

I. С. Чернова<sup>1</sup>  
В. П. Лисенко<sup>2</sup>

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ВИРОБНИЦТВІ ЕНТОМОФАГІВ: ОНТОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД

<sup>1</sup>Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» Національної академії аграрних наук України;

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

У виробництві ентомофагів гарантованої якості для біологічного захисту рослин, як складної біотехнічної системи ергатичного типу, присутні інформаційні потоки, що потребують узагальнення, структурування та формалізації. Застосування онтологічного підходу, зокрема, інтелектуальних інформаційних технологій, дозволяє реалізувати ці функції. У даний час відомо, що онтологічний підхід, як система узагальнення, активно використовується у дослідженнях процесів підтримки прийняття рішень, зокрема, при розробленні баз знань інтелектуальних інформаційних систем та створенні автоматизованих систем управління знаннями. Метою роботи було розроблення тезаурусу інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів шляхом управління знаннями, отриманими із використанням результатів власних досліджень, онтологічного підходу та програмного середовища з відкритим кодом *Visual Understanding Environment*. Тезаурус узагальнює, структурує та формалізує процедурні знання у вигляді наступних складових онтологічного підходу: експертної системи на базі методу аналізу ієрархій Т. Сааті, експертних систем нечіткого висновку, нечітких когнітивних карт, мережі Байеса, нейронних мереж, фреймів, когнітивних моделей. Алгоритм побудови тезаурусу складається з визначення концептів (знань щодо інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів), їх декомпозиції на мету, засоби автоматизації (візуалізації) та ефективність. Зазначений підхід дозволяє підвищити рівень інформатизації процесів управління складним виробництвом за рахунок автоматизації отримання знань, є корисним у процесах розроблення баз знань інтелектуальних систем. Результати досліджень покладено в основу розроблення системи підтримки прийняття рішень на основі онтологій у виробництві ентомофагів.

**Ключові слова:** виробництво ентомофагів, онтологічний підхід, підтримка прийняття рішень, тезаурус.

### Вступ

У даний час екологізація сільського господарства безпосередньо пов'язана з використанням біологічних засобів захисту рослин, у тому числі ентомофагів як корисних комах. Виробництво ентомофагів є складною біотехнічною системою ергатичного типу. У ньому присутні інформаційні потоки, що потребують узагальнення, структурування та формалізації. Із застосуванням онтологічного підходу як системи узагальнення можлива реалізація цих функцій. Нині онтологічний підхід активно використовується при розробленні баз знань інтелектуальних інформаційних систем та створенні автоматизованих систем управління знаннями [1, 2, 3]. У штучному інтелекті онтологія – це знання, формально подані на основі концептуалізації, що включає опис множини об'єктів і понять, знань про них та зв'язків між ними [4]. Концептуалізацію розглядають як процес і результат розумової побудови предметів та явищ [5]. Перевагами застосування онтологій є гнучкість систем, побудованих з їх використанням, можливість подавати інформацію в явному вигляді [3]. Онтологічний аналіз починається зі складання словника термінів, а також створення системи точних визначень цих термінів [4]. У даний час відомі дослідження щодо структурування інформації у вигляді тезаурусу, що відображає знання в структурованому вигляді стосовно певної галузі знань [1-3, 6, 7]. Поняття «тезаурус» сьогодні активно використовується в галузях штучного інтелекту, в інформаційних технологіях, у бібліотекознавстві [7]. У тезаурусі розкриваються зв'язки між термінами, що використовуються в певній галузі знань [8].

Метою роботи є розроблення тезаурусу інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів шляхом управління знаннями, отриманими із використанням результатів власних досліджень, онтологічного підходу та програмного середовища з відкритим кодом *Visual Understanding Environment*.

### Постановка задачі

Виконати узагальнення, структурування та формалізацію знань стосовно інтелектуальної

підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів для біологічного захисту рослин у вигляді тезаурусу із використанням онтологічного підходу.

### Результати дослідження

На основі аналізу наукових праць [1-8], використання результатів власних досліджень [9-13] та програмного середовища з відкритим кодом Visual Understanding Environment [14] розроблено тезаурус інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів (рис. 1). Тезаурус узагальнює, структурує та формалізує процедурні знання щодо інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів за допомогою наступних складових онтологічного підходу (концептів – знань щодо інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів): експертної системи на базі методу аналізу ієрархій Т. Сааті, експертних систем нечіткого висновку, нечітких когнітивних карт, мережі Байєса, нейронних мереж, фреймів, когнітивних моделей (рис. 1). Декомпозицію концептів реалізовано у вигляді онтологій – файлів (рис. 1): «Експ сист анал ієр1-сору», «Експ сист нечітк висн1-сору», «Неч\_когн карти1-сору», «Мережа Байєса1-сору», «Нейрон мер», «Фрейми1-сору», «Когн мод1-сору».



Рис. 1. Структура тезаурусу інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів

Алгоритм побудови тезаурусу інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів (рис. 2) складається з визначення концептів, їх декомпозиції на мету, засоби автоматизації (візуалізації) та ефективність у вигляді онтологій (рис. 1, рис. 2 - рис. 9).



Рис. 2. Алгоритм побудови тезаурусу інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів

На рис. 3 представлено онтологію «Експ сист аналі ієр1-сору». Перевагою експертної системи на базі методу аналізу ієрархій Т. Сааті є можливість прийняття рішень в умовах багатокритеріальної невизначеності, а також для завдань, що є слабо структуровані [9]. На рис. 4 представлено онтологію «Експ сист нечітк висн1-сору». Експертні системи нечіткого висновку дозволяють формувати стратегії керування виробництвом ентомофагів в умовах неповної інформації щодо впливу параметрів техноценозу (абіотичних і технологічних) на якість ентомологічної продукції [10].



Рис. 3. Онтологія «Експ сист аналі ієр1-сору»



Рис. 4. Онтологія «Експ сист нечітк висн1-сору»

На рис. 5 представлено онтологію «Неч\_когн карти1-сору». Перевагою нечітких когнітивних карт є можливість формалізації чисельно невимірних факторів, зокрема, залежності виживаності личинок ентомофага бракона (*Habrobracon hebetor*) та зараженості гусениць млинової вогнівки (*Ephestia kuehniella*) паразитом від виду поживного середовища [10]. На рис. 6 представлено онтологію «Мережа Байеса1-сору». Мережа Байеса дозволяє приймати рішення стосовно підвищення ефективності виробництва ентомофагів, використовуючи при цьому ймовірнісний підхід [11].

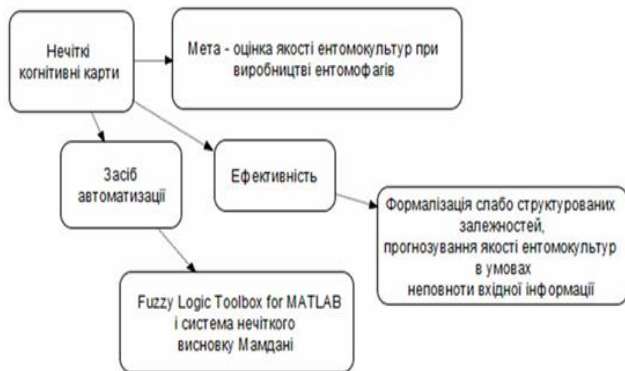


Рис. 5. Онтологія «Неч\_когн карти1-сору»

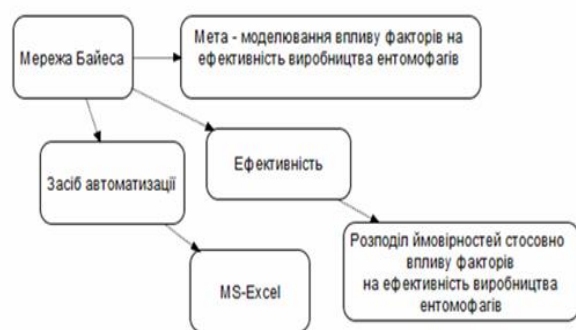


Рис. 6. Онтологія «Мережа Байеса1-сору»

На рис. 7 представлено онтологію «Нейрон мер». Використання тришарової нейронної мережі прямого поширення сигналу (багатошарового перцептрон) для інтелектуальної підтримки прийняття рішень щодо якості млинової вогнівки у виробництві ентомофага бракон дозволило з високою точністю прогнозувати якість ентомологічної продукції в умовах невизначеності [12]. На рис. 8 представлено онтологію «Фрейми1-сору». Застосування фреймової структури процесів управління виробництвом ентомофага бракон дозволяє компактно систематизувати потоки інформації; збільшити рівень інформативності особи, що приймає рішення [13].

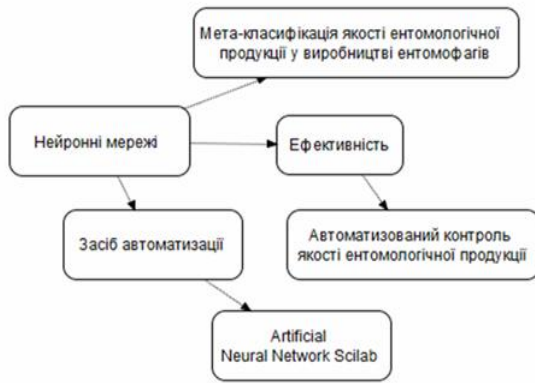


Рис. 7. Онтологія «Нейрон мер»



Рис. 8. Онтологія «Фрейми1-сору»

На рис. 9 наведено онтологію «Когн мод1-сору». Використання когнітивних моделей для контролю виробництва ентомофагів дозволяє формалізувати слабо структуровані процеси у вигляді подій, спростити уявлення про структуру інформаційних потоків [10].

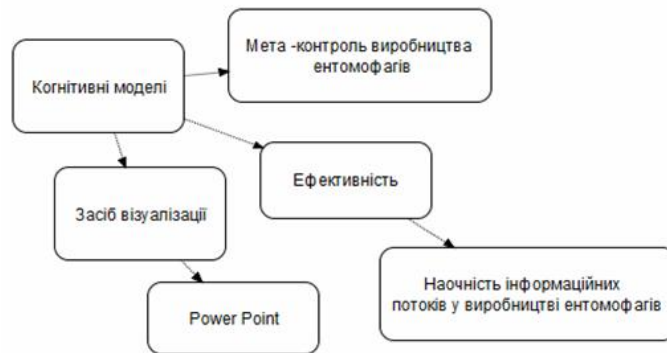


Рис. 9. Онтологія «Когн мод1-сору»

## Висновки

Розроблено тезаурус інтелектуальної підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів, структура якого із використанням онтологічного підходу інтегрує процедурні знання. Результати досліджень підвищують ефективність процесів управління складним біотехнічним виробництвом за рахунок автоматизації отримання знань, є корисними у процесах розроблення баз знань інтелектуальних систем. Пропонований підхід покладено в основу розроблення системи підтримки прийняття рішень на основі онтологій у виробництві ентомофагів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] О. В. Сілагін, і В. О. Денисюк, «Онтологічне моделювання бази знань з організації подорожей», *Український журнал інформаційних технологій*, 2022, т. 4, № 1, с. 44-52, doi.org/10.23939/ujit2022.01.044
- [2] І. М. Патракеєв, і Б. І. Денисюк, «Моделювання баз знань в редакторі онтологій Protégé», *Містобудування та територіальне планування*, 2019, № 71, с. 271-282, doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.271-282
- [3] Г. А. Гайна, «Використання онтологічного підходу до проектування порталу знань з напрямку «Технології штучного інтелекту», *Інформаційні технології та взаємодії (IT&I'2018)*: матер. допов. V Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 20–21 лист. 2018 р.). Київ, 2018, с. 170-171.
- [4] В. М. Антоненко, С. Д. Мамченко, і Ю. В. Рогушина, *Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями: навч. посіб.* Ірпінь: Національний університет ДПС України, 2016, 212 с.
- [5] Є. Тернівська, «Процес концептуалізації як аспект пізнавальної діяльності людини», *Advanced Linguistics*, 2022, № 9, с. 29-37, doi.org/10.20535/2617-5339.2022.9.258879
- [6] В. М. Кулаківський, В. В. Цегельнюк, і І. В. Скворцов, «Інформаційна система керування науковими даними у предметній галузі «Надтверді матеріали», 2015, *Штучний інтелект*, № 3-4, с. 160-166.
- [7] Г. Мацюк, і Н. Кунанець, «Представлення знань у вузькоспеціальних предметних областях за допомогою тезауруса», *Бібліотечний вісник*, 2019, № 1, с. 19-23, http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0000957674

- [8] Л. Величко, «Тезаурус як засіб семантизації наукових понять», *Біологія і хімія в рідній школі*, 2014, № 2, с. 40-42.
- [9] І. С. Чернова, і В. П. Лисенко, «Експертна система вибору оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів», *Контроль і управління в складних системах (КУСС-2022)*: матер. XVI Міжнар. конф. (Вінниця, 15-17 лист. 2022 р.). Вінниця, ВНТУ, 2022, doi.org/10.31649/mccs2022.06
- [10] В. П. Лисенко, і І. С. Чернова, *Інтелектуальне управління виробництвом ентомофагів*, моногр. Одеса: Фенікс, 2021, 156 с.
- [11] V. Lysenko, and I. Chernova, "On the Issue on the Development of Intelligent Decision Support Systems in the Production of Entomophages", *2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kharkiv, Ukraine. October 5-7, 2021, p. 229-232, doi.org/10.1109/PICST54195.2021.9772234
- [12] І. Чернова, і В. Лисенко, «Машинне навчання в управлінні виробництвом ентомофагів», *Енергетика і автоматика*, 2023, № 2, с. 18-26.
- [13] І. С. Чернова. «Структурування знань у процесах управління виробництвом ентомофага бракон (*Habrobracon hebetor*)», *Аграрна наука: стан та перспективи розвитку*: матер. III Всеукр. наук.-практ. конф. (Одеса, 28-29 лист. 2023 р.). Одеський державний аграрний університет, 2023, с. 163-165.
- [14] Visual Understanding Environment. URL: <https://alternativeto.net/software/vue---visual-understanding-environment/about/> (Дата звернення: 07.10.2024).

## REFERENCES

- [1] O. V. Silahin, i V. O. Denysiuk, «Ontologichne modeliuвання bazy znan z orhanizatsii podorozhei», *Ukrainian Journal of Information Technology*, 2022, vol. 4, no 1, p. 44-52, doi.org/10.23939/ujit2022.01.044
- [2] I. M. Patrakeiev, i V. I. Denysiuk, «Modeliuвання baz znan v redaktorі ontologii Protégé», *Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya*, 2019, № 71, s. 271-282, doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.271-282
- [3] Н. А. Нaina, «Vykorystannya ontologichnoho pidkholu do proektuvannya portalu znan z napriamu «Tekhnologii shtuchnoho intelektu», *Informatsiini tekhnologii ta vzaïmodii (IT&I2018)*: mater. dopov. V Mizhnar. nauk.-prakt. конф. (Kyiv, Kyivskiy natsionalnyi universytet imeni Tarasa Shevchenka, 20–21 lyst. 2018 r.). Kyiv, 2018, s. 170-171.
- [4] V. M. Antonenko, S. D. Mamchenko, i Yu. V. Rohushyna, *Suchasni informatsiini systemy i tekhnologii: upravlinnia znanniamy: navch. posib*. Irpin: Natsionalnyi universytet DPS Ukrainy, 2016, 212 s.
- [5] Ye. Terniivska, «Protses kontseptualizatsii yak aspekt piznavalnoi diïalnosti liudyny», *Advanced Linguistics*, 2022, № 9, s. 29-37, doi.org/10.20535/2617-5339.2022.9.258879
- [6] V. M. Kulakivskiy, V. V. Tselniuk, i I. V. Skvortsov, «Informatsiina systema keruvannya naukovymy danymy u predmetnii haluzi «Nadtverdi materialy», *Shtuchnyi intelekt*, 2015, № 3-4, s. 160-166.
- [7] H. Matsiuk, i N. Kunanets, «Predstavlennia znan u vuzkospetsialnykh predmetnykh oblastiakh za dopomohoiu tezaurusu», *Biblioteknyi visnyk*, 2019, № 1, s. 19-23, <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0000957674>
- [8] L. Velychko, «Tezaurus yak zasib semantyzatsii naukovykh poniat», *Biologіia i khimіia v ridnii shkoli*, 2014, № 2, s. 40-42.
- [9] І. С. Чернова, і В. П. Лисенко, «Експертна система вибору оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів», *Контроль і управління в складних системах (КУСС-2022)*: матер. XVI Міжнар. конф. (Вінниця, 15-17 лист. 2022 р.). Вінниця, ВНТУ, doi.org/10.31649/mccs2022.06
- [10] V. P. Lysenko, i I. S. Chernova, *Intelektualne upravlinnia vyrobnytstvom entomofahiv, monohr.* Odessa: Feniks, 2021, 156 s.
- [11] V. Lysenko, and I. Chernova, "On the Issue on the Development of Intelligent Decision Support Systems in the Production of Entomophages", *2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kharkiv, Ukraine. October 5-7, 2021, p. 229-232, doi.org/10.1109/PICST54195.2021.9772234
- [12] І. Чернова і В. Лисенко, «Машинне навчання в управлінні виробництвом ентомофагів», *Енергетика і автоматика*, 2023, № 2, с. 18-26.
- [13] І. С. Чернова, «Структурування знань у процесах управління виробництвом ентомофага бракон (*Habrobracon hebetor*)», *Аграрна наука: стан та перспективи розвитку*: матер. III Всеукр. наук.-практ. конф. (Одеса, 28-29 лист. 2023 р.). Одеський державний аграрний університет, 2023, с. 163-165.
- [14] Visual Understanding Environment. URL: <https://alternativeto.net/software/vue---visual-understanding-environment/about/> (Дата звернення: 07.10.2024).

**Чернова Ірина Степанівна** — канд. техн. наук, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу автоматизації, приладобудування та експериментальної техніки, e-mail: bioischernova@ukr.net ;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9995-3834>

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» Національної академії аграрних наук України, Одеська обл., смт Хлібодарське

**Лисенко Віталій Пилипович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри автоматичної та робототехнічних систем імені академіка І. І. Мартиненка, e-mail: lysenko@nubip.edu.ua ;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5659-6806>

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ.

**I. S. Chernova<sup>1</sup>**

**V. P. Lysenko<sup>2</sup>**

## Intelligent decision support in the production of entomophages: an ontological approach

<sup>1</sup>Engineering and Technological Institute "Biotechnica" National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

<sup>2</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

*In the production of entomophages of guaranteed quality for the biological protection of plants, as a complex biotechnical system of the ergic type, there are information flows that require there are, structuring and formalization. The application of the ontological approach, in particular, intelligent information technologies, allows to implement these functions. Currently, it is known that the ontological approach, as a generalization system, is actively used in the research of decision-making support processes, in particular, in the development of knowledge bases of intelligent information systems and the creation of automated knowledge management systems. The aim of the work was the development of a thesaurus of intellectual support for decision-making in the production of entomophages by managing the acquired knowledge using the results of own research, an ontological approach and the open source software environment Visual Understanding Environment. The thesaurus generalizes, structures and formalizes procedural knowledge in the form of the following components of the ontological approach: an expert system based on T. Saati's method of analyzing hierarchies, expert systems of fuzzy inference, fuzzy cognitive maps, Bayesian network, neural networks, frames, cognitive models. The thesaurus construction algorithm consists of the definition of concepts (knowledge regarding intellectual decision-making support in the production of entomophages), their decomposition into goals, means of automation (visualization) and efficiency. The specified approach allows to increase the level of informatization management processes of complex production due to the automation of knowledge acquisition, is useful in the processes of developing knowledge bases of intelligent systems. The research results are the basis for the development of a decision support system based on ontologies in the production of entomophages.*

**Keywords:** production of entomophages, ontological approach, decision support, thesaurus.

**Chernova Irina Stepanivna** — Cand. Sc. (Eng.), Leading researcher of the Research Department of Automation, Instrumentation and Experimental Equipment, e-mail: bioischernova@ukr.net ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9995-3834>

**Lysenko Vitaliy Pylypovich** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automation and Robotic Systems named after academician I. I. Martynenko, e-mail: lysenko@nubip.edu.ua ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5659-6806>