

УДК: 633.63:631.5

**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СЕЛЕКЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

**Гулько Ірина Василівна**, к.т.н., доцент  
**Дячинська Олена Миколаївна**, асистент  
Вінницький національний аграрний університет  
**Присяжнюк Олег Іванович**, к.с.-г.н., старший науковий співробітник  
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

**I. Gunko**, PhD, Associate Professor  
**O. Diachynska**, Lecturer of the Department  
Vinnytsia National Agrarian University  
**O. Prysiashniuk**, PhD, Senior Research Scientist  
Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine

*У статті проаналізовано теоретичні та практичні аспекти імітаційного моделювання селекційного процесу цукрових буряків, які дозволяють створити більш точні математичні моделі для вирішення конкретного селекційно-генетичного завдання.*

*Запропоновано схему організації селекційного процесу з використанням модулів аналізу даних на основі нейронних мереж та методів нечіткої логіки. Системи нечіткої логіки враховують дію агроєкологічних факторів та метеорологічних умов на біологічний матеріал та прогнозують не тільки кращі селекційні комбінації, а й їх географічне та територіальне розміщення залежно від кліматичного потенціалу точок випробування та інших критичних чинників.*

*Встановлено, що імітаційне моделювання дозволяє сконцентрувати матеріально-технічні ресурси на вирішенні питань відтворення та розмноження кращих гібридних комбінацій, та власне отримання насіння гібридів цукрових буряків в достатньому об'ємі для їх комерційної реалізації.*

*Ключові слова: інформаційні технології, селекція, гібрид, сховище (база) даних, нейронна мережа, нечітка логіка, імітаційне моделювання.*

Рис. 3. Літ. 12.

---

**1. Постановка проблеми**

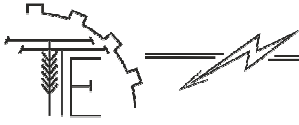
Продуктивність та ефективність буряківництва значною мірою залежить не тільки від агрокліматичних умов і рівня техніки, але також і від генетичного потенціалу використовуваного сорту цукрових буряків та якості посівного матеріалу. Слід розвивати і вдосконалювати селекційну роботу, зокрема: створювати і впроваджувати у виробництво інноваційні високопродуктивні сорти і гібриди цукрових буряків, стійких до хвороб і несприятливих факторів зовнішнього середовища, які відповідають вимогам інтенсивної технології, конкурують за показниками цукристості з кращими закордонними аналогами [1].

Сучасний розвиток інформаційних технологій відкриває нові можливості у вирішенні питань відтворення та розмноження кращих гібридних комбінацій, отриманні моделей для розв'язання певного селекційно-генетичного завдання. Чим точніше модель описує біологічні процеси, тим краще вона підходить для вирішення конкретних селекційних задач. Водночас, зі збільшенням кількості досліджуваних факторів, а також ускладненням математичної моделі великою кількістю складних взаємодій, значно збільшується її обсяг, що в свою чергу ускладнює проведення обчислень. Тому дотримання компромісу між точністю моделі та її складністю завжди знаходиться на першому місці при розробці подібних продуктів. Разом з тим, новий виток розвитку інформаційних технологій дозволяє створювати моделі, які більш точно й повно описують процеси, що відбуваються в рослинах. Адже, в селекції практично відсутні програмні продукти, які дозволяють оптимізувати зону її ведення та насінництва; в переважній більшості програми ведуть оцінку за кількома простими моделями, за рахунок чого втрачається точність їх прогнозування; основна маса закордонних селекційних програм адаптована лише до умов вирощування конкретної країни-розробника [2-4].

---

**2. Аналіз останніх досліджень і публікацій**

На сучасному етапі розробка інформаційного забезпечення автоматизованих систем управління (АСУ) здійснюється в наступних напрямках:



- Шевченко І. Л. [6] і Лисогоров К. С. [7] досліджують створення передумов застосування новітніх комп'ютерних технологій і методів математичного аналізу на етапах планування та проведення наукових досліджень;

- пошук технологій та методів збору, аналізу та інтерпретації наукових даних, застосування для проведення досліджень автоматизованих систем управління (АСУ) та автоматизованих систем управління базами даних (АСУБД) висвітлюють Попов В. Б. [8] та Прангішвілі І. В. [9];

- Барсегян А. А. [10] і Прангішвілі І. В. [11] узагальнюють наукові дослідження на рівні розробки та удосконалення методики та теорії .

Науковці Роїк М. В. [2], Присяжнюк О. І. [3] і Кириченко В. В. [4] наголошують, що досліджувати програмно апаратні можливості моделювання селекційного процесу цукрових буряків необхідно, адже це дозволить підвищити результативність й точність досліджень, максимально оптимізувати затрати на селекцію цукрових буряків [2, 3, 4].

Однак, залишаються невирішеними проблеми вибору кращої моделі для розв'язання конкретного селекційно-генетичного завдання. Часто компроміс між складністю й точністю, прагненням підібрати прості моделі призводить до того, що модель досить точно описує результати, отримані в конкретному експерименті, але абсолютно непридатна для опису і прогнозування експерименту за умов зміни в ньому навіть незначної кількості факторів.

---

### 3. Формулювання цілей статті

В статті розглянуто теоретичні та практичні аспекти імітаційного моделювання селекційного процесу цукрових буряків. Запропоновано блок-схему організації селекційного процесу, яка дозволяє сформулювати необхідні матеріально-технічні ресурси для вирішення питань відтворення та розмноження кращих гібридних комбінацій та підібрати оптимальні умови для їх вирощування.

---

### 4. Виклад основного матеріалу дослідження

Імітаційне моделювання – це форма моделювання, при якому досліджувана система замінюється моделлю, яка з достатньою точністю описує реальну систему. Побудова імітаційної моделі не вимагає обов'язкового строгого математичного опису реальної системи, а широко залучає інтуїцію дослідника та його роботу у діалоговому режимі з комп'ютером. З моделлю проводяться експерименти з метою отримання інформації про цю систему.

Моделювання селекційного процесу можна умовно розбити на три етапи: створення моделі майбутнього гібриду; підбір батьківських пар для селекції; підтримуюча селекція (підтримка базисних ліній).

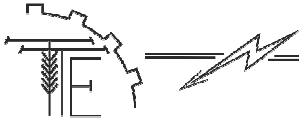
Модель майбутнього гібриду. Існує ряд безперечних положень, яких варто дотримуватись при формуванні вимог до майбутнього гібриду: гібрид повинен забезпечувати найбільш високий рівень врожайності в конкретній ґрунтово-кліматичній зоні вирощування [2]; гібрид повинен бути пристосованим для вирощування у досить широкому ареалі екологічних умов (пластичний); гібрид повинен бути технологічним, мати високу якість та бути стійким до шкідників і хвороб.

Підбір батьківських пар. Після створення моделі гібриду можна думати про вихідний матеріал, тобто про підбір батьківських форм, здатних дати потомство, що максимально задовольняє сформовані нами вимоги. Для цього застосовуються: по-перше, класичний генетичний аналіз, а також новітні методи багатовимірного аналізування, які дозволяють досить точно визначити ступінь віддаленості генотипів один від одного.

Підтримка базисних ліній. У результаті виконання попередніх двох етапів селекціонер виконує відбір ліній – компонентів майбутнього гібриду. Однак, лінії є результатом виокремлення частини генотипів з певної популяції, тому потрібно вести підтримуючу селекцію спрямовану на підтримку їх чистоти.

Результати наших досліджень перекликаються з роботами і інших науковців. Так, Кириченко В. В., Корчинський А. А., Літун П. П. [4] відмічають, що ефективно використовувати всі накопичені біологією й агрономічними науками знання про об'єкти селекції на даний час неможливо без застосування нових технологій інформаційного забезпечення. Це проблема багатоаспектна і може бути вирішена організаційно по-різному.

Отже, для застосування імітаційного моделювання в селекції цукрових буряків слід дотримуватись наступних умов:



- Потрібно проводити збір та узагальнення теоретичних досліджень із проблем популяційної генетики та впроваджувати методи системного аналізу, орієнтованих на рішення задач селекції.

- Збирати, систематизувати та аналізувати інформацію за результатами реалізації конкретних селекційних програм з використанням сучасних комп'ютерних технологій. Усю інформацію, необхідну для вирішення конкретної селекційної задачі, потрібно зберігати на електронних носіях, робити доступною для оперативного системного аналізу і всіх можливих системних досліджень.

- Створювати системи підтримки та прийняття рішень на основі баз даних та нейронних мереж;

- Створювати служби адміністраторів баз даних і менеджерів знань, які необхідні для наповнення, підтримання й ефективного використання інформаційних ресурсів.

Виходячи з теоретичних аспектів реалізації баз даних управління селекційним процесом цукрових буряків для практичної реалізації поставлених завдань, потрібно сформулювати основні параметри сховища даних. Адже першочерговою умовою активного розвитку концепції сховищ даних стало намагання об'єднати в одне ціле системи підтримки та прийняття рішень. При цьому поєднують можливості оперативної обробки транзакцій та системи аналізу, які для свого функціонування найчастіше мають суперечливі вимоги.

В якості програмного забезпечення нами була використана мова програмування Visual basic, що входить до складу продукту Microsoft Office і дозволяє створювати бази даних, що швидко опрацьовують інформацію і доволі просто створюють на основі цього звіти. Дана система програмування дозволяє використовувати електронні таблиці з інших баз даних, в тому числі серверних, та створювати системи з віддаленим доступом [5-7].

При вивченні технологічних операцій селекційного процесу використовувались методи теорії дослідження операцій. В залежності від підходу до вирішення задачі і характеру інформації при розробці моделей застосовувались як аналітичні, так і емпіричні методи. При розробці алгоритмів були використані як графічні схеми, так і методи лінійного програмування.

Отже, в основі будь-якого сховища даних закладена ідея класифікації даних. Такий підхід допомагає використовувати структури даних з урахуванням особливостей їх використання в системах оперативної обробки транзакцій та системах аналізу. У системі підтримки та прийняття рішень різні типи даних відповідно належать до оперативних джерел даних і сховищ даних.

За умови організації консолідованої системи зберігання та аналізу селекційних даних варто звернути увагу на гібридний варіант об'єднання сховищ даних і вітрини даних в одній системі [9]. У цьому випадку сховище даних використовується як єдине джерело для всіх вітрин даних (рис. 1) [10].

В такому випадку сховище даних виступає у ролі єдиного централізованого джерела інформації для області, а вітрини даних є підмножинами даних з сховища, організованими для представлення інформації за відповідними напрямками даної області [10]. Отже, користувачі системи підтримки та прийняття рішень матимуть доступ до більш детальних даних зі сховища в тому випадку, якщо у вітрині немає необхідних даних. Крім того, така структура сховища даних дозволяє отримати більш повну інформацію без значних затрат.

Виходячи з вищесказаного, можна назвати переваги такого підходу:

- доволі простий механізм створення і відповідно наповнення вітрини даних, адже наповнення даними проводиться з єдиного надійного джерела – сховища даних;

- система підтримки та прийняття рішень доволі просто розширюється та масштабується, для цього достатньо додати нові вітрини даних;

- навантаження на основне сховище даних знижується за рахунок особливостей організації та взаємодії системи прийняття рішень.

- Адаптувавши нові методи для аналізу специфічної селекційної інформації, можна сформулювати такі вузлові напрями розвитку адаптивних генетичних алгоритмів на основі методів нечіткої логіки:

- визначення нечіткої бази даних, яка описує принципові особливості алгоритмів та дозволяє досягти рівноваги у дослідженні;

- визначення нечітких баз знань, що враховують дію кожного генетичного оператора відповідно до поведінки інших та підвищення ефективності нечітких критеріїв;

- визначення нечітких генетичних операторів: селекції, схрещування, мутації [11].

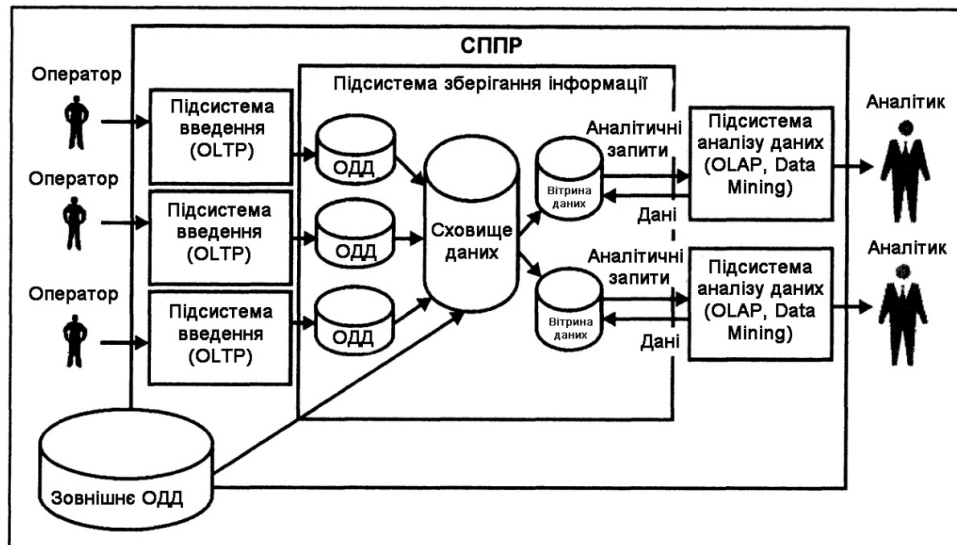


Рис. 1. Структура системи підтримки та прийняття рішень із самостійними витринами даних

\*Джерело: сформовано авторами для використання у селекції рослин, представлено в інших галузях у публікації [10]

Використання у генетичних алгоритмах методів нечіткого адаптивного оператора схрещування дозволить запобігати передчасній збіжності популяції, підтримуючи необхідний і залежний від поточних умов рівень різноманітності популяції, враховувати вплив інших генетичних операторів.

Застосування нейронечітких та гібридних систем, що включають в себе методи нечіткої логіки, генетичні алгоритми та нейронні мережі є ефективним засобом при вирішенні великого кола завдань, у тому числі й пов'язаних з автоматизацією селекції цукрових буряків.

Неможливо у повній мірі ототожнювати рівноцінність нейронних мереж та нечіткої логіки, адже на практиці кожна з них має свої переваги і недоліки. Так, на рис. 2 представлена напрацьована схема організації нечітких нейронних систем для прогнозування та аналізу даних.

Отже, пропонується варіант організації системи прогнозування та аналізу даних дозволяє перетворити певний набір знань у вхідний вектор багаторівневої нейронної мережі. Адже саме нейронна мережа навчена виробляти необхідні вихідні команди або рішення.

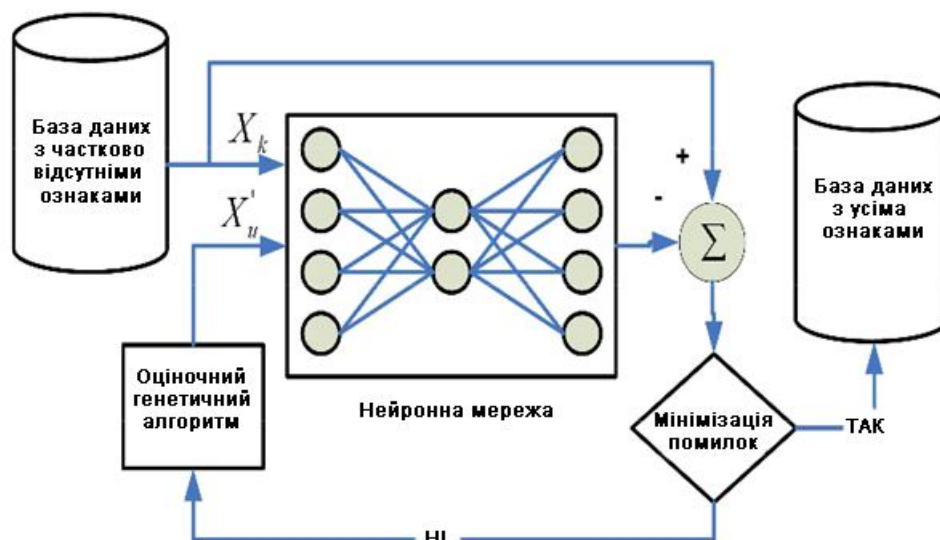
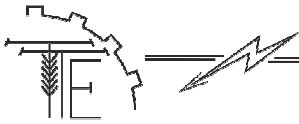


Рис. 2. Схема організації системи прогнозування та аналізу даних з використанням нейронних мереж та методів нечіткої логіки

\*Джерело: сформовано авторами



На основі проведеного комплексу досліджень можна сформулювати в цілому схему організації селекційного процесу з використанням модулів аналізу даних на основі нейронних мереж та методів нечіткої логіки (рис. 3).

Пропонована схема проведення селекційної роботи ґрунтується на сучасних технологіях та підходах до аналізу накопичених селекційних даних та дозволяє провести основну частину роботи по підборі та комбінуванню батьківських пар, а також прогнозуванню їх продуктивності та інших господарсько-цінних ознак у віртуальному світі за допомогою імітаційного моделювання.



**Рис. 3. Блок-схема організації селекційного процесу з використанням модулів аналізу даних на основі нейронних мереж та методів нечіткої логіки**

*\*Джерело: сформовано авторами*

Селекціонер працює з програмним продуктом під час планування та імітаційного моделювання створюваних гібридів і планує проведення польового блоку досліджень, користуючись сумою власних знань та можливостями комп'ютерної техніки.

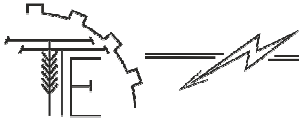
У польових умовах відпрацьовуються реальні комбінації батьківських пар – ті, які за розрахунками комп'ютерної системи мають найвищу продуктивність, стійкість до негативних чинників умов вирощування або якісні показники. За результатами оцінки матеріалу, отриманого від схрещування у польових умовах, відбувається коригування систем нейронних дерев аналізу в імітаційному моделюванні.

## 5. Висновки

Системи нечіткої логіки враховують дію агроєкологічних факторів та метеорологічних умов на біологічний матеріал та прогнозують не тільки кращі селекційні комбінації, а й їх географічне та територіальне розміщення залежно від кліматичного потенціалу точок випробування та інших критичних чинників.

Запропонована схема організації селекційного процесу з використанням модулів аналізу даних на основі нейронних мереж та методів нечіткої логіки може бути використана для побудови висоефективної системи управління селекційними процесами у буряківництві.

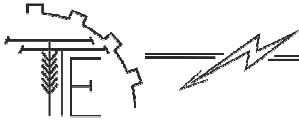
Застосування імітаційного моделювання дозволяє сконцентрувати матеріально-технічні ресурси на вирішенні питань відтворення та розмноження кращих гібридних комбінацій, та власне отримання насіння гібридів цукрових буряків в достатньому об'ємі для їх комерційної реалізації.

**Список використаних джерел**

1. Калетнік Г. М. Організаційно-економічні засади підвищення ефективності виробництва насіння цукрових буряків [Текст] / Г. М. Калетнік, В. І. Старосуд, С. Е. Амонс // Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. – Вінниця. – 2017. – Випуск 10(26). – С. 7-23.
2. Роїк М. В. Системне наукове забезпечення розвитку сучасної технології селекційного процесу [Текст] / М. В. Роїк // Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. – 2003. – № 1. – С. 17-36.
3. Присяжнюк О. І. Розробка баз даних технологічного процесу вирощування цукрових буряків [Текст] / О. І. Присяжнюк, О. Ю. Половинчук // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – Київ. – 2013. – Випуск 17. – С. 377-381.
4. Кириченко В. В. Теория селекции растений: состояние и проблемы [Текст] / В. В. Кириченко, А. А. Корчинский, П. П. Литун // Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. – 2003. – № 1. – С. 82-100.
5. Ермантраут Е. Р. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0: методичні вказівки [Текст] / Е. Р. Ермантраут, О. І. Присяжнюк, І. Л. Шевченко. – К.: Поліграф Консалтинг, 2007. – 56 с.
6. Шевченко І. Л. Система супроводження селекційного процесу INTESEL 1.0 [Текст] / І. Л. Шевченко // Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків УААН. – Київ. – 2007. – Випуск 9. – С. 263-266.
7. Лисогоров К. С. Система точного землеробства на меліорованих землях – сучасний стан та перспективи реалізації в господарствах АПК півдня України [Текст] / К. С. Лисогоров К. // Збірник: Таврійський науковий вісник. – 2003. – № 27. – С. 59-62.
8. Попов В. Б. Основы информационных и телекоммуникационных технологий. Сетевые информационные технологии: учеб. пособие [Текст] / В. Б. Попов. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 219 с.
9. Прангишвили И. В. Системный подход и общесистемные закономерности. [Текст] / И. В. Прангишвили. – М.: Синтег, 2000. – 528 с.
10. Барсегян А. А. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining [Текст] / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.
11. Прангишвили И. В. Системные закономерности и системная оптимизация [Текст] / И. В. Прангишвили, В. Н. Бурков, И. А. Горгидзе, Г. С. Джавахадзе, Р. А. Хуродзе. – М.: Синтег, 2004. – 204 с.
12. Роланд Ф. Д. Основные концепции баз данных / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 256 с.

**References**

- [1] Kaletnik, H.M., Starosud, V.I., Amons, S.E. (2017). Orhanizatsiino-ekonomichni zasady pidvyshchennia efektyvnosti vyrobnytstva nasinnia tsukrovykh buriakiv [Organizational and economic principles of improving the efficiency of production of sugar beet seeds]. *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: actual'ni pytannia nauky i praktyky*, № 10(26). 7-23.
- [2] Royik, M.V. (2003). Sy'stemne naukove zabezpechennya rozvy'tku suchasnoyi tekhnologiyi selekciynogo procesu [Systemic scientific support for the development of modern technology of the process of selection]. *Visnyk Ukrayins'kogo tovarystva genety'kiv i selekcioneriv*, no. 1, 17–36.
- [3] Pry'syazhnyuk, O.I., Polovy'nchuk, O.Yu. (2013). Rozrobka baz dany'x tekhnologichnogo procesu vy'roshhuvannya czukrovy'x [Development of databases for the technological process of growing sugar beet.]. *Naukovi praci Instytutu bioenergety'chny'x kul'tur i czukrovy'x buriakiv*. no. 17, 377–381.
- [4] Kirichenko, V.V., Korchinskiy, A.A., Litun, P.P. (2003). Teoriya selektsii rasteniy: sostoyanie i problemy [Theory of plant selection: current state and problems]. *Visnik Ukrains'kogo tovaristva genetikiv i selektsioneriv*, no. 1, pp. 82-100.
- [5] Ermantraut, E.R., Pry'syazhnyuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). Staty'sty'chny'j analiz agronomichny'x doslidny'x dany'x v paketi Statistica 6.0 [Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica 6.0 package]. *Metody'chni vkazivky'*. Ky'yiv, Poligraf Konsal'ty'ng, 56 p.
- [6] Shevchenko, I.L. (2007). Sy'stema suprovodzhennya selekciynogo procesu INTESEL 1.0 [The system



- of support for the selection process INTESEL 1.0]. *Zbirny`k naukovy`x prac` Insty`tutu czukrovy`x buryakiv UAAN*. [Collection of scientific works of the Institute of Sugar beet UAAS]. № 9, 263–266.
- [7] Ly`sgorov, K.S. (2003). Sy`stema tochnogo zemlerobstva na meliorovany`x zemlyax - suchasny`j stan ta perspekty`vy` realizaciyi v gospodarstvax APK pıvdnya Ukrayiny` [The system of precise agriculture on the lands after reclamation - current state and prospects of implementation at the farms of agroindustrial complex of southern Ukraine]. *Zbirny`k: Tavrijs`ky`j naukovy`j visny`k*. [Collection: «Taurian Scientific Bulletin»]. Kherson, Ajlant, no. 27, 59–62.
- [8] Popov, V.B. (2005). Osnovy informatsionnyh i telekommunikatsionnyh tehnologiy. Setevyye informatsionnyie tehnologii: Ucheb. posobie. [Fundamentals of information and telecommunication technologies. Network Information Technologies]. M.: Finansyi i statistika, 219
- [9] Prangishvili, I.V. (2000). Sistemnyiy podhod i obschesistemnyie zakonomernosti. [System approach and system-wide regularities]. M.: Sinteg, 528 p.
- [10] Barsegyan, A.A., Kupriyanov, M.S., Stepanenko, V.V., Holod, I.I. (2004). Metody i modeli analiza dannyih: OLAP i Data Mining. [Methods and models of data analysis: OLAP and Data Mining] - SPb.: BHV-Peterburg, 336 p.
- [11] Prangishvili, I.V., Burkov, V.N., Gorgidze, I.A., Dzhavahadze, G.S., Hurodze, R.A. (2004). Sistemnyie zakonomernosti i sistemnaya optimizatsiya. [System regularities and system optimization]. M.: Sinteg, 204 p.
- [12] Roland, F.D. (2002). Osnovnyie kontseptsii baz dannyih. [Basic concepts of databases] / Per. s angl. M.: Izdatelskiy dom «Vilyams», 256 p.

#### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

*В статье проанализированы теоретические и практические аспекты имитационного моделирования селекционного процесса сахарной свеклы, которые позволяют создать более точные математические модели для решения конкретного селекционно-генетического задания.*

*Предложена схема организации селекционного процесса с использованием модулей анализа данных на основе нейронных сетей и методов нечеткой логики. Системы нечеткой логики учитывают действие агроэкологических факторов и метеорологических условий на биологический материал и прогнозируют не только лучшие селекционные комбинации, но и их географическое и территориальное размещение в зависимости от климатического потенциала точек испытания и других критических факторов.*

*Установлено, что имитационное моделирование позволяет сконцентрировать материально-технические ресурсы на решении вопросов восстановления и размножения лучших гибридных комбинаций, и собственно получения семян гибридов сахарной свеклы в достаточном объеме для их коммерческой реализации.*

*Ключевые слова: информационные технологии, селекция, гибрид, хранилище (база) данных, нейронная сеть, нечеткая логика, имитационное моделирование.*

Рис. 3. Лит. 12.

#### IMITATIONAL MODELING OF THE PROCESS OF SUGAR BEETS SELECTION

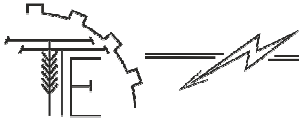
*The article analyzes theoretical and practical aspects of imitational modeling of the process of sugar beets selection, which allow to create more accurate mathematical models for solving specific selection-genetic problem.*

*The pattern of organizing the selection process with the use of data analysis modules on the basis of neuron networks and methods of fuzzy logic is suggested. Fuzzy logic systems take into account the effect of agricultural and ecological factors and meteorological conditions on biological material and predict not only the best breeding combinations but also their geographic and territorial location depending on the climatic potential of the test points and other critical factors.*

*It has been established that imitational modeling allows to concentrate material and technical resources on solving the problems of reproduction and multiplication of the best hybrid combinations, actually, obtaining seeds of sugar beet hybrids in sufficient amounts for their commercial realization.*

*Keywords: information technology, selection, hybrid, storage (data base), neuron network, fuzzy logic, imitational modeling.*

Fig. 3. Lit. 12.



**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Гулько Ірина Василівна** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри «Двигунів внутрішнього згоряння та альтернативних паливних ресурсів» Вінницького національного аграрного університету, віце-президент ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, email: irynagunko@vsau.vin.ua).

**Присяжнюк Олег Іванович** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (м. Київ, вул. Клінічна, 25, к. 214, email: ollpris@gmail.com).

**Дячинська Олена Миколаївна** – асистент кафедри математики, фізики та комп'ютерних технологій, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, email: olena.diachynska@gmail.com).

**Гулько Ирина Васильевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Двигателей внутреннего сгорания и альтернативных топливных ресурсов» Винницкого национального аграрного университета, вице-президент УНПК «Всеукраинский научно-учебный консорциум» (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3, email: irynagunko@vsau.vin.ua).

**Присяжнюк Олег Иванович** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины (г. Киев, ул. Клиническая, 25, к. 214, email: ollpris@gmail.com).

**Дячинская Елена Николаевна** – ассистент кафедры математики, физики и компьютерных технологий, Винницкий национальный аграрный университет (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3, email: olena.diachynska@gmail.com).

**Gunko Irina** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Internal Combustion Engines and Alternative Fuel Resources, Vice-President of the Ukrainian Scientific-Educational Consortium, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str., email: irynagunko@vsau.vin.ua).

**Prsyazhniuk Oleg** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet (Kyiv, 25, Clinichna Str., room 214, email: ollpris@gmail.com).

**Diachynska Olena** – Lecturer of the Department of Mathematics, Physics and Computer Technologies, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str., email: olena.diachynska@gmail.com).