

І. С. Чернова¹
В. П. Лисенко²

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ЕНТОМОФАГІВ

¹Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» Національної академії аграрних наук України;

²Національний університет біоресурсів і природокористування України

Роботу присвячено розробленню інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів, зокрема, експертної системи вибору оптимальної стратегії управління виробництвом, застосовуючи при цьому методи аналізу ієрархій Т. Сааті, структурного синтезу та систему комп'ютерної математики Scilab. Із використанням аналізу наукових праць щодо обраного напрямку дослідження розроблено експертну систему, інформаційну модель та алгоритм вибору оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів; автоматизовано процес вибору оптимальної стратегії за допомогою системи комп'ютерної математики Scilab. Структуру експертної системи декомпозовано на: мету (вибір оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів), критерії (виробничі стратегії: інноваційні перетворення, зміни в організації виробництва, диверсифікація виробництва), альтернативи (стратегії управління виробництвом ентомофагів: мінімізація собівартості продукції та максимізація прибутку виробництва). Алгоритм вибору оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів складається з: визначення мети, критеріїв, альтернатив; побудови матриць парних порівнянь, їх нормалізації для отримання відносних вагових коефіцієнтів критеріїв та альтернатив; обчислення вагових коефіцієнтів як середніх значень відповідних рядків нормалізованих матриць; перевірки стовпців нормалізованих матриць; розрахунку комбінованої ваги альтернатив; прийняття рішень щодо вибору оптимальної стратегії за критерієм максимізації комбінованої ваги. Запропонований підхід дозволяє проводити порівняння якісно різних виробничих стратегій. На базі проведених розрахунків визначено, що максимізація прибутку виробництва ентомофагів є оптимальною стратегією управління, вибір є узгодженим у відповідності з парними порівняннями критеріїв та альтернатив.

Ключові слова: експертна система, оптимальна стратегія управління, виробництво ентомофагів, метод аналізу ієрархій, інформаційна модель, алгоритм.

Вступ

На сьогодні виробництво ентомологічних засобів захисту рослин, зокрема, ентомофагів гарантованої якості є одним з перспективних напрямків розвитку сільського господарства України через необхідність отримання екологічно безпечних продуктів харчування. Формування стратегій його управління відбувається як за результатами експериментальних досліджень з урахуванням технологічного досвіду, так і в умовах невизначеності за допомогою інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень на основі нечіткої логіки, нейронних мереж та когнітивного аналізу [1]. При цьому важливим є питання визначення оптимальної стратегії управління як засобу досягнення цілей підприємства [2], що пов'язано з прийняттям рішень серед можливих альтернатив з допустимим рівнем узгодженості. Вирішення цього питання пропонується на основі методу аналізу ієрархій Т. Сааті. Метод аналізу ієрархій дозволяє порівнювати різні кількісні та якісні критерії оцінки проектів [3]; нині він широко застосовується у різних галузях, зокрема, для оцінки маркетингової активності торговельних підприємств [4], у виборі переважних засобів зв'язку [5] та ін.

Метою статті є вибір оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів у задачі розробки інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень.

Постановка задачі

Розробити інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів для біологічного захисту рослин із застосуванням методів аналізу ієрархій Т. Сааті, структурного синтезу та системи комп'ютерної математики Scilab.

Результати дослідження

На основі використання аналізу наукових праць [1], [3], [6], [7], [8], [9] розроблено експертну систему,

інформаційну модель (рис. 1) та алгоритм вибору оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів; автоматизовано процес вибору оптимальної стратегії управління за допомогою системи комп'ютерної математики Scilab (лістинг програми).

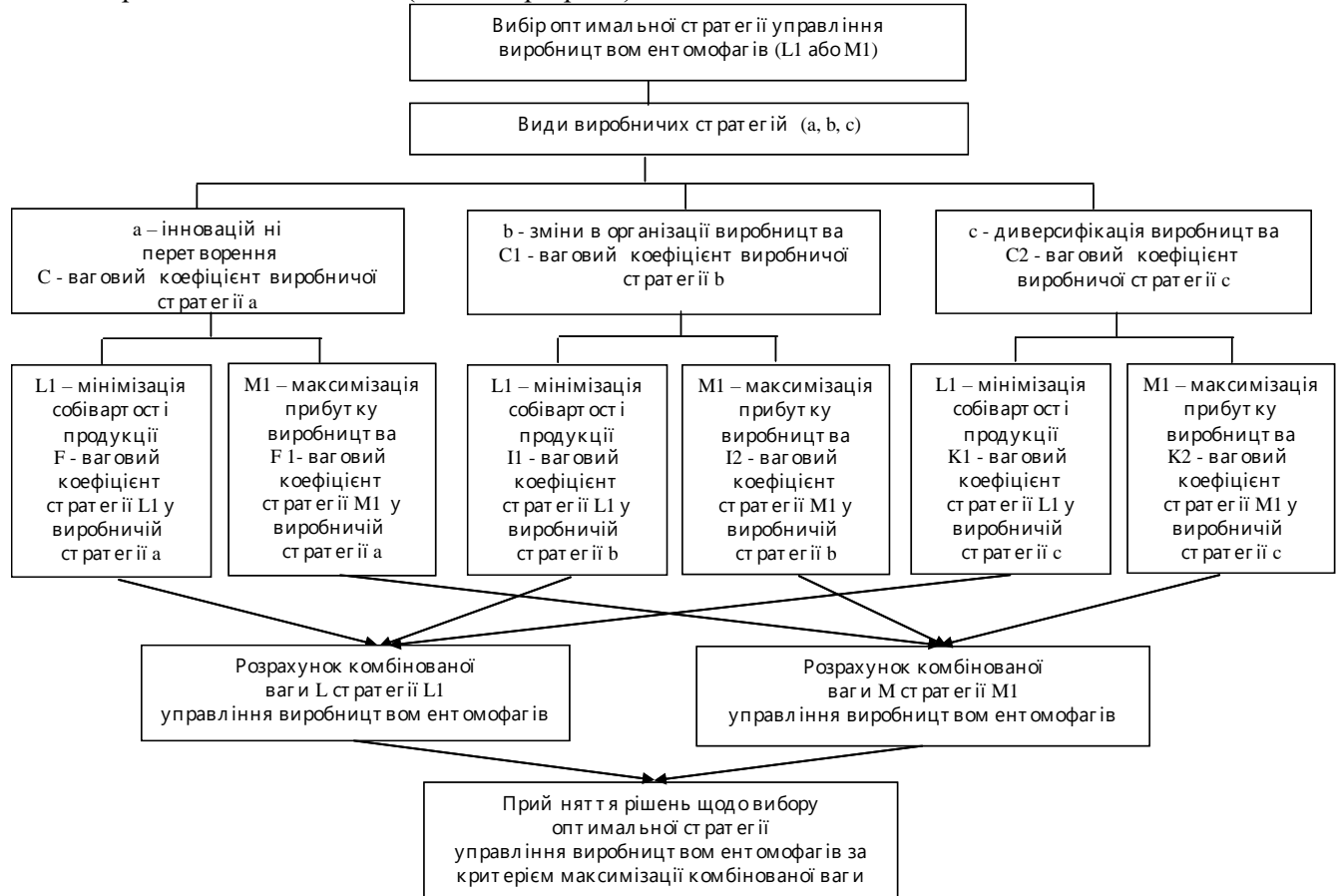


Рис. 1. Інформаційна модель вибору оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів

Структуру експертної системи вибору оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів декомпозовано на [6]: мету (вибір оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів), критерії (виробничі стратегії [7]: інноваційні перетворення, зміни в організації виробництва, диверсифікація виробництва), альтернативи (стратегії управління виробництвом ентомофагів: мінімізація собівартості продукції та максимізація прибутку виробництва). Так, інноваційні перетворення у виробництві ентомофагів передбачають впровадження інтелектуальних інфокомунікаційних технологій; зміни в організації виробництва – збільшення масштабів виробництва, зокрема, кількості спеціалізованих боксів для вирощування ентомокультур; диверсифікація виробництва – освоєння нових технологій, видів ентомологічної продукції. Мінімізація собівартості продукції можлива за рахунок зменшення енерговитрат, розведення кількох видів комах на основі використання одного виду корму; максимізація прибутку виробництва – максимізації доходу, кількості та якості продукції [1].

Алгоритм вибору оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів складається з [8]:

- визначення мети, критеріїв, альтернатив;
- побудови матриць парних порівнянь із використанням шкали парних порівнянь Т. Сааті [3], їх нормалізації для отримання відносних вагових коефіцієнтів критеріїв та альтернатив;
- обчислення відносних вагових коефіцієнтів як середніх значень відповідних рядків нормалізованих матриць;
- перевірки стовпців нормалізованих матриць;
- розрахунку комбінованої ваги альтернатив;
- прийняття рішень щодо вибору оптимальної стратегії за критерієм максимізації комбінованої ваги.

Детальне графічне зображення алгоритму вибору оптимальної стратегії управління наведено на рис. 2. Так, у відповідності зі шкалою парних порівнянь Т. Сааті (таблиця). інноваційні перетворення є трохи важливішими, ніж зміни в організації виробництва та його диверсифікація; мінімізація собівартості

продукції та максимізація прибутку виробництва у інноваційних перетвореннях є однаково важливими, при зміні в організації виробництва – максимізація прибутку має суттєву перевагу, при диверсифікації виробництва – мінімізація собівартості продукції має перевагу. Усі діагональні елементи матриць A, D, G, J повинні бути рівними 1, так як вони виражають оцінку відносно самих себе [8].

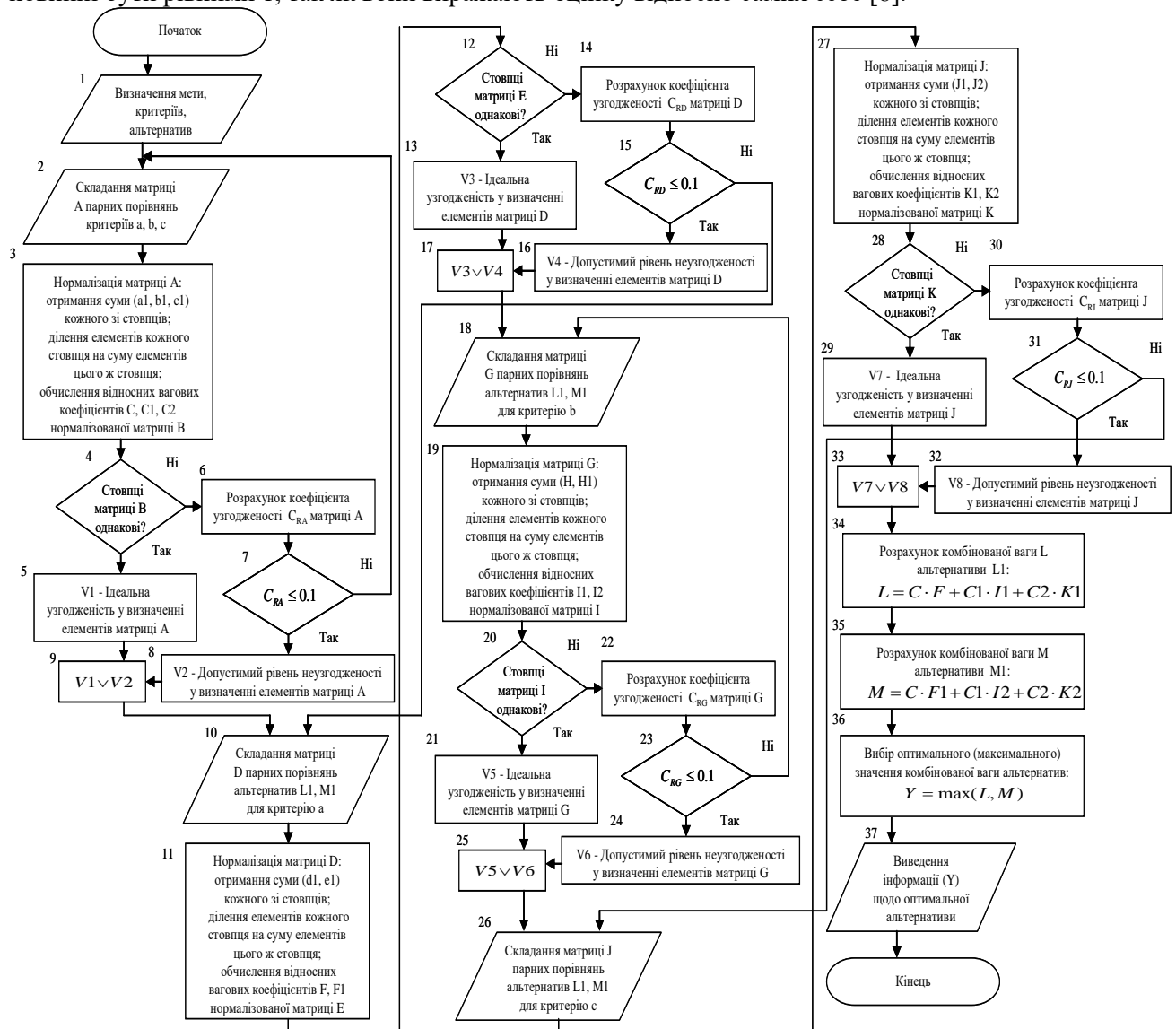


Рис. 2. Блок-схема алгоритму вибору оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів

Таблиця – Шкала парних порівнянь Т. Сааті [3]

Відносна важливість (бали)	Визначення	Пояснення
1	однакова важливість	обидва елементи вносять однаковий вклад
3	один елемент трохи важливіший за другий	досвід дозволяє поставити один елемент трохи вище за другий
5	суттєва перевага	безумовна перевага одного над другим
7	значна перевага	один елемент настільки важливіший за другий, що є практично значимим
9	абсолютна перевага одного над другим	очевидність переваги підтверджується більшістю
2, 4, 6, 8	проміжні оцінки між сусідніми твердженнями	компромісне рішення
обернені величини чисел, наведених вище	якщо при порівнянні одного елемента з другим, отримане одне з вищевказаних чисел (1–9), то при порівнянні другого з першим, матимемо обернену величину	

Лістинг програми вибору оптимальної стратегії управління виробництвом ентомофагів:

```
--> A=[1 3 3;0.33 1 1;0.33 1 1]
A =
    1.    3.    3.
    0.33    1.    1.
    0.33    1.    1.
--> a1=[1 0.33 0.33];
--> sum(a1)//The sum of the elements of the vector
ans =
    1.6600000
--> b1=[3 1 1];
--> sum(b1)//The sum of the elements of the vector
ans =
    5.
--> c1=[3 1 1];
--> sum(c1)//The sum of the elements of the vector
ans =
    5.
--> B=[1/1.66 3/5 3/5; 0.33/1.66 1/5 1/5;0.33/1.66 1/5 1/5]
B =
    0.6024096    0.6    0.6
    0.1987952    0.2    0.2
    0.1987952    0.2    0.2
--> C=[0.6 0.6 0.6];
--> mean(C)//The average value of the array
ans =
    0.6
--> C1=[0.2 0.2 0.2];
--> mean(C1)//The average value of the array
ans =
    0.2000000
--> C2=[0.2 0.2 0.2];
--> mean(C2)//The average value of the array
ans =
    0.2000000
--> D=[1 1;1 1]
D =
    1.    1.
    1.    1.
--> d1=[1 1];
--> sum(d1)//The sum of the elements of the vector
ans =
    2.
--> e1=[1 1];
--> sum(e1)//The sum of the elements of the vector
ans =
    2.
--> E=[1/2 1/2;1/2 1/2]
E =
    0.5    0.5
    0.5    0.5
--> F=[0.5 0.5];
--> mean(F)//The average value of the array
ans =
    0.5
```

```

--> F1=[0.5 0.5];
--> mean(F1)//The average value of the array
ans =
    0.5
--> G=[1 1/5; 5 1]
G =
    1.    0.2
    5.    1.
--> H=[1 5];
--> sum(H)//The sum of the elements of the vector
ans =
    6.
--> H1=[0.2 1];
--> sum(H1)//The sum of the elements of the vector
ans =
    1.2
--> I=[1/6 0.2/1.2;5/6 1/1.2]
I =
    0.1666667    0.1666667
    0.8333333    0.8333333
--> I1=[0.17 0.17];
--> mean(I1)//The average value of the array
ans =
    0.17
--> I2=[0.83 0.83];
--> mean(I2)//The average value of the array
ans =
    0.83
--> J=[1 4;1/4 1]
J =
    1.    4.
    0.25    1.
--> J1=[1 0.25];
--> sum(J1)//The sum of the elements of the vector
ans =
    1.25
--> J2=[4 1];
--> sum(J2)//The sum of the elements of the vector
ans =
    5.
--> K=[1/1.25 4/5;0.25/1.25 1/5]
K =
    0.8    0.8
    0.2    0.2
--> K1=[0.8 0.8];
--> mean(K1)//The average value of the array
ans =
    0.8
--> K2=[0.2 0.2];
--> mean(K2)//The average value of the array
ans =
    0.2
--> L=mean(C)*mean(F)+mean(C1)*mean(I1)+mean(C2)*mean(K1)
L =
    0.4940000

```

```

--> M=mean(C)*mean(F1)+mean(C1)*mean(I2)+mean(C2)*mean(K2)
M =
  0.506
--> Y=[0.494 0.506];
--> max(Y) // maximum value
ans =
  0.506

```

Перевірка стовпців нормалізованих матриць В, Е, І, К (вони є однаковими) свідчить про ідеальну узгодженість особи, що приймає рішення, з визначенням парних порівнянь виробничих стратегій та стратегій управління виробництвом ентомофагів. Розрахунок комбінованої ваги стратегій управління виробництвом за критерієм її максимізації свідчить про вибір максимізації прибутку виробництва в якості оптимальної стратегії управління. Отриманий результат погоджується з думкою авторів роботи [10] про те, що прибуток вважається важливою економічною характеристикою ефективності роботи підприємств.

Запропонований підхід також може знайти використання у визначенні оптимальної стратегії управління виробництвом мікробіологічних засобів захисту рослин.

Перевагою розробленої експертної системи є можливість прийняття рішень в умовах багатокритеріальної невизначеності, а також для завдань, що є слабо структуровані.

Висновки

Розроблено інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів у вигляді експертної системи вибору оптимальної стратегії управління цим виробництвом, яка дозволяє: зменшити витрати енергії щодо вибору оптимальної стратегії управління, проводити порівняння якісно різних виробничих стратегій. На базі проведених розрахунків визначено, що максимізація прибутку виробництва ентомофагів є оптимальною стратегією управління ($M=0.506$; $M>L$); вибір є узгодженим у відповідності з парними порівняннями критеріїв та альтернатив.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. П. Лисенко і І. С. Чернова, *Інтелектуальне управління виробництвом ентомофагів*, моногр. Одеса: Фенікс, 2021, 156 с.
- [2] С. М. Василюга, «Поняття стратегії розвитку підприємства», *Економіка та держава*, № 1, с. 121-125, 2020. doi.org/10.32702/2306-6806.2020.1.121.
- [3] Х. Б. Кульчицька і Л. С. Предко, «Застосування методу аналізу ієрархій при виборі проєкту в поліграфії», *Поліграфія і видавнича справа*, № 1(75), с. 51-60, 2018.
- [4] Д. І. Євстрат і Ю. І. Кушнерук, «Застосування методу аналізу ієрархій для оцінки маркетингової активності торговельних підприємств», *Проблеми економіки*, № 2, с. 66-71, 2012.
- [5] Valeriy Bezruk and Yulia Skoryk, "Choice of preferred telecommunications means on the basis of the hierarchy analysis method," *2014 First International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology*, 2014, pp. 31-33. doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2014.6992289
- [6] В. М. Дубовой, Г. Ю. Дерман, І. В. Пилипенко і М. М. Байас, *Прийняття рішень в управлінні розгалуженими технологічними процесами*, моногр. Вінниця: ВНТУ, 2013. 223 с.
- [7] М. І. Рыбак, «Види виробничих стратегій підприємств», *Економіка та держава*, № 6, с. 114-119, 2014.
- [8] В. М. Дякон і Л. Є. Ковальов, *Моделі і методи теорії прийняття рішень*, підруч. Київ: АНФГРУП, 2013, 604 с.
- [9] Е. Р. Алексеев і О. В. Чеснокова, *Scilab теория и практика*. Донецьк, 2007, 159 с.
- [10] О. Тулай і М. Трипак, «Прибуток підприємства: теоретико-прагматичні аспекти», *Світ фінансів*, № 4, с. 138-149, 2010.

REFERENCES.

- [1] V. P. Lysenko i I. S. Chernova, *Intelektualne upravlinnia vyrobnytstvom entomofahiv*, monohr. Odesa: Feniks, 2021, 156 s.
- [2] S. M. Vasylyha, «Poniattia stratehii rozvytku pidpriemstva», *Ekonomika ta derzhava*, № 1, s. 121-125, 2020. doi.org/10.32702/2306-6806.2020.1.121.
- [3] Kh. B. Kulchytska i L. S. Predko, «Zastosuvannia metodu analizu iierarkhii pry vybori proektu v polihrafii», *Polihrafiia i vydavnycha sprava*, № 1(75), s. 51-60, 2018.
- [4] D. I. Yevstrat i Yu. I. Kushneruk, «Zastosuvannia metodu analizu iierarkhii dlia otsinky marketynhovoї aktyvnosti torhovelnykh pidpriemstv», *Problemy ekonomiky*, № 2, s. 66-71, 2012.
- [5] Valeriy Bezruk and Yulia Skoryk, "Choice of preferred telecommunications means on the basis of the hierarchy analysis method," *2014 First International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology*, 2014, pp. 31-33. doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2014.6992289
- [6] V. M. Dubovoi, H. Yu. Derman, I. V. Pylypenko i M. M. Baias, *Pryiniattia rishen v upravlinni rozghaluzhenymy tekhnolohichnymy protsesamy*, monohr. Vinnytsia: VNTU, 2013, 223 s.
- [7] M. I. Rybak, «Vydyy vyrobnychychk stratehii pidpriemstv», *Ekonomika ta derzhava*, № 6, s. 114-119, 2014.
- [8] V. M. Diakon i L. Ye. Kovalov, *Modeli i metody teorii pryiniattia rishen*, pidruch. Kyiv: ANFHRUP, 2013, 604 s.
- [9] E. R. Alekseev and O. V. Chesnokova, *Scilab Theory and Practice*. Donetsk, 2007, 159 s.
- [10] O. Tulai i M. Tripak, «Prybutok pidpriemstva: teoretyko-prahmatychni aspekty», *Svit finansiv*, № 4, s. 138-149, 2010.

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>

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

Національний університет біоресурсів і природокористування України

I. S. Chernova¹

V. P. Lysenko²

Expert system of choice of the optimum strategy for managing the production of entomophages

¹Engineering and Technological Institute "Biotechnica" National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

The work is devoted to the development of an intelligent decision support system in the production of entomophages, in particular, an expert system for choosing the optimal production management strategy, using at the same time the methods of analysis of T. Saati hierarchies, structural synthesis and the system of computer mathematics Scilab. An expert system, an information model and an algorithm for choosing the optimal management strategy for the production of entomophages have been developed using the analysis of scientific works related to the chosen research area; the process of choosing the optimal strategy is automated using the Scilab computer mathematics system. The structure of the expert system is decomposed into: goal (choice of the optimal management strategy for the production of entomophages), criteria (production strategies: innovative transformations, changes in the organization of production, diversification of production), alternatives (strategies for managing the production of entomophages: minimization of production cost and maximization of production profit). The algorithm for choosing the optimal strategy for managing the production of entomophages consists of: definition of the goal, criteria, alternatives; construction of matrices of paired comparisons, their normalization to obtain relative weighting coefficients of criteria and alternatives; calculation of weight coefficients as average values of the corresponding rows of normalized matrices; checking columns of normalized matrices; calculation of the combined weight of alternatives; making decisions about choosing the optimal strategy based on the criterion of maximizing the combined weight. The proposed approach allows comparison of qualitatively different production strategies. Based on the calculations, it was determined that the maximization of the profit of entomophages production is the optimal management strategy, the choice is consistent in accordance with the paired comparisons of criteria and alternatives.

Keywords: expert system, optimal management strategy, production of entomophages, method of analysis of hierarchies, information model, algorithm.

Chernova Irina S. — 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 P. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Automation and Robotic Systems named after academician I. I. Martynenko, e-mail: lysenko@nubip.edu.ua.