

СТРУКТУРУВАННЯ ЗНАНЬ ЯК МЕТОД ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ВИРОБНИЦТВІ ЕНТОМОФАГІВ

І. С. Чернова, кандидат технічних наук

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН України

E-mail: bioischernova@ukr.net

В. П. Лисенко, доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: lysenko@nubip.edu.ua

Анотація. *Статтю присвячено питанню створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів, використовуючи при цьому інтелектуальний аналіз даних, структурний синтез, моделювання на основі фреймів, прецедентний підхід.*

Метою дослідження було удосконалення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів на основі структурування знань.

Об'єкт дослідження – процеси використання інформаційних потоків, що застосовуються для управління виробництвом ентомофагів.

Із використанням програмного середовища FreeMind структуровано фактори впливу на процеси прийняття рішень у виробництві ентомофагів у вигляді асоціативної карти.

Означено складові прийняття рішень щодо забезпечення якості ентомологічної продукції в умовах невизначеності.

Розроблено фреймову структуру інформаційних потоків в управлінні виробництвом ентомофагів.

Вдосконалено алгоритм побудови інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів.

Запропоновано шляхи удосконалення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів за допомогою структурування знань на основі фреймів та асоціативних карт, використовуючи при цьому інтелектуальний аналіз даних, попередній технологічний досвід у вигляді баз знань прецедентів та дій людини-оператора в процесах управління виробництвом.

Результати досліджень можуть слугувати інформаційною базою для розробки теорії прийняття рішень у виробництві ентомофагів.

Ключові слова: *виробництво ентомофагів, системи підтримки прийняття рішень, інтелектуальний аналіз даних, фрейм, прецедент*

Актуальність. *Управління виробництвом ентомофагів розглядається як складна система, що являє собою сукупність взаємопов'язаних підсистем:*

- керування фізичними процесами постадійного розвитку ентомокультур;
- інтелектуальної підтримки прийняття рішень;
- оптимізації виробництва [1].

Особливостями системного аналізу при вирішенні завдань управління є [2]: глибоке вивчення всіх аспектів управління; діагностичний підхід; використання економіко-математичних методів; використання досвіду та інтуїції аналітика.

Сучасний етап розвитку систем підтримки прийняття рішень характеризується все ширшим застосуванням розвинутих математичних моделей, а також їх інтелектуалізації за рахунок опрацювання знань та використання методів та інструментарію штучного інтелекту [3].

Створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів пов'язане з необхідністю підвищення ефективності управління виробництвом за рахунок використання інтелектуальних алгоритмів обробки інформації (нечіткої логіки, нейронних мереж, когнітивного та кореляційного аналізу), фреймових моделей подання знань та попереднього досвіду у вигляді бази знань прецедентів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нині відомі підходи до побудови систем підтримки прийняття рішень, зокрема: для моніторингу електротехнологічних процесів підприємства в реальному масштабі часу з метою локалізації прогнозованих або виявлених в результаті моніторингу нештатних ситуацій [4]; на основі онтологічного підходу, що дозволить забезпечити необхідну точність і обґрунтованість рекомендованих рішень [5]; в умовах ризику і невизначеності [6]. Для адекватного моделювання процесу прийняття рішень щодо оцінювання показників ефективності управління підприємством відомо застосування апарату нечіткої логіки [7]. Так, в основу експертних підсистем нечіткого висновку типу Мамдані інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофага бракон покладено інформацію про залежність прибутку, доходу та енерговитрат виробництва, показників якості ентомологічної продукції від параметрів техноценозу [1]. Прецедентний підхід дозволяє спростити процес прийняття рішень в умовах часових обмежень та при наявності різного роду

невизначеності [8]. Застосування фреймів має інтуїтивну привабливість, оскільки з їх допомогою забезпечується впорядковане представлення знань, більш доступне для розуміння в порівнянні з логічними або продукційними системами [9].

Мета дослідження – удосконалення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів на основі структурування знань.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження є процеси використання інформаційних потоків, що застосовуються для управління виробництвом ентомофагів. Методи дослідження – інтелектуальний аналіз даних, структурний синтез, моделювання на основі фреймів, прецедентний підхід.

Із врахуванням аналізу результатів досліджень [1, 10-12] структуровано фактори впливу на процеси прийняття рішень у виробництві ентомофагів; означено складові прийняття рішень щодо забезпечення якості ентомологічної продукції в умовах невизначеності; розроблено фреймову структуру інформаційних потоків в управлінні виробництвом ентомофагів; вдосконалено алгоритм побудови інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів.

Результати досліджень та їх обговорення. На основі застосування результатів досліджень щодо створення експертних підсистем нечіткого висновку інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень [1], когнітивного моделювання взаємодії якості ентомокультур і параметрів техноценозу у виробництві ентомофага бракон [10] та інформації про значущість факторів, що забезпечують якість процесів виробництва та продукції [1, 11], структуровано фактори впливу на процеси прийняття рішень у виробництві ентомофагів у вигляді асоціативної карти із використанням програмного середовища FreeMind (рис. 1).

Інформація про значущість (як оцінка впливу) факторів, що забезпечують якість ентомологічної продукції, свідчить про основний вплив умов розведення ентомокультур (44 %) і майже однаковий вплив якості корму і стартової популяції (відповідно 26 % та 30 %) [1].

Інформація про значущість факторів, що забезпечують якість процесів виробництва, свідчить про найбільш суттєвий вплив рівня якості продукції (29 %);

рівень технологічної інтенсивності (25 %), технологічної керованості та автоматизації (23 %) впливають майже однаково [11].



Рис. 1. Асоціативна карта факторів впливу на процеси прийняття рішень у виробництві ентомофагів

Тісноту зв'язку між показниками якості ентомокультур і параметрами техноценозу формалізовано із використанням шкали Чеддока у вигляді когнітивної моделі [10].

Під техноценозом вважається комплекс технічних засобів, що забезпечують мікрокліматичні й інші умови, необхідні для стабільного існування та відтворення ентомокультури [13].

Так, процес прийняття рішень (ПР) у виробництві ентомофагів визначається низкою факторів, які представлено у вигляді кортежу:

$$PP = \langle FQ, FT, PT, TD, DH \rangle, \quad (1)$$

де FQ – фактори забезпечення якості продукції; FT – фактори забезпечення якості процесів виробництва; PT – параметри техноценозу (абіотичні і технологічні); TD – технологічний досвід фахівців; DH – дії людини-оператора в процесах управління виробництвом (завдання технологічних параметрів, оцінювання витрат електроенергії, формування баз даних, баз знань, стратегій управління).

При цьому:

$$U, QK, QSP \in FQ, \quad (2)$$

$$QP, RTI, RTK, RA \in FT, \quad (3)$$

де U – умови розведення ентомокультур; QK – якість корму; QSP – якість стартової популяції; QP – рівень якості продукції; RTI – рівень технологічної інтенсивності; RTK – рівень технологічної керованості; RA – рівень автоматизації.

Означено складові прийняття рішень щодо забезпечення якості ентомологічної продукції в умовах невизначеності (рис. 2): 1 – інформація про залежність біологічних показників якості ентомологічної продукції від параметрів техноценозу; 2 – база знань; 3 – нечіткий висновок; 4 – формування стратегій керування якістю; 5 – прийняття рішень щодо забезпечення якості продукції.

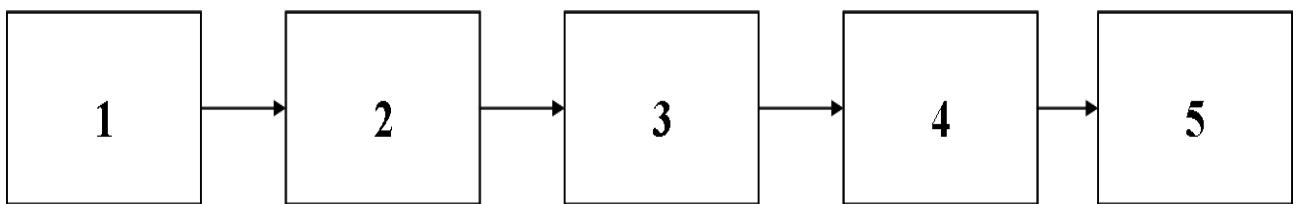


Рис. 2. Складові прийняття рішень щодо забезпечення якості ентомологічної продукції в умовах невизначеності

Використовуючи результати досліджень [12], для представлення знань стосовно управління виробництвом ентомофагів інформаційні потоки формалізовано у вигляді сукупності фреймів-структур (F1-F8) (рис. 3). Структура кожного фрейму містить: множину слотів, що містить факти (A , T , E , $ПЯ$); множину слотів для зв'язків з іншими фреймами ($БД$, $БЗ$, $ІСППР$, $ЕК$, $ІА$, $ФУ$, $ПТ$); множину слотів, що містять процедурні знання ($ВД$, $ДО$, $ФСС$, $ЗУ$, $МЕ$, $МП$, $МЯ$, $Пр$, $ПП$, $КВ$, $ОВ$).

Фрейми F1-F8 представлено у вигляді:

$$F1 = \langle ПТ, A, T, E \rangle, \quad (4)$$

$$F2 = \langle I, БД, БЗ, ІСППР \rangle, \quad (5)$$

$$F3 = \langle БД, ПТ, ПЯ, ЗУ \rangle, \quad (6)$$

$$F4 = \langle ЕК, ФУ, ФСС, ВД \rangle, \quad (7)$$

$$F5 = \langle ІСППР, ЕК, ІА \rangle, \quad (8)$$

$$F6 = \langle БЗ, ПП, Пр, ДО \rangle, \quad (9)$$

$$F7 = \langle \Phi Y, ME, MP, MY \rangle, \quad (10)$$

$$F8 = \langle IA, KB, OB \rangle. \quad (11)$$

При цьому:

$$A, T, E, ПЯ \in БД, \quad (12)$$

$$ВД \in БЗ, \quad (13)$$

$$ПП \in ЕК, \quad (14)$$

$$ПЯ, ПТ \in ПП. \quad (15)$$

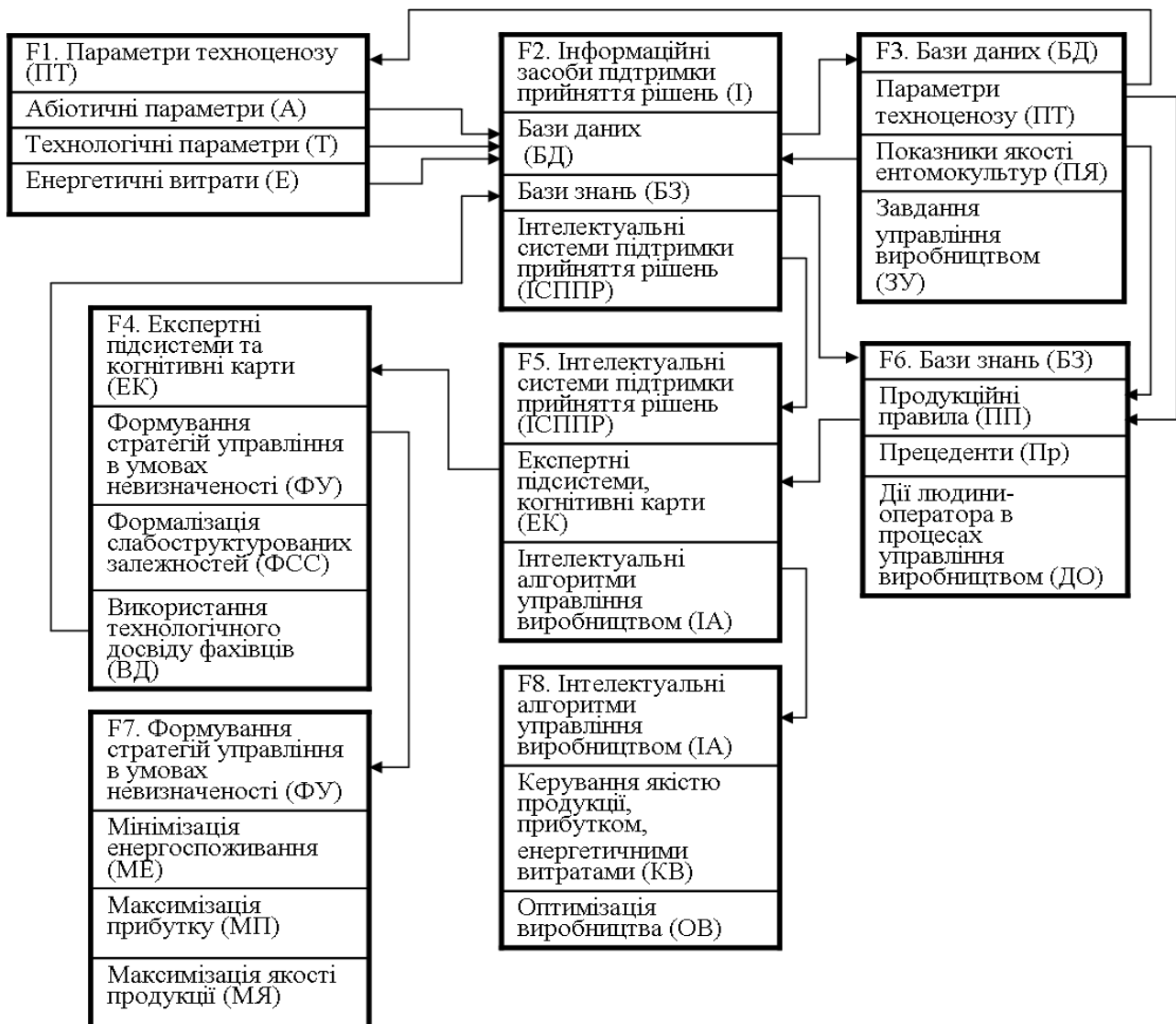


Рис. 3. Фреймова структура інформаційних потоків в управлінні виробництвом ентомофагів

Використовуючи результати досліджень [10], вдосконалено алгоритм побудови інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів:

- визначення цілей виробництва;
- контроль інформаційних потоків, що впливають на прийняття рішень;
- використання фреймових структур інформаційних потоків в управлінні виробництвом ентомофагів та асоціативних карт;
- розроблення баз даних параметрів техноценозу, показників якості ентомокультур, завдань управління виробництвом;
- розроблення баз знань на основі продукційних правил, прецедентів та дій людини-оператора в процесах управління виробництвом;
- розроблення експертних підсистем нечіткого висновку та когнітивних карт;
- формування стратегій управління в умовах невизначеності;
- вибір оптимальної стратегії за обраним критерієм.

Висновки і перспективи. Запропоновано шляхи удосконалення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у виробництві ентомофагів за допомогою структурування знань на основі фреймів та асоціативних карт, використовуючи при цьому інтелектуальний аналіз даних, попередній технологічний досвід у вигляді баз знань прецедентів та дій людини-оператора в процесах управління виробництвом.

Список використаних джерел

1. Лисенко В. П. Інтелектуальне управління виробництвом ентомофагів: монографія / В. П. Лисенко, І. С. Чернова // Одеса: Фенікс, 2021. – 156 с.
2. Томчук О. Ф. Методичні прийоми і способи системного аналізу при вирішенні управлінських проблем / О. Ф. Томчук // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. – 2010. – Том 12. – № 3(45). – Част. 5. – С. 272-280.
3. Несторенко О. В. Інтелектуальні системи і технології. Ввідний курс: навч. посібник / О. В. Несторенко, О. В. Ковтунець, О. О. Фаловський // Київ: Національна академія управління, 2017. – 90 с.
4. Заєць Н. А. Визначення нештатних ситуацій на підприємствах харчової промисловості та розробка системи підтримки прийняття рішень / Н. А. Заєць, А. В. Роговик, В. М. Штепа // Енергетика і автоматика. – 2018. – № 5. – С. 34-47. <http://dx.doi.org/10.31548/energiya2018.05.034>
5. Власенко Л. О. Онтологічний підхід до розробки інтелектуальної підсистеми підтримки прийняття рішень на основі обробки статистичних даних / Л. О. Власенко, С. А. Афанасова // Матер. IV Міжнар. наук.-техн. Internet-конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами». – Київ: НУХТ, 2017. – С. 118-119.

6. Мулеса О. Підхід до проектування систем підтримки прийняття управлінських рішень в умовах ризику та невизначеності / О. Мулеса, Ю. Білак // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2021. – 13 (3). – С. 30-34. <https://doi.org/10.15673/atbp.v13i3.2146>
7. Бардачов Ю. М. Підтримка прийняття рішення при визначенні ефективності управління промисловим підприємством / Ю. М. Бардачов, О. Є. Огнєва // Тези допов. XI Міжнар. наук.- практ. конф. «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем» (MPZIS-2013). – Дніпропетровськ, 2013. – С. 14-15.
8. Чалий С. С. Метод адаптивного процесного управління на основі прецедентного підходу / С. С. Чалий, І. В. Левикін // Наукоємні технології. – 2016. – № 4 (32). – С. 410-414.
9. Вахнюк С. В. Технологія створення програмних та інтелектуальних систем: навч. посіб. / С. В. Вахнюк // Суми: ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2011. – 254 с.
10. Lysenko V., Chernova I. Intelligent Decision Support System in Entomophages Production. 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology. Kharkiv, Ukraine, 225-228. <https://doi.org/10.1109/PICST51311.2020.9467999>
11. Чернова І. С. До питання забезпечення якості процесів виробництва ентомофагів / І.С. Чернова // Матер. Міжнар. наук. конф. з нагоди 50-річчя ІТІ "Біотехніка" НААН України. – Одеса, 2021. – С. 56-60.
12. Ярцев В.П. Організація баз даних та знань: навч. посіб. / В.П.Ярцев // К. ДУТ. – 2018. – 214 с.
13. ДСТУ 4757:2007. Промислова ентомологія. Терміни та визначення понять. – Чинн. від 01.01.2009. – К., Держспоживстандарт України, 2010. – 20 с.

References

1. Lysenko, V. P., Chernova, I. S. (2021). *Intelektualne upravlinnia vyrobnytstvom entomofahiv: monohrafiia* [Intelligent management of entomophages production: monograph]. Odesa: Feniks, 156.
2. Tomchuk, O. F. (2010). *Metodychni pryiony i sposoby systemnoho analizu pry vyrishenni upravlinskykh problem* [Methodological techniques and ways of system analysis in solving management problems]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhytskoho*, 12, 3(45), 5, 272-280.
3. Nesterenko, O. V., Kovtunets, O. V., Falovskyi, O. O. (2017). *Intelektualni systemy i tekhnolohii. Vvidnyi kurs: Navch. Posib.* [Intelligent systems and technologies. Introductory course: Textbook]. Kyiv: Natsionalna akademiia upravlinnia, 90.
4. Zaiets, N. A., Rohovyk, A. V., Shtepa, V. M. (2018). *Vyznachennia neshtatnykh sytuatsii na pidpriemstvakh kharchovoi promyslovosti ta rozrobka systemy pidtrymky pryiniattia rishen* [Identification of abnormal situations in the food industry and development of a decision support system]. *Enerhetyka i avtomatyka*, 5, 34-47. <http://dx.doi.org/10.31548/energiya2018.05.034>
5. Vlasenko, L. O., Afanasova, S. A. (2017). *Ontolohichnyi pidkhid do rozrobky intelektualnoi pidsystemy pidtrymky pryiniattia rishen na osnovi obrobky statystychnykh danykh* [Ontological approach to the development of an intelligent decision support subsystem based on statistical processing]. *Mater. IV Mizhnar. i nauk.-tekhn. Internet-*

konf. «Suchasni metody, informatsiine, prohramne ta tekhnichne zabezpechennia system keruvannia orhanizatsiino-tekhnichnymy ta tekhnolohichnymy kompleksamy». Kyiv: NUKhT, 118-119.

6. Mulesa, O., Bilak, Yu. (2021). Pidkhyd do proektuvannia system pidtrymky pryiniattia upravlinskykh rishen v umovakh ryzyku ta nevyznachenosti [Approach to designing systems to support management decision-making in conditions of risk and uncertainty]. *Avtomatyzatsiia tekhnolohichnykh i biznes-protsesiv*, 13(3), 30-34. <https://doi.org/10.15673/atbp.v13i3.2146>

7. Bardachov, Yu. M., Ohnieva, O. Ye. (2013). Pidtrymka pryiniattia rishennia pry vyznachenni efektyvnosti upravlinnia promyslovym pidpriemstvom [Support decision-making in determining the effectiveness of industrial enterprise management]. *Tezy dopov. XI Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Matematychni ta prohramne zabezpechennia intelektualnykh system» (MPZIS-2013)*. Dnipropetrovsk, 14-15.

8. Chalyi, S. S., Levykin, I. V. (2016). Metod adaptivnoho protsesnoho upravlinnia na osnovi pretsedentnoho pidkhodu [Method of adaptive process management based on precedent approach]. *Naukoiemni tekhnolohii*, 4 (32), 410-414.

9. Vakhniuk, S. V. (2011). *Tekhnolohiia stvorennia prohramnykh ta intelektualnykh system: Navch. Posib.* [Technology of creation of software and intellectual systems: Textbook]. Sumy: DVNZ "UABS NBU", 254.

10. Lysenko, V., Chernova, I. (2020). Intelligent Decision Support System in Entomophages Production. *Proceedings of IEEE International Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology*. Kharkiv, Ukraine, 225-228. <https://doi.org/10.1109 / PICST51311.2020.9467999>

11. Chernova, I. S. (2021). Do pytannia zabezpechennia yakosti protsesiv vyrobnytstva entomofahiv [On the issue of ensuring the quality of entomophagous production processes]. *Mater. Mizhnar. nauk. konf. z nahody 50-richchia ITI "Biotekhnika" NAAN Ukrainy*. Odesa. *Informatsiinyi biuleten SPRS MOBB*, 58, 56-60.

12. Yartsev, V. P. (2018). *Orhanizatsiia baz danykh ta znan: Navch. Posib.* [Organization of databases and knowledge: Textbook]. Kyiv: DUT, 214.

13. DSTU 4757:2007. (2010). *Promyslova entomolohiia. Terminy ta vyznachennia poniat* [Industrial entomology. Terms and concepts]. Chynn. vid 01. 01.2009. Kyiv, *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, 20.

СТРУКТУРИРОВАНИЕ ЗНАНИЙ КАК МЕТОД УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭНТОМОФАГОВ

И. С. Чернова, В. Ф. Лысенко

Аннотация. *Статья посвящена вопросу создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений в производстве энтомофагов, используя при этом интеллектуальный анализ данных, структурный синтез, моделирование на основе фреймворков, прецедентный подход.*

Целью исследования было усовершенствование интеллектуальных систем поддержки принятия решений в производстве энтомофагов на основе структурирования знаний.

Объект исследования – процессы использования информационных потоков, которые применяются для управления производством энтомофагов.

С использованием программной среды FreeMind структурированы факторы влияния на процессы принятия решений в производстве энтомофагов в виде ассоциативной карты.

Отмечены составляющие принятия решений относительно обеспечения качества энтомологической продукции в условиях неопределенности.

Разработана фреймовая структура информационных потоков в управлении производством энтомофагов.

Усовершенствован алгоритм построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений в производстве энтомофагов.

Предложены направления усовершенствования интеллектуальных систем поддержки принятия решений в производстве энтомофагов с помощью структурирования знаний на основе фреймов и ассоциативных карт, используя при этом интеллектуальный анализ данных, предыдущий технологический опыт в виде баз знаний прецедентов и действий человека-оператора в процессах управления производством.

Результаты исследований могут служить информационной базой для разработки теории принятия решений в производстве энтомофагов.

Ключевые слова: *производство энтомофагов, системы поддержки принятия решений, интеллектуальный анализ данных, фрейм, прецедент*

STRUCTURING OF KNOWLEDGE AS A METHOD OF IMPROVEMENT DECISION SUPPORT SYSTEMS IN THE PRODUCTION OF ENTOMOPHAGES

I. Chernova, V. Lysenko

Abstract. *The article is devoted to the issue of creating intelligent decision support systems in the production of entomophages using data mining, structural synthesis, frame-based modeling, a precedent approach.*

The aim of the study was to improve intelligent decision support systems in the production of entomophages based on knowledge structuring.

The object of research is the processes of using information flows used to manage the production of entomophages.

Using the FreeMind software environment, the factors influencing the decision-making processes in the production of entomophages are structured in the form of an associative map.

The components of decision-making regarding the quality assurance of entomological products under conditions of uncertainty are noted.

A frame structure of information flows in the management of the production of entomophages has been developed.

The algorithm for constructing an intelligent decision support system in the production of entomophages has been improved.

Directions for improving intelligent decision support systems in the production of entomophages are proposed based on the structuring of knowledge using frames and associative maps using data mining, previous technological experience in the form of

knowledge bases of precedents and actions of a human operator in production management processes.

The results of research can serve as an information base for the development of decision theory in the production of entomophages.

Key words: *entomophages production, decision support systems, data mining, frame, precedent*