Visual Understanding Environment and FreeMind, and the Scilab computer mathematics system.

An analysis of recent research and publications on the creation of decision support systems based on ontologies was conducted. A decision support system based on ontologies in the production of entomophages has been developed, the structure of which is presented in the form of an associative map using the FreeMind software environment. The components of the system are the Visual Understanding Environment software environment; user interface; ontological knowledge base, which contains classes, concepts and built-in ontologies. System functions: decision-making support regarding the quality of entomological products and the level of technological controllability of production processes under conditions of uncertainty; automated analysis, structuring and digitalization of knowledge.

The research results allow to increase the level of automation of processes for managing the production of entomophages and the competence of the decision-maker, and can be used in the creation of artificial intelligence systems in the production of biological plant protection products.

Keywords: *system, decision support, entomophages production, ontological knowledge base.*

References

1. Yevreinova, N. M., & Babenko, M. V. (2023). Vykorystannia ontolohichnoho pidkholu pry stvorenni intelektualnykh system. In *Informatsiini modeliuvchi tekhnolohii, systemy ta komplekсы: materialy IV mizhnar. nauk.-prakt. konf.* [Using the ontological approach in creating intelligent systems. In *Information modeling technologies, systems and complexes: Materials of the IV intern. scient. and pract. conf.* (pp. 48-49)]. Cherkaskyi natsionalnyi universytet imeni Bohdana Khmelnytskoho.

2. Lytvyn, V., Vysotska, V., Dosyn, D., Lozynska O. & Oborska O. (2018). Methods of Building Intelligent Decision Support Systems Based on Adaptive Ontology. In *IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing* (pp. 145-150). Lviv, Ukraine. <https://doi.org/10.1109/DSMP.2018.8478500>.

3. Sanctorum, A., Riggio, J., Maushagen, J., Sepehri, S., Arnesdotter, E., Delagrang, M., ... & De Troyer, O. (2022). End-user engineering of ontology-based knowledge bases. *Behaviour & Information Technology*, 41(9), 1811–1829. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2092032>.

4. Karpov, I., & Burov, Ye. (2022). Pidkhdid do pobudovy systemy pidtrymky pryiniattia rishen na osnovi ontolohii [An approach to building a decision support system based on ontologies]. *Naukovyi zbirnyk «InterConf+», 19(99)*, 849–855. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.02.2022.095>.

5. Lytvyn, V. V. (2013). Pidkhid do pobudovy intelektualnykh system pidtrymky pryiniattia rishen na osnovi ontolohii [An approach to building intelligent decision support systems based on ontologies]. *Problemy prohramuvannia. Ekspertni ta intelektualni informatsiini systemy*, 4, 43-52.
6. Oprea, M. (2018). A knowledge modelling framework for intelligent environmental decision support systems and its application to some environmental problems. *Environmental Modelling & Software*, 110, 72–94. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.09.001>.
7. Chougule, A., Kumar, V., & Mukhopadhyay, D. (2019). Decision support for grape crop protection using ontology. *International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems*, 11, 1, 24-37. <https://doi.org/10.1504/IJRIS.2019.098051>.
8. Lagos-Ortiz, K., Medina-Moreira, J., Morán-Castro, C., Campuzano, C., & Valencia-García, R. (2018). An Ontology-Based Decision Support System for Insect Pest Control in Crops. In book: *Technologies and Innovation* (pp. 3-14). *CITI. Communications in Computer and Information Science*, 883. Springer. Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00940-3_1.
9. Jearanaiwongkul, W., Anutariya, C., Racharak, T., & Andres, F. (2021). An Ontology-Based Expert System for Rice Disease Identification and Control Recommendation. *Applied Sciences*, 11(21), 10450. <https://doi.org/10.3390/app112110450>.
10. Chernova, I. S. (2025). Interaktyvna baza danykh kontroliu yakosti entomolohichnoi produktsii («Interaktyvna baza danykh»). *Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na literaturnyi pismovyi tvir naukovooho kharakteru* [Interactive database for quality control of entomological products (“Interactive database”). *Certificate of registration of copyright for a literary written work of a scientific nature*], 139160, 94.
11. Chernova, I. S. (2025). Informatsiina systema kontroliu yakosti entomolohichnoi produktsii na osnovi ontolohii. In *Biologichnyi metod zakhystu roslyn: dosiahnennia i perspektyvy: materialy II mizhnar. nauk. konf.* [Information system for quality control of entomological products based on ontologies. In *Biological control in crop protection: achievements and prospects: materials of the II intern. scient.conf.* (pp. 39-41)]. Informatsiyni biuleten Inzhenerno-tehnolohichnoho instytutu «Biotekhnika» Natsionalnoi akademii ahrarynykh nauk Ukrainy, Odesa, 2.
12. Chernova, I. (2024). Biological protection of plants: ontological approach. In *Genetics, Physiology and Plant Breeding (VIII-th Edition): Materials Proceedings International Scientific Conference* (pp. 525-528). Chisinau, Republic of Moldova. <https://doi.org/10.53040/gppb8.2024.91>.
13. Chernova, I. S. (2025). Predstavlennia znan u vyrobnytstvi entomofahiv [Presentation of knowledge in entomophages production]. *Enerhetyka i avtomatyka*, 2, 96-105. [https://doi.org/10.31548/energiya2\(78\).2025.096](https://doi.org/10.31548/energiya2(78).2025.096).
14. Chernova, I. S., & Lysenko, V. P. (2024). Intelektualna pidtrymka pryiniattia rishen u vyrobnytstvi entomofahiv: ontolohichnyi pidkhid. In *Kontrol i upravlinnia v skladnykh systemakh: KUSS-2024: materialy XVII mizhnar. konf.* [Intelligent decision support in entomophages production: an ontological approach. In *Control and management in complex systems: M CCS-2024: materials of the XVII intern. conf.*]. Vinnytsia: Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet. <https://doi.org/10.31649/mccs2024.3-01>.
15. Chernova, I. S., & Lysenko V. P. (2024). Modeliuvannia protsesiv intelektualnoho upravlinnia vyrobnytstvom entomofahiv. In *Suchasni problemy v radioelektronitsi, telekomunikatsiakh: materialy mizhnar. nauk.-tekhn. konf.* [Modeling of processes of intelligent control of entomophages production. In *Advanced Trends in Radioelectronics and Telecommunications: materials of the intern. scient. and techn. conf.* (pp. 249-251)]. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki.