

приводит к увеличению общей сорбционной способности композиции.

Исходя из сделанных выводов, для получения композитов с улучшенными эксплуатационными свойствами можно рекомендовать предварительную обработку наполнителя дисперсией эпоксидной смолы для формирования прочного межфазного слоя. Этого можно достичь без существенного изменения технологического процесса получения лакокрасочного материала — дисперсии следует вводить отдельно, причем эпоксиановую — в первую очередь.

#### Литература

1. Казакова, Е. Е. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения [Текст] / Е. Е. Казакова, О. Н. Скороходова. — М.: «Пейнт-Медиа», 2003. — 136 с.
2. Brock, T. European Coatings Handbook [Text] / T. Brock, M. Groteklaes, P. Mischke. — Vincentz Network GmbH & Co KG, 2000. — 410 p.
3. Мюллер, Б. Лакокрасочные материалы и покрытия. Принципы составления рецептур [Текст] / Б. Мюллер, У. Пот. — Москва : ООО «Пэйнт-Медиа», 2007. — 237 с.
4. Tracton, A. Coatings Technology Handbook [Text] / A. Tracton. — Taylor & Francis, 2005. — 936 p.
5. Мережко, Н. В. Особливості взаємодії ваняку з рідким склом, модифікованим органісиліконатами натрію [Текст] / Н. В. Мережко // Хім. пром-сть України. — 2000. — № 5. — С. 21–24.
6. Мережко, Н. В. Особливості взаємодії поліорганосилоксанів з оксидом алюмінію в процесі механохімічної активації [Текст] / Н. В. Мережко // Хім. пром-сть України. — 2000. — № 5. — С. 37–41.
7. Мережко, Н. В. Процеси взаємодії в системі карбонат-поліорганосилоксан [Текст] / Н. В. Мережко // Хім. пром-сть України. — 2000. — № 5. — С. 55–58.
8. Lagaly, G. Chapter 10.3 — Clay Mineral-Organic Interactions [Text] / G. Lagaly, M. Ogawa, I. Dekany // Developments in clay science. — 2013. — v. 5. — P. 435–505.
9. Hartland, S. Surface and interfacial tension. Measurement, theory and applications [Text] / S. Hartland // Surfactant science series. — 2004. — v. 119. — P. 158.
10. Fragiadaki, E. Characterization of porous media by dynamic wicking combined with image analysis [Text] / E. Fragiadaki,

S. Harhalakis, E. Kaliogianni // Colloids and surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. — 2012. — v. 413, No. 5. — P. 50–57

11. Грег, С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость [Текст] : пер. с англ. / С. Грег, К. Синг. — 2-е изд. — М.: Мир, 1984. — 306 с.
12. Saldivar-Guerrera, E. Handbook of Synthesis, Characterization and Processing of organic Composites [Text] / E. Saldivar-Guerrera. — John Wiley and Sons, 2013. — 644 p.

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ В СИСТЕМІ НАПОВНЮВАЧ — ЕПОКСИДНО-АКРИЛОВИЙ ПЛІВКОУТВОРЮВАЧ

Дана робота присвячена оцінці впливу властивостей поверхні дисперсних наповнювачів а також природи плівкоутворювача на взаємодію в системі. Показано, що при збільшенні дисперсності наповнювача ця взаємодія підвищується. Епоксианова смола взаємодіє з наповнювачами в більшій мірі ніж стирол-акриловий полімер. Встановлено, що всі взаємодії в системі носять вандерваальсівський характер.

**Ключові слова:** наповнювач, міжфазна взаємодія, акриловий полімер, епоксианова смола, адсорбція, вологопоглинання, покриття.

*Мережко Ніна Васильевна, доктор технічних наук, професор, кафедра товароведения и экспертизы непродовольственных товаров, Киевский национальный торгово-экономический университет, Украина, e-mail: neprod2@knteu.kiev.ua.*

*Домниченко Раиса Григорьевна, аспирант, кафедра товароведения и экспертизы непродовольственных товаров, Киевский национальный торгово-экономический университет, Украина, e-mail: raisa-domnichenko@yandex.ru.*

*Мережко Ніна Василівна, доктор технічних наук, професор, кафедра товароведения и экспертизы непродовольственных товаров, Киевский национальный торгово-экономический университет, Украина.*

*Домниченко Раиса Григорьевна, аспирант, кафедра товароведения и экспертизы непродовольственных товаров, Киевский национальный торгово-экономический университет, Украина.*

*Merezko Nina, Kyiv National University of Trade and Economics, Ukraine, e-mail: neprod2@knteu.kiev.ua.*

*Domnichenko Raisa, Kyiv National University of Trade and Economics, Ukraine, e-mail: raisa-domnichenko@yandex.ru*

УДК 519.712.2:664.8.07

Кіктев М. О.

## ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ К-СЕРЕДНІХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧОЇ СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМУ

Обґрунтована задача класифікації даних при керуванні технологічними процесами та виробництвом комбікорму. Проведений аналіз класифікації даних, обґрунтований вибір методу k-середніх для класифікації компонентів комбікорму. Розроблено програмне забезпечення для реалізації алгоритму k-середніх та відпрацьовані різні варіанти поведінки алгоритму в залежності від початкових умов.

**Ключові слова:** комбікорм, технологічний процес, керування, метод, алгоритм, інтелектуальне управління, кластеризація, аналіз.

### 1. Вступ

В сучасних умовах економічного розвитку України актуальною є задача раціональної годівлі тварин, приго-

тування корма у суворій відповідності з рецептом для даного виду та призначення тварини. У зв'язку з цим виникає задача створення програмного забезпечення щодо оптимального годування тварин.

## 2. Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Повноцінне годування служить основою високої плодючості і продуктивності дорослих тварин та сприяє дозріванню і збільшення живої ваги молодняка, що в кінцевому підсумку сприяє підвищенню ефективності тваринництва. Правильне використання кормів — один з великих резервів збільшення і здешевлення виробництва продуктів тваринництва.

Задача оптимізації плану виробництва кормів важлива для всіх сільськогосподарських підприємств, де є тваринницькі галузі, але найбільш актуальна для господарства тваринницького спрямування, що спеціалізуються на виробництві кормів, так як дозволяє виявити додаткові резерви кормовиробництва за рахунок удосконалення структури посівних площ і витрати кормів. Перш ніж створювати тваринницькі комплекси, необхідно визначити джерела і обсяг надходження кормів. Обґрунтування кормової бази, розрахунок варіантів плану доцільно здійснювати з використанням методів математичного моделювання та ЕОМ [1–3].

## 3. Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сьогоднішній день існують різні програмні продукти щодо оптимального годування тварин. Однією з таких програм є програмний комплекс «Корал» [4, 5], розроблена в Росії, яка виконує функції комплексної оптимізації та аналізу раціонів комбікормів та преміксів. В програмах використовується нова модель раціону, в якій вперше враховуються втрати, що викликаються відсутністю збалансованості годування (зниження продуктивності, показників відтворення, здоров'я та племінних якостей тварин). Програми дозволяють комплексно оптимізувати раціони з визначенням необхідних кормових додатків та розрахувати рецепти комбікормів, преміксів, БМВД, які найкращим чином сполучаються з основними кормами, враховують при розрахунку план витратання кормів.

## 4. Мета даного наукового дослідження

В даній статті вирішуються задачі класифікації даних за допомогою алгоритму за методом  $k$ -середніх [6, 7], реалізованому в пакеті MS-Excel та вбудованій алгоритмічній мові Visual Basic for Application.

## 5. Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Вхідні дані інформаційної системи уведено в таблицю MS-Excel (лист Ish). Для реалізації алгоритму класифікації методом  $k$ -середніх буде застосована мова програмування VBA (Visual Basic for Application) [8–10]. У текстове вікно TextBox1 аналітик (користувач системи) вводить кількість кластерів, серед яких він хоче розподілити вхідні дані (2, 3 або більше). Етапи реалізації алгоритму представлені у вигляді інструментів CommandButton («Кнопка»), серед яких: Випадковий вибір центрів кластеризації, Формування таблиці нормованих значень, Розрахунок відстаней (на 1, 2 та

3 ітераціях), Перерозподіл центрів кластерів (2 та 3 ітерації). Перша ітерація алгоритму  $k$ -середніх зчитує з відповідних комірок листа вхідних даних кількість об'єктів (розміщені по строках таблиці) та кількість критеріїв для оцінювання кожного об'єкту (розміщені по стовпцям таблиці). Центри кластеризації на 1-й ітерації обираються випадковим шляхом в залежності від кількості кластерів (випадкове число номера об'єкту може бути в діапазоні від 1 до  $N$  — кількості об'єктів). Наступний крок алгоритму — формування таблиці нормованих значень (значення характеристик об'єктів приводяться до однієї умовної одиниці виміру в діапазоні від 0 до 1). Для цього знаходяться максимальні значення по кожній характеристиці об'єкта, та кожне значення ділиться на максимальне. Результати даної процедури виводяться в таблицю Norm, формат якої не відрізняється від вхідної таблиці Ish.

Вивід нормованих значень характеристик об'єктів здійснюється за допомогою функції виводу в комірку  $\text{Cells}(i + 3, j + 1) = \text{norm}(i, j)$ . При натисканні кнопки Розрахунок відстаней запускається процедура розрахунку відстаней від кожного об'єкта відповідно до кожного критерію. Інтерфейсне меню розробленого програмного комплексу показано на рис. 1.

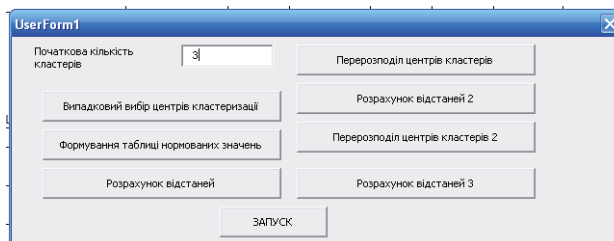


Рис. 1. Інтерфейсне меню розробленого програмного комплексу

Найбільш поширеним способом розрахунку відстаней є евклідова відстань за формулою:

$$R^j = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i^j - x_i^q)^2},$$

де  $R^j$  — відстань між об'єктом, що розглядається ( $j$ -й об'єкт) та центром кластеру;  $x_i$  — значення нормованої  $i$ -ї характеристики об'єкту;  $x_i^q$  — значення цієї характеристики в центрі кластеру ( $q$ -й об'єкт).

Далі по кожному об'єкту обирається мінімальна відстань серед відстаней до центрів кластерів, і об'єкт вважається зарахований до цього кластеру. Формується таблиця відстаней (лист MS Excel Vidst) з таким форматом (випадок для кількості кластерів  $m = 3$ ), як показано на рис. 2. Кожна строчка таблиці характеризує об'єкт та виділяється одним з трьох кольорів у відповідності до кластеру, якому зараховано даний об'єкт.

Об'єкт	Відстань 1	Відстань 2	Відстань 3	Мінімальна відстань	Кластер
--------	------------	------------	------------	---------------------	---------

Рис. 2. Формат таблиці відстаней для кількості кластерів  $m = 3$

Для виділення кольором комірок MS Excel використовується спеціальна функція VBA для зафарбування комірок, наприклад:  $\text{Cells}(i + 1, 6). \text{Interior.Color} = \text{RGB}(300, 30, 135)$ . Наступний етап — перерозподіл центрів кластерів, друга ітерація алгоритму. Для

цього (у відповідності з методом  $k$ -середніх) в кожному кластері знаходимо середнє значення по кожній координаті. Результати виводяться в таблицю *Pererach*. Таблиця складається з трьох строк — у відповідності з заданою кількістю кластерів. Далі проводиться розрахунок відстаней до нових центрів кластерів (друга ітерація алгоритму), визначаються мінімальні відстані та проводиться новий розподіл об'єктів по кластерам. Результат сформований у таблицю *Vidst2*. В даному випадку також виділені різними кольорами строки, що відносяться до різних кластерів.

Наступний етап — перехід до 3-ї ітерації алгоритму, новий перерозподіл центрів кластерів, який викладений в таблицю *Pererach2*, новий розрахунок відстаней та новий розподіл по кластерах. Результат виведено в таблицю *Vidst3*.

Процес закінчується в разі, якщо поточний розподіл по кластерах не відрізняється від розподілу на попередній ітерації, або якщо ми обмежили кількість ітерацій певним числом (у даному випадку — 3 ітерації). Завершальний етап алгоритму — перевірка якості кластеризації. Для цього розраховуються середні значення по кожній координаті серед всіх кластерів. Ці значення повинні максимально відрізнитися. Оберемо навчальні умови обчислювального експерименту. Кількість об'єктів — 17, кількість критеріїв — 45. Об'єктами служитимуть види та підвиди тварин, що вирощуються в господарстві, критеріями — складові корму (відповідно рецепту) для кожного виду тварин як складові (кукурудза, овес, ячмінь та ін.), так і поживності (кальцій, магній, мідь, цинк, глюкоза, вітаміни, каротин, жири та ін.). Результати виконання алгоритму класифікації показані в табл. 1.

Таблиця 1

Результати виконання алгоритму класифікації

Об'єкт	Відстань 1	Відстань 2	Відстань 3	Мінім. відстань	Кластер
для биків-виробників	4,068	4,205	4,191	4,068	1
для коров на стійловий період	3,769	3,983	3,857	3,769	1
стартерів для телят (до 6 міс.)	3,439	3,687	3,531	3,439	1
для ремонтних телиць (пасов. пер.)	3,679	3,837	3,773	3,679	1
для ремонтних телиць (стійл. пер.)	3,851	4,054	3,972	3,851	1
перепела 1—4 тиж.	1,417	1,113	1,504	1,113	2
перепела 5—6 тиж.	1,361	1,016	1,420	1,016	2
перепела дорослі	1,956	1,719	2,023	1,719	2
індики до 60 днів	2,269	2,094	2,318	2,094	2
індики от 61 до 120 днів	2,104	1,891	2,151	1,891	2
індики от 121 до 180 днів	1,667	1,556	1,789	1,556	2
кури-несучки 1800 г яйцен. 50 %	2,404	2,590	2,255	2,255	3
кури-несучки 1800 яйцен. 60 %	2,331	2,526	2,122	2,122	3
кури-несучки 1800 г яйцен. 70 %	2,401	2,563	2,186	2,186	3
для хряків-виробників	3,782	4,002	3,903	3,782	1
для відгад. свиней (40—70 кг)	3,304	3,502	3,476	3,304	1
поросята раннього відлучення	3,281	3,532	3,426	3,281	1

## 6. Висновки і перспективи подальших розвідок у даному напрямку

Таким чином, за допомогою розробленого алгоритму за методом  $k$ -середніх за критерієм рецепту та поживності комбікорму ми класифікували тварин таким чином: до 1-ї класифікаційної групи потрапили підвиди великої рогатої худоби та свині, до 2-ї — перепела та індики, до 3-ї — кури.

### Література

- Черняев, Н. П. Производство премиксов. Приложение к журналу «Комбикормовая промышленность» [Текст] / Н. П. Черняев, Ф. П. Сухой, В. В. Шестобитов; под ред. Н. П. Черняева. — Москва, Агропромиздат, 1988. — 135 с.
- Gorban, A. N., Zinovyev, A. Y. Principal Graphs and Manifolds [Text] / A. N. Gorban, A. Y. Zinovyev; Emilio Soria Olivas et al. (eds) // Handbook of Research on Machine Learning Applications and Trends: Algorithms, Methods, and Techniques. — Ch. 2. — IGI Global, Hershey, PA, USA, 2009. — pp. 28–59.
- Кіктев, М. Алгоритмічне та програмне забезпечення автоматизованої підсистеми обліку кормів агропромислового об'єкта [Текст] / М. Кіктев, І. Веклинець // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2013. — Т. 3, № 10(63). — С. 50–52.
- Лукьянов, Б. В. Повышение экономической эффективности кормления животных с помощью компьютера [Текст] / Б. В. Лукьянов, П. Б. Лукьянов, Н. В. Бойко // Эффективное Птицеводство та Тваринництво. — 2003. — № 3(7).
- Лукьянов, Б. В. Структурирование групп кормов при оптимизации рационов в программах «Коралл — Кормление...» [Текст] / Б. В. Лукьянов, П. Б. Лукьянов // Ценовик. — 2005. — № 12.
- Mirkes, E. M. K-means and K-medoids applet [Text] / E. M. Mirkes. — University of Leicester, 2011.
- Arthur, D. How Slow is the k-means Method? [Text] / David Arthur & Sergei Vassilvitskii // Proceedings of the 22nd ACM Symposium on Computational Geometry, Sedona, Arizona, USA, June 5–7, 2006. — ACM 2006. — ISBN 1-59593-340-9.
- Broesch, J. D. Practical Programmable Circuits: A Guide to Plds, State Machines, and Microcontrollers [Text] / James D Broesch. — Hardcover, Academic Press. — 1991. — 286 p. — ISBN: 0121348857.
- Zak, D. Programming with Visual Basic 6.0 [Text] / Diane Zak // Course Technology. — Enhanced ed. — Trade paperback, 2001. — 935 p. — ISBN: 0619062045.
- Hawhee, H. Programming Languages — Visual BASIC [Text] / H. Hawhee, T. Moore, F. Martins. — Riders Publishing, 1999. — 1202 p. — ISBN: 0735700028.

### ПРОГРАМНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА К-СРЕДНИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМА

Обоснована задача классификации данных при управлении технологическими процессами и производством комбикорма. Проведен анализ классификации данных, обоснован выбор метода  $k$ -средних для классификации компонентов комбикорма. Разработано программное обеспечение для реализации алгоритма  $k$ -средних и отработаны разные варианты поведения алгоритма в зависимости от начальных условий.

**Ключевые слова:** комбикорм, технологический процесс, управление, метод, алгоритм, интеллектуальное управление, кластеризация, анализ.

*Кіктев Микола Олександрович, кандидат технічних наук, асистент, кафедра автоматизації та робототехнічних систем, Національний університет біоресурсів та природокористування, Україна, e-mail: nkiktev@gmail.com.*

*Кіктев Николай Александрович, кандидат технических наук, асистент, кафедра автоматизации и робототехнических систем, Национальный университет биоресурсов и природопользования, Украина.*

*Kiktev Nikolay, National University of Life and Environmental Sciences, Ukraine, e-mail: nkiktev@gmail.com*