

ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАНЬ У ВИРОБНИЦТВІ ЕНТОМОФАГІВ

І. С. Чернова, кандидат технічних наук

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН України

E-mail: bioischernova@ukr.net

Анотація. Статтю присвячено питанню представлення знань у виробництві ентомофагів на основі використання онтологій. Мета дослідження – розробити онтологічну базу знань у виробництві ентомофагів. Об'єктом дослідження є знання щодо процесів управління виробництвом ентомофагів. Предметом дослідження є цифровізація процесів управління виробництвом ентомофагів. Методи дослідження – структурний синтез, онтологічний аналіз, синергетичний підхід, програмне середовище *Visual Understanding Environment*.

Обґрунтовано актуальність означеного напрямку досліджень; відмічено відомі праці стосовно застосування онтологій, зокрема, у процесах: підтримки прийняття рішень, інтелектуального керування технологічними комплексами; онтологічного моделювання бази знань з організації подорожей, створення онтологічного глосарію; розробки словника та онтології для моделювання даних природної історії комах та ін.

Розроблено онтологічну базу знань у виробництві ентомофага бракон (*Nabrobrason hebetor*). Структура бази знань містить: класи «Дії людини у процесах управління виробництвом», «Контроль якості ентомологічної продукції», «Технологічні процеси», «Формалізація знань щодо процесів виробництва», «Прецеденти», «Підтримка прийняття рішень», «Забезпечення якості ентомологічної продукції»; поняття та вбудовані онтології «Процеси виробництва ентомофага бракон», «Тезаурус інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів».

Результати дослідження дозволяють підвищити ефективність процесів управління складним біотехнічним виробництвом завдяки цифровізації знань, зростанню рівня компетентності фахівців-біотехнологів.

Ключові слова: база знань, виробництво ентомофагів, онтології, підтримка прийняття рішень

Актуальність. Питання продовольчої безпеки держави безпосередньо пов'язано з процесами отримання екологічно чистої сільськогосподарської продукції. Використання корисних комах ентомофагів як однієї зі складових біологічного захисту рослин дозволяє регулювати чисельність шкідників в агроценозах, знизити пестицидне навантаження й зберегти екологічну чистоту врожаю [1]. При цьому виробництво ентомофагів є складною біотехнічною

системою, що містить значну кількість технологічних операцій та інформаційних потоків, де людина є однією з суттєвих ланок системи. З метою підвищення ефективності процесів управління виробництвом ентомофагів виникає необхідність у застосуванні цифрових технологій. Технічна діджиталізація включає впровадження систем штучного інтелекту для аналізу даних [2]. Вирішення цього питання пропонується за допомогою онтологій шляхом розроблення онтологічної бази знань. Онтологічні бази знань – це структури, що застосовують онтології для представлення знань у певній предметній області; перевагами онтологічних баз знань є узгодженість даних, гнучкість і масштабованість, інтеграція даних [3]. Онтології мають практичне значення у сферах штучного інтелекту, управління знаннями та розробки складних спеціалізованих інформаційних ресурсів [4]. Центральними компонентами онтологій є поняття [5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нині як в Україні, так і світі відомо чимало досліджень щодо використання онтологій, у тому числі в процесах: прийняття рішень [6]; підтримки процесів розробки інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень [7]; підтримки прийняття рішень на основі погодних умов для боротьби зі шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур [8]; інтелектуального синергетичного керування технологічними комплексами харчових виробництв [9]; інтелектуального управління виробництвом ентомофагів [10]; розроблення тезаурусу інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів [11]; онтологічного моделювання бази знань з організації подорожей [4], формалізації знань стосовно поняття «система геоінформаційного моніторингу» [12], побудови онтологічної моделі бази знань «Бібліотека» засобами Protégé [13], створення онтологічного глосарію [14], онтологічного моделювання підручника та інформаційних процесів, що вивчаються [15], створення технологій підтримки прийняття рішень для розв'язання задач безпеки продуктів харчування [16], розробки словника та онтології для моделювання даних природної історії комах [17], формалізації технологічних процесів виробництва ентомофагів [18].

Мета дослідження – розробити онтологічну базу знань у виробництві ентомофагів.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження є знання щодо процесів управління виробництвом ентомофагів. Предметом дослідження є цифровізація процесів управління виробництвом ентомофагів. Методи дослідження – структурний синтез, онтологічний аналіз, синергетичний підхід, програмне середовище Visual Understanding Environment. Основою роботи були результати теоретичних та експериментальних досліджень процесів управління виробництвом ентомофагів [10, 11, 18, 19]. Застосування Visual Understanding Environment дозволяє інтегрувати цифрові ресурси; структурувати, представляти та обмінюватись цифровою інформацією [20].

Результати дослідження та їх обговорення. Розроблено онтологічну базу знань у виробництві ентомофага бракон (*Habrobracon hebetor*) (рис. 1). Структура бази знань містить: класи «Дії людини у процесах управління виробництвом», «Контроль якості ентомологічної продукції», «Технологічні процеси», «Формалізація знань щодо процесів виробництва», «Прецеденти», «Підтримка прийняття рішень», «Забезпечення якості ентомологічної продукції»; поняття та вбудовані онтології «Процеси виробництва ентомофага бракон» [18], «Тезаурус інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів» [11]. У табл. 1 систематизовано інформацію щодо структури онтологічної бази знань.

1. Онтологічна база знань у виробництві ентомофага бракон (*Habrobracon hebetor*)

Класи	Поняття	Вбудовані онтології
1. Дії людини у процесах управління виробництвом	1.1. Конструювання засобів автоматизації	
	1.2. Формування стратегій керування якістю продукції	
	1.3. Завдання параметрів техноценозу	
	1.4. Оцінка якості продукції	
	1.5. Оцінка тісноти взаємозв'язку між показниками якості ентомокультур та параметрами техноценозу	
	1.6. Розробка баз даних та знань	
2. Контроль якості ентомологічної продукції	2.1. Контроль загальних і цільових біологічних показників якості	
	2.2. Прогнозування якості продукції в умовах невизначеності (на основі використання нечіткої логіки, нейронних мереж, когнітивного аналізу)	
	2.3. Контроль параметрів техноценозу (абіотичних і технологічних)	
	2.4. Контроль чинників впливу на якість продукції	

3. Технологічні процеси	Основні	3.1. Процеси виробництва ентомофага бракон [18]
	Допоміжні	
	Обслуговуючі	
4. Формалізація знань щодо процесів виробництва	4.1. Технологічна схема	
	4.2. Когнітивна модель	
	4.3. Параметрична модель	
	4.4. Когнітивна карта	
	4.5. Рівняння регресії	
	4.6. Поверхня нечіткого висновку	
	4.7. Продукційні правила	
	4.8. Фрейми	
5. Прецеденти	Експертна система на базі методу аналізу ієрархій Т.Сааті	5.1. Тезаурус інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів [11]
	Експертні системи нечіткого висновку	
	Нечіткі когнітивні карти	
	Мережа Байєса	
	Нейронні мережі	
	Фрейми	
	Когнітивні моделі	
6. Підтримка прийняття рішень	6.1. Мережа Байєса	
	6.2. Когнітивний аналіз	
	6.3. Нейронні мережі	
	6.4. Нечітка логіка	
	6.5. Метод аналізу ієрархій Т.Сааті	
7. Забезпечення якості ентомологічної продукції	7.1. Еталонна база	
	7.2. Інформаційне	
	7.3. Виробнича база	
	7.4. Технологічне	
	7.5. Вимоги до персоналу	



Рисунок. Структура онтологічної бази знань у виробництві ентомофагів

Висновки. Онтологічна база знань у виробництві ентомофагів дозволяє зберігати інформацію в структурованому вигляді, обмінюватись нею у зручному форматі та використовувати в інтелектуальних системах управління знаннями. Перспективною подальших досліджень є розширення бази знань та автоматизація пошуку інформації щодо процесів управління виробництвом ентомофагів.

Список використаних джерел

1. Жуйков О. Г. Біологічний метод захисту рослин у сучасному органічному землеробстві України: історичні аспекти, тренди, перспективи. Аграрні інновації. 2022. № 12. С. 23-27. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.4>
2. Алексеєва О. В., Мазур К. В., Кривогубець В. А. Діджиталізація як важливий фактор формування конкурентоспроможності аграрних підприємств. Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління. 2024. № 12. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-12-04-06>
3. Серєда Х. В. Бази знань онтологічного типу: загальний огляд. Інформаційне забезпечення сфери освіти та науки України в умовах воєнного стану: матер. звіт. наук.-практ. конф. ДНПБ України імені В.О. Сухомлинського (Київ, 17 груд. 2024 р.). Вінниця: ТВОРИ, 2024. С. 67-69.

4. Сілагін О. В., Денисюк В. О. Онтологічне моделювання бази знань з організації подорожей. Український журнал інформаційних технологій. 2022. Т. 4. № 1. С. 44-52. <https://doi.org/10.23939/ujit2022.01.044>
5. Roussey C. et al. Ontologies in Agriculture. AgEng 2010, International Conference on Agricultural Engineering, Sep 2010, Clermont-Ferrand, France. <https://hal.science/hal-00523508>
6. Карпов І., Бузов Є. Онтології у процесі прийняття рішень. Вісник Хмельницького національного університету. 2023. Т. 319. № 2. С. 149-153 <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2023-319-1-149-153>
7. Павленко М. А., Осієвський С. В., Золотухіна О. А. Модель підтримки процесів розробки інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2020. № 4(69). С. 131-139. <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2020.044031>
8. Chougule A., Kumar V., Mukhopadhyay D. Decision support for grape crop protection using ontology. International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems, 2019, 11(1). 24-37. <https://doi.org/10.1504/IJRIS.2019.098051>
9. Крищенко Д. О., Паньков Д. В. Онтологічний аспект інтелектуального синергетичного керування технологічними комплексами. Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами: матер. X Міжнар. наук.-техн. Internet-конф. (Київ, 24 лист. 2023 р.). К: НУХТ, 2023. С. 63.
10. Чернова І. С., Лисенко В. П. Онтології процесів інтелектуального управління виробництвом ентомофагів. Енергетика і автоматика. 2023. № 6. С. 5-16. [http://dx.doi.org/10.31548/energiya6\(70\).2023.005](http://dx.doi.org/10.31548/energiya6(70).2023.005)
11. 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). Вінниця: ВНТУ, 2024. <https://doi.org/10.31649/mccs2024.3-01>
12. Патракеєв І. М., Денисюк Б. І. Моделювання баз знань в редакторі онтологій Protégé. Містобудування та територіальне планування. 2019. № 71. С. 271-282. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.271-282>
13. Сілагін О. В., Сілагін Є. О., Денисюк В. О., Денисюк А. В. Розробка онтологічної моделі бази знань «Бібліотека» на базі середовища Protégé. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2023. № 58(3). С. 12–21. <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2023-58-3-12-21>
14. Приходнюк В. В., Горборуков В. В., Франчук О. В. Онтологічні засади управління знаннями в контексті навчально-дослідницької діяльності. Наукові записки Малої Академії наук України. 2023. № 3(28). С. 62-69. <http://doi.org/10.51707/2618-0529-2023-28-07>
15. Стрижак О. Є., Приходнюк В. В. Онтологічний підручник як відображення інтерактивної системи знань. Інформаційні технології та взаємодії (ІТ&І-2016): тези допов. III Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 8-10 лист. 2016 р.). Київ, 2016. С. 59.
16. Чаплінський Ю. П., Субботіна О. В. Онтологія та контекст при розв'язанні прикладних задач прийняття рішень. Штучний інтелект. 2016. № 2. С. 147-155.

17. Stucky B. J. et al. Developing a vocabulary and ontology for modeling insect natural history data: example data, use cases, and competency questions. *Biodivers Data J*, 2019. Mar 13; 7. <https://doi.org/10.3897/BDJ.7.e33303>

18. Чернова І. С., Лисенко В. П. Онтологічний аналіз у виробництві ентомофагів. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: мат. Міжн. наук.-практ. конф., присвяченої 125-річчю Національного університету біоресурсів і природокористування України (Київ, 25 трав. 2023 р.). Київ, 2023. С. 128-130.

19. Chernova I., Lysenko V. Theoretical and Methodological Approaches to the Creation of Cyber-Physical Systems in the Production of Entomophages. 2022 IEEE 9-th International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T'2022). Oct. 10-12, 2022. Kharkiv, Ukraine. P. 193-197. <https://doi.org/10.1109/PICST57299.2022.10238589>

20. Saigal R., Kumar A. Visual understanding environment. Proceedings of the 5th ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL '05), Denver, CO, USA. 2005. P. 413-413. <https://doi.org/10.1145/1065385.1065517>

References

1. Zhuikov, O. H. (2022). Biologichnyi metod zakhystu roslyn u suchasnomu orhanichnomu zemlerobstvi Ukrainy: istorychni aspekty, trendy, perspektyvy [Biological method of plant protection in modern organic farming in Ukraine: historical aspects, trends, prospects]. *Ahrarni innovatsii*, 12, 23-27. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.4>

2. Aliksieieva, O. V., Mazur, K. V., Kryvohubets, V. A. (2024). Didzhitalizatsiia yak vazhlyvyi faktor formuvannia konkurentospromozhnosti ahrarnykh pidpriemstv [Digitalization as an important factor in shaping the competitiveness of agricultural enterprises]. *Problemy suchasnykh transformatsii. Seriia: ekonomika ta upravlinnia*, 12. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-12-04-06>

3. Sereda, Kh. V. (2024). Bazy znan ontolohichnoho typu: zahalnyi ohliad. *Informatsiine zabezpechennia sfery osvity ta nauky Ukrainy v umovakh voiennoho stanu: mater. zvit. nauk.-prakt. konf. DNPB Ukrainy imeni V.O. Sukhomlynskoho (Kyiv, 17 hrud. 2024 r.)* [Knowledge bases of the ontological type: a general overview. Information support for the education and science sector of Ukraine under martial law: materials of the scientific and practical conference of the V.O. Sukhomlynsky State Scientific and Pedagogical Library (Kyiv, Dec. 17, 2024)]. Vinnytsia: TVORY. С. 67-69.

4. Silahin, O. V., Denysiuk, V. O. (2022). Ontolohichne modeliuвання bazy znan z orhanizatsii podorozhei [Ontological modeling of a knowledge base for travel organization]. *Ukrainskyi zhurnal informatsiinykh tekhnolohii*, 4, 1, 44-52. <https://doi.org/10.23939/ujit2022.01.044>

5. Roussey C., Soullignac V., Champomier J.C., Abt V., Chanet J.-P. (2010). *Ontologies in Agriculture. AgEng 2010, International Conference on Agricultural Engineering, Sep 2010, Clermont-Ferrand, France.* <https://hal.science/hal-00523508>

6. Karpov, I., Burov, Ye. (2023). Ontolohii u protsesi pryiniattia rishen [Ontologies in the decision-making process]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, 319, 2, 149-153. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2023-319-1-149-153>

7. Pavlenko, M. A., Osiiievskiy, S. V., Zolotukhina, O. A. (2020). Model pidtrymky protsesiv rozrobky intelektualnykh system pidtrymky pryiniattia rishen [Model for supporting the development processes of intelligent decision support systems]. *Telekomunikatsiini ta informatsiini tekhnolohii*, 4(69), 131-139. <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2020.044031>

8. 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>

9. Kryshchenko, D. O., Pankov, D. V. (2023). Ontolohichni aspekt intelektualnoho synerhetychnoho keruvannia tekhnolohichnymy kompleksamy. Suchasni metody, informatsiine, prohramne ta tekhnichne zabezpechennia system keruvannia orhanizatsiino-tekhnichnymy ta tekhnolohichnymy kompleksamy: mater. X Mizhnar. nauk.-tekhn. Internet-konf. (Kyiv, 24 lyst. 2023 r.) [Ontological aspect of intelligent synergistic control of technological complexes. Modern methods, information, software and technical support of management systems of organizational, technical and technological complexes: materials of the X International Scientific and Technical Internet Conference (Kyiv, Nov. 24, 2023)]. K.: NUKhT, 63.

10. Chernova, I. S., Lysenko, V.P. (2023). Ontolohii protsesiv intelektualnoho upravlinnia vyrobnytstvom entomofahiv [Ontologies of processes of intelligent management of the production of entomophages]. *Enerhetyka i avtomatyka*, 6, 5-16. [http://dx.doi.org/10.31548/energiya6\(70\).2023.005](http://dx.doi.org/10.31548/energiya6(70).2023.005)

11. Chernova, I. S., Lysenko, V. P. (2024). Intelektualna pidtrymka pryiniattia rishen u vyrobnytstvi entomofahiv: ontolohichni pidkhid. Kontrol i upravlinnia v skladnykh systemakh: KUSS-2024: mater. XVII Mizhnar. konf. (Vinnytsia, Zhov. 16-17, 2024) [Intelligent decision support in entomophages production: an ontological approach. Control and management in complex systems: KUCS-2024: materials of the XVII International Conference (Vinnytsia, 16-17 Oct. 2024)]. Vinnytsia: VNTU. <https://doi.org/10.31649/mccs2024.3-01>

12. Patrakeiev, I. M., Denysiuk, B. I. (2019). Modeliuvannia baz znan v redaktori ontolohii Protégé [Modeling knowledge bases in the Protégé ontology editor]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, 71, 271-282. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.271-282>

13. Silahin, O. V., Silahin, Ye. O., Denysiuk, V. O., Denysiuk, A. V. (2023). Rozrobka ontolohichnoi modeli bazy znan «Biblioteka» na bazi seredovyshcha Protégé [Development of an ontological model of the knowledge base "Library" based on the Protégé environment]. *Informatsiini tekhnolohii ta kompiuterna inzheneriia*, 58(3), 12–21. <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2023-58-3-12-21>

14. Prykhodniuk, V. V., Horborukov, V. V., Franchuk, O. V. (2023). Ontolohichni zasady upravlinnia znanniamy v konteksti navchalno-doslidnytskoi diialnosti [Ontological foundations of knowledge management in the context of educational and research activity]. *Naukovi zapysky Maloi Akademii nauk Ukrainy*, 3(28), 62-69. <http://doi.org/10.51707/2618-0529-2023-28-07>

15. Stryzhak, O. Ie., Prykhodniuk, V. V. (2016). Ontolohichni pidruchnyk yak vidobrazhennia interaktyvnoi systemy znan. *Informatsiini tekhnolohii ta vzaiemodii (IT&I-2016): tezy dopov. III Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (8-10 lyst. 2016 r.)* [Ontological

textbook as a reflection of an interactive knowledge system. Information technologies and interactions (IT&I-2016): theses add. III International science and practice conf. (Kyiv, Nov. 8-10, 2016)]. Kyiv, 59.

16. Chaplinskyi, Yu. P., Subbotina, O. V. (2016). Ontolohiia ta kontekst pry rozviazanni prykladnykh zadach pryiniattia rishen [Ontology and context in solving applied decision-making problems]. *Shtuchnyi intelekt*, 2, 147-155.

17. Stucky, B., Balhoff, J., Barve, N., Barve, V., Brenskelle, L., Brush, M., Dahlem, G., Gilbert, J., Kawahara, A., Keller, O., Lucky, A., Mayhew, P., Plotkin, D., Selmann, K., Talamas, E., Vaidya, G., Walls, R., Yoder, M., Zhang, G., Guralnick, R. (2019). Developing a vocabulary and ontology for modeling insect natural history data: example data, use cases, and competency questions. *Biodiversity Data Journal* 7: e33303. <https://doi.org/10.3897/BDJ.7.e33303>

18. Lysenko, V. P., Chernova, I. S. (2023). Ontolohichniy analiz u vyrobnytstvi entomofahiv. Prodovolcha ta ekolohichna bezpeka v umovakh viiny ta povoienni vidbudovy: vyklyky dlia Ukrainy ta svitu: mat. Mizhn. nauk.-prakt. konf., prysviacheni 125-richchiu Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy (Kyiv, 25 trav. 2023 r.) [Ontological analysis in the production of entomophages. Food and environmental security in the conditions of war and post-war reconstruction: challenges for Ukraine and the world: materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 125th anniversary of the National University of Life Resources and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, May 25, 2023)]. Kyiv, 128-130.

19. Chernova, I., Lysenko, V. (2022). Theoretical and Methodological Approaches to the Creation of Cyber-Physical Systems in the Production of Entomophages. 2022 IEEE 9-th International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T'2022). Oct. 10-12, Kharkiv, Ukraine, 193-197. <https://doi.org/10.1109/PICST57299.2022.10238589>

20. Saigal, R., Kumar A. (2005). Visual understanding environment. Proceedings of the 5th ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL '05), Denver, CO, USA, 413-413. <https://doi.org/10.1145/1065385.1065517>

PRESENTATION OF KNOWLEDGE IN THE PRODUCTION OF ENTOMOPHAGES

I. Chernova

Abstract. *The article is devoted to the issue of knowledge representation in the production of entomophages based on the use of ontologies.*

The aim of the study is to develop an ontological knowledge base in entomophages production.

The object of the research is knowledge about the processes of managing the production of entomophages.

The subject of the research is the digitalization of entomophages production management processes.

Research methods – structural synthesis, ontological analysis, synergistic approach, software environment Visual Understanding Environment.

The relevance of the indicated research direction is substantiated; well-known works on the application of ontologies are noted, in particular, in the processes of: decision-making support, intelligent control of technological complexes; ontological modeling of a knowledge base for travel organization, creation of an ontological glossary; development of a dictionary and ontology for modeling insect natural history data, etc.

*An ontological knowledge base in the production of the entomophages *Habrobracon hebetor* has been developed. The structure of the knowledge base contains: classes "Human actions in production management processes", "Quality control of entomological products", "Technological processes", "Formalization of knowledge regarding production processes", "Precedentes", "Decision support", "Ensuring the quality of entomological products"; concepts and built-in ontologies "Processes of the production of entomophage *Habrobracon hebetor*", "Thesaurus of intellectual support for decision-making in the production of entomophages".*

The results of the study make it possible to increase the efficiency of the management processes of complex biotechnical production due to the digitalization of knowledge, the growth of the level of competence of biotechnologists.

Key words: *knowledge base, entomophages production, ontologies, decision support*