

алгоритмів в середовищі MS Excel та за допомогою мови програмування VBA.

### Література

1. Конвейеры ленточные шахтные. Методика расчета [Текст]. — М.: МУП СССР, 1980. — 72 с.
2. Основные положения по проектированию и эксплуатации угольных шахт [Текст]. — М.: ИГД им. А. Скочинского, 1975. — 268 с.
3. Овсянников, Ю. А. Автоматизация подземного оборудования [Текст] / Ю. А. Овсянников, А. А. Кораблев. — М.: Недра, 1986. — 287 с.
4. Исследование конструкции шахтных ленточных конвейеров с точки зрения безопасности эксплуатации узлов и разработка требований к проектированию [Текст]: Отчет по НИР. — Донецк: Донгипроуглемаш, 1996. — 90 с.
5. Определение тяговых параметров подземных ленточных конвейеров с применением ЭЦВМ [Текст]. — Донецк: Донгипроуглемаш, 1982. — 54 с.
6. Аверченков, В. И. Конвейеры с подвесной лентой [Текст] / В. И. Аверченков, С. В. Давыдов, В. П. Дунаев, В. Н. Ивченко. — М.: Фланта, 2011. — 256 с.
7. Киктев, Н. А. Методика построения системы отображения процесса автоматизации участкового конвейерного транспорта [Текст] / Н. А. Киктев, Я. А. Савицкая, Н. И. Чичикало // Энергетика і автоматика. — 2014. — № 1. — С. 65–74.
8. Жуков, А. Д. Расчет параметров тепловой обработки минераловатных изделий с применением [Текст] / А. Д. Жуков, Т. В. Смирнова, А. О. Химич, А. О. Еременко, Н. А. Копылов // Строительство: наука и образование. — 2013. — № 1. — С. 1–4.
9. Maras, M. Application of the method finite elements by numerical modeling stress-strain state in conveyor belts [Text] / Michal

Maras, Jozef Hatala, Daniela Marasová // Acta Montanistica Slovaca. — 1997. — Vol. 2, Iss. 2. — P. 101–108.

10. Bhojar, R. K. Design Consideration Of Adjustable Height And Radial Belt Conveyor System [Text] / R. K. Bhojar, Dr. C. C. Handa // International Journal of Engineering Trends and Technology. — 2013. — Vol. 4, Iss. 10. — P. 4377–4382.

### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ТЯГОВОЙ СПОСОБНОСТИ ПРИВОДА И НАТЯЖНЫХ УСТРОЙСТВ КОНВЕЙЕРОВ

Статья посвящена разработке алгоритма и программного обеспечения автоматизированного расчета значения тягового фактора конвейера. За основу взята известная методика расчета, рассмотрены различные варианты конвейера — одно- и двухбарабанный, с наличием прижимного ролика или ленты, с жесткой кинематической связью или с независимой связью между барабанами.

**Ключевые слова:** конвейер, параметры, тяговый фактор, стандарт, характеристики, алгоритм, программное обеспечение.

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

*Киктев Николай Александрович, кандидат технических наук, ассистент, кафедра автоматизации и робототехнических систем, Национальный университет биоресурсов и природопользования, Киев, Украина.*

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

УДК 681.5

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.28109

Райко Г. О.,  
Ігнатенко Г. А.

## СТРУКТУРНО-КЛАСИФІКАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ В УПРАВЛІННІ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ ТЕРИТОРІЇ

*В статті розглянуто методологію структурно-класифікаційного аналізу в управлінні конкурентоспроможністю території з акцентом на визначення критеріїв якості класифікації, задачу комбінованої кускової апроксимації. Сформульовані вимоги до процедури апроксимації виробничих функцій, базовий та інші відрізки лінійної функції витрат, вимоги до обмежень на похибку апроксимації всієї виробничої функції та адитивних складових.*

**Ключові слова:** стратегічне управління територією, стійкий розвиток економічної системи, структурна класифікація, кусково-лінійна апроксимація.

### 1. Вступ

На сьогоднішній день фінансово-економічна криза, яка найбільш загострилася на території України, в багатьох державах світу, стала індикатором того, що експерти різних напрямків є неспроможними, в світовому масштабі, осмислити та описати принципи функціонування сучасної економічної системи та її компонентів, прогнозувати поведінку та взаємодію процесів та за-

кономірностей, що відбуваються. Багато експертів, що досліджують дану проблематику, сходяться в думках про те, що дане кризове явище є кризою свідомості людей, а єдиного універсального рецепту його подолання не існує.

Стає очевидним, що зневажливе ставлення до проблематики макроекономічного рівня та напрямків виходу із кризи може привести до неминучого краху економічної системи, тому актуальним перед світовою гро-

мадськістю гостро стає питання про стійкий розвиток економіки територій, при якому б ризик дефолту був би мінімальним [1].

В основі стійкості розвитку макросистеми лежать поняття: рівноважна динаміка — знаходження системи в стані рівноваги впродовж часу; нерівноважна динаміка — розвиток, при якому система прагне до рівноважного стану, але не знаходиться в ньому в кожен момент часу [2]. Виникає необхідність визначення поняття економічної рівноваги — стан економічної системи, при якому пропорції в народному господарстві забезпечують оптимальну узгодженість мети економічного розвитку та доступних ресурсів, попиту та пропозиції, товарних і грошових потоків, накопичення та споживання, збереження та накопичення, інших елементів і показників системи, а головне — відсутність економічних криз.

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Загальною методологічною основою є досвід та теоретичні результати, отримані вітчизняними та зарубіжними вченими: Глушковым В. М., Згуровським М. З., Поспеловим Г. С., Акофтом Р., Эмері Ф., Месаровичем М. Д., Скурихіним В. І., Цвіркуном А. Д., Бурковим В. М., Годлевським М. Д., Петровим Е. Г., Забродським В. А. та ін.

Методологія організації та функціонування, проблеми виробничо-економічних систем промисловості регіону досліджувалися в працях багатьох вітчизняних економістів: Алімова О. М., Амоші О. І., Борщевського П. П., Гейця В. М., Герасимчука М. С., Данилишина Б. М., Дорогунцова С. І., Кухленка О. В., Тарасової Н. В., Хачатурова Т. С., Чумаченко М. Г., Швиданенко Г. О. та ін.

Дослідження циклічності розвитку макроекономічних систем відзначені в роботах М. Д. Кондрат'єва, які підтверджені аналізом історичних фактів, про те, що напівперіоди зростаючих хвиль великих циклів, як правило, збагачені значними соціальними потрясіннями та переворотами в житті суспільства (революції, війни та інше), чим напівперіоди спадаючих хвиль. Світова фінансово-економічна криза (2008–2009 р.р.) підтвердила факт того, що реальна економічна система розвивається циклічно і не може знаходитися в стані рівноваги тривалий час (не більше 50–60 років, згідно теорії великих циклів Кондрат'єва) [3].

Конкурентоспроможність території визначається конкуренто-спроможністю суб'єктів господарювання, що ідентифікуються із певною територією та формується у логічну послідовність понять: конкурентне середовище — конкурентоспроможні економічні суб'єкти господарювання — конкурентна територія [4, 5]. У своїй статті автори дотримуються досить сталого поняття до визначення поняття «конкурентоспроможність території» — це зумовлений економічними, соціальними, природними, політичними та іншими факторами стан території, його окремих товаровиробників на внутрішньому та зовнішньому ринках, який визначається показниками (індикаторами), що адекватно характеризують цей стан та динаміку. Важливим аспектом конкурентоспроможності є забезпечення якості життя мешканців певної території [6, 7].

Процес розробки регіональної стратегії соціально-економічного розвитку території передбачає вибір пріоритетів, що є конкурентними на внутрішніх та зовнішніх ринках. Цей вибір повинен базуватись на результатах діагностики природно-ресурсного потенціалу та оцінки ефективності всього організаційно-економічного механізму функціонування та господарського комплексу території в цілому. Тому програма реалізації стратегії соціально-економічного розвитку території повинна базуватись на тому, що її векторним напрямком є конкурентоспроможність території, а базовим пріоритетом є якість життя населення. Отже, необхідно враховувати фактори, які зумовлюють підвищення конкурентоспроможності та розробляти відповідні організаційно-економічні механізми її забезпечення [8].

Система управління територією є процес оптимізації розвитку складної, соціально-демографічної, економічної, просторової, екологічної складових підсистем, що доцільно представити у вигляді послідовності задач, що формуються за семантичними, методичними та інформаційними ознаками, і пов'язані між собою прямими та зворотними інформаційними різнометровими потоками [9, 10].

Існують різні визначення поняття стійкого розвитку економічної системи. В даному контексті, зокрема, стійкий розвиток економічної системи — безперервний процес створення оптимальної прибуткової взаємодії між усіма елементами із ефективними зв'язками, що дозволяють максимально довго підтримувати життєво важливі параметри діяльності системи на рівноважному рівні, необхідному для досягнення цілей, ефективно та своєчасно протидіяти дії збурень циклів зовнішнього середовища [11–13].

Якщо розглянути поняття стійкого розвитку економічної системи на мезорівні, тобто у регіональному вимірі, стійкість розвитку всієї системи забезпечується за рахунок стійкого розвитку її найменшого елемента (території), з точки зору економічної інтерпретації — конкурентоспроможністю території [14, 15].

## 3. Мета та задачі дослідження

Проведення дослідження ставили за мету ідентифікації основних характеристик функціонування, розрахунку та прогнозування інтегральних показників поведінки об'єктів території у часі, пошук взаємозалежностей їх взаємодії.

- Для досягнення мети вирішуються наступні задачі:
- визначити структуру масиву даних, яких описує стан даної території для побудови стислого, змістовного опису досліджуваних об'єктів;
  - визначення критеріїв якості кінцевої, безкінечної, автоматичної та розмитої класифікації послідовності об'єктів на класи;
  - розглянути застосування алгоритму кусково-лінійної апроксимації прикладних задачах пов'язаних із класифікацією складних взаємозв'язків.

## 4. Матеріали та методи досліджень

Для структурної класифікації параметрів об'єктів системи, які формують конкурентоспроможну територію, застосовують метод апроксимації індуктивних

виробничих функцій об'єктів, що може бути представлений в наближеному вигляді на підставі кусково-лінійної апроксимації елементарних сукупних витратних функції із подальшим їх адитивно-послідовним об'єднанням в єдиний математичний апарат. Сформована індуктивна виробнича функція, на підставі введення похибки, здатна об'єктивно відображати всі необхідні дані для економічного дослідження активного елементу системи. Процедура комплексного оцінювання дає можливість встановити граничні відхилення за певними критеріями. Завдяки визначеності шкали зведення, відносні величини допустимих похибок можуть бути перенесеними на інтегральні показники. Після дозованої апроксимації витратних функцій можна перейти до кусково-лінійного вигляду та використання індуктивної виробничої функції [16].

Основна ідея кускової апроксимації складної залежності полягає в розбитті простору аргументів (вхідних параметрів) на такі області, в межах кожної з яких складну, у всьому просторі, функцію (залежність) можна апроксимувати простими функціями.

### 5. Результати досліджень класифікації об'єктів, що входять до складу інтегральної оцінки території при формуванні стратегії соціально-економічного розвитку

В основі формування стратегії соціально-економічного розвитку території лежить комплексний аналіз всіх можливих параметрів, що сформовані в деякий масив даних, яких описує стан даної території. Тобто маємо  $k$  параметрів (числових, якісних, номінальних, значення яких  $x_j^{(i)}$ , ( $i=1, \dots, k$ ,  $j=1, \dots, n$ ) та визначає цей масив як матрицю даних. В динамічних випадках значення параметрів змінюються у часі  $x_j^{(i)}(t)$ .

Всі об'єкти, що входять до складу інтегральної оцінки території, складають деяку множину  $n$ , що утворюють за своїми властивостями  $N$  класів (об'єкти із близькими якостями попадають в один клас). Кожен об'єкт характеризується набором із  $k$  параметрів  $\{x^1, \dots, x^k\}$ , що достатньо повно відображає властивості об'єктів.

У розглянутому  $k$ -мірному просторі параметрів  $X_i$ -й осі відповідає значення параметра  $x^{(i)}$ , тобто  $j$ -тому об'єкту, в просторі  $X$  відповідає точка  $x_j = (x_j^{(1)}, \dots, x_j^{(k)})$ . Таким чином, близьким у просторі  $X$  точкам будуть відповідати об'єкти із близькими властивостями. Тоді задачу визначення структури об'єктів можна представити як задачу розбиття простору  $X$  характеристик діяльності території на такі  $r$  класів, щоб близькі точки вихідної вибірки даних потрапляли в одну область [17].

Приймаючи до уваги вищезазначені припущення, доцільним являється визначення критерію якості розбиття на класи:

$$R = \sum_{i=1}^j P_i \iint_{A_i A_j} S(x, y) P\left(\frac{x}{j}\right) P\left(\frac{y}{j}\right) dx dy, \quad (1)$$

де  $S(x, y)$  — втрати від віднесення параметрів точок  $x$  та  $y$  до одного класу;  $P(x/j)$  — умовна щільність розподілу ймовірностей у класі  $A_j$ ;  $P_i$  — апіорна ймовірність класу  $A_j$ .

Розглядаючи випадок кінцевої класифікаційної множини точок із квадратичною функцією втрат  $s(x, y) = (x - y)^2$  критерій (1) набуває вигляду середньозваженої дисперсії точок у вищезазначених класах:

$$R(r) = \sum_{j=1}^r \sum_{x_i \in A_j} (x_j - c_j)^2,$$

де  $c_j$  — центр тяжіння точок в класі  $A_j$ .

Важливим являється визначення критеріїв якості класифікації, що базуються на характеристиках середньої близькості точок в класах та середньої близькості (віддаленості) самих класів:  $I = f(I_1, I_2)$ , причому  $I$  має збільшуватися із збільшенням  $I_1$  та зменшуватися із зменшенням  $I_2$ :

$$I_3 = I_1 - qI_2, \quad I_4 = \frac{I_1}{I_2}, \quad I_5 = \frac{I_1 - qI_2}{I_1 - qI_2}, \quad (2)$$

де  $q$  — деяка константа, що корегує різномасштабність величин  $I_1$  та  $I_2$ .

У (2) критерій  $I_1$  — середня за класами міра близькості точок в класах:

$$I_1 = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r K(A_i, A_j),$$

де

$$K(A_i, A_j) = \frac{2}{n_i(n_i - 1)} \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} K(A_i, A_j);$$

критерій  $I_2$  — середня міра близькості (віддаленості) класів один від одного:

$$I_2 = \frac{2}{r(r-1)} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r K(A_i, A_j),$$

де

$$K(A_i, A_j) = \frac{1}{n_i n_j} \sum_{x_i \in A_i} \sum_{x_j \in A_j} K(x_i, x_j).$$

Тут

$$R(x, y) = \frac{1}{1 + \lambda R^p(x, y)},$$

де  $R(x, y)$  — потенційна функція,  $n_i$  — число точок в класі  $A_i$ ,  $\lambda$  та  $p$  — параметри, що налаштовуються. Класифікація тим краще, чим більше  $I_1$  та чим менше  $I_2$ .

Суттєво складним являється випадок безкінечної класифікації послідовності об'єктів, де використовуються рекурентні алгоритми, при яких критерії якості класифікації (екстремум функціоналу) та сам алгоритм формулюється на основі методу потенційних функцій [17].

В просторі  $Z$  критерій якості являється частковим випадком критерію (1) для квадратичної функції витрат (випадок при  $r = 2$ ) (3):

$$K_1 - \int_A (Z - Z_A)^2 P(Z) d_Z + \int_B (Z - Z_B)^2 P(Z) d_Z = \frac{(M^H)^2}{P^A} + \frac{(M^P)^2}{P^B}, \quad (3)$$

де  $Z_A$  та  $Z_B$  — центри класів  $A$  та  $B$  відповідно;  $P(Z)$  — функція щільності розподілу ймовірності появи точок послідовності, що класифікується.

$$M^A = \int_A ZP(Z) d_Z,$$

де  $M^A$  — перший ненормований момент класу  $A$ ,

$$P^A = \int_A ZP(Z) d_Z,$$

де  $P^A$  — апіорна ймовірність класу  $A$  (нульовий ненормований момент).

Аналогічно розраховується відповідні величини класу  $B$ .

В задачах автоматичної класифікації, в загальному формулюванні, досліджується випадок розмитої кваліфікації, коли замість характеристичних функцій класів, вводяться функції приналежності до класу. Розмита класифікація задається  $r$ -мірною вектор-функцією:

$$H(x) = (h_1(x), \dots, h_r(x)),$$

де  $h_i(x)$  — функція приналежності  $x$  до  $i$ -го класу [18].

Функція  $H(x)$  задовольняє наступним умовам:  $H(x) \in L_2(X, P)$ , для будь-якого  $x$  значення  $H(x)$ , тобто  $H(x) \in V \subseteq R^k$ . Шляхом вибору обмеженої множини можна отримати різні типи розмитості, а саме: чітку класифікацію та класифікацію із розмитими межами. Критерій якості класифікації в загальному вигляді (4):

$$\Phi = \Phi_2(\mu(H)), \quad (4)$$

де  $\Phi$  — випуклий функціонал,

$$\mu(H) = (p_i, \mu_i), \quad i = 1, \dots, r.$$

Значна частина відомих критеріїв якості класифікації точок евклідового простору являється окремим випадком функціоналу (4).

Для дослідження виду оптимальної розмитої класифікації використовується поняття опорної розмитої класифікації  $H_F(x)$  для довільного лінійного функціоналу  $F(H) \div H_F(x) = \arg \max(F(x), H)$ .

Виходячи із вищезазначеного результату можна побудувати  $H \in V$  ітераційний алгоритм максимізації функціоналу  $\Phi = \Phi_3$ .  $\Phi_3 = \Phi_3(H)$  — довільний випуклий функціонал від вектор-функції  $H(x)$ . В основу алгоритму включаються два правила: правило надходження опорної класифікації по даному лінійному функціоналу  $F(x)$  та правило знаходження за результатами класифікації функціоналу, який був би субградієнтом вхідного функціоналу.

В більшості задач класифікаційного аналізу є необхідним класифікувати об'єкти, що однаково віддалені від усіх класів (санація може виникнути при грубих помилках спостережень або при неправильно обраному числі класів (зниженому по відношенню до істинної кількості). Для цього вводиться спеціальний клас, в межах якого не враховується близькість об'єктів один до одного, що називається фоновим [19].

При наявності фонового класу розмита класифікація задається вектор-функцією:

$$H(x) = (h_0(x), h_1(x), \dots, h_r(x)),$$

де  $h_0(x)$  — функція приналежності  $x$  до фонового класу.

При дослідженні структуризації із фоновим класом додатково до вищезазначених типів розмитості даних застосовується розмита класифікація із чітким фоновим класом.

В прикладних задачах пов'язаних із апроксимацією складних взаємозв'язків, залежність  $y = f(x)$  має наступну структуру: на фоні деякої, як правило простої залежності  $y = f(x)$  в окремих (аномальних) областях  $B_j^*$  простору  $X$  (необов'язково у всіх), спостерігаються суттєві відхилення від  $f(x)$ . В такому випадку шукану функцію  $F(x)$  доцільно представити як композицію двох функцій — глобальної складової  $f(x)$  та локальної функції відхилення від неї  $F_j^*(x)$  в аномальних областях  $B_j^*$ . В такому випадку апроксимуючу функцію  $F(x)$  доцільно представити у вигляді (5):

$$\tilde{F}(x, \alpha) = f(x, \alpha) + \sum_{j=1}^n \varepsilon_j^*(x) \tilde{F}_j^*(x, \alpha), \quad (5)$$

де  $\varepsilon_j^*$  — характеристична функція аномальної області  $B_j^*$  (приймає значення 1 тільки для точок цієї області). Задача знаходження такої функції формулюється як задача комбінованої кускової апроксимації.

Доцільно відмітити ще один актуальний алгоритм кусково-лінійної апроксимації другого типу, в якому аналізується не тільки відстань областей  $B_j$ , а й відстань локальної регресії  $\tilde{F}(x, \alpha_j)$  в цих областях.

Спочатку за вибірковими значеннями вхідних параметрів простір  $X$  розбивається на  $r_{\text{пошт}}$  областей,

де  $r_{\text{почт}} \geq r$  ( $r$  – експертна оцінка невідомого числа режимів функціонування об'єкту дослідження єдиними обмеженнями для  $r_{\text{почт}}$  є можливість побудови статистично значимої оцінки локальної лінійної регресії  $\bar{F}_j(x, \alpha_j)$  для більшості областей. Ті області, для яких це неможливо здійснити, об'єднуються, виходячи із введеної міри близькості області  $B_i$  та  $B_j$ . Далі розглядається гіпотеза: апроксимації локальної регресії  $\bar{F}_i(x, \alpha_i)$  та  $\bar{F}_j(x, \alpha_j)$  статистично еквівалентні. Якщо гіпотеза підтверджується, то області  $B_i$  та  $B_j$  об'єднуються і, для об'єднаної області, будується апроксимація локальної регресії  $\bar{F}_{ij}(x, \alpha_{ij})$ . У протилежному випадку розглядається наступна пара найближчих областей із використанням відомих критеріїв перевірки гіпотез, а саме критерій Фішера, Ст'юдента,  $\alpha^2$  – (хі-квадрат), критерій  $I_{oy}$  та ін.

Проводиться апроксимація залежності вихідного показника у від вектору вхідних показників вибіркою із  $n$  об'єктів:  $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(k)}) \in X = R^k$ , кожен із яких описується вектором:

$$(y_t, x_t) = (y_t, x_t^{(1)}, \dots, x_t^{(k)}) \in \tilde{X} = R^{k+1}.$$

Задача кусково-лінійної апроксимації полягає у знаходженні такої класифікації  $H = (H_1, \dots, H_r)$  простору  $R^k$ , такого вектору коефіцієнтів  $\tilde{c}_i = (c_i^{(1)}, \dots, c_i^{(k)})$  та констант  $d_i$ , щоб функціонал:

$$I = \sum_{i=1}^r \sum_{x_i \in H_i} [y_t - ((c_i, x_t) + d_i)]^2,$$

приймав мінімальне значення. Класифікацію  $H$  задають через вектор-функцію приналежності  $(h_1(x), \dots, h_r(x))$ . Оптимальна для  $I$  класифікація залежить не тільки від вхідного, а й від вихідного показника, що є неприйнятним для прогнозних моделей.

Для отримання кусково-лінійної апроксимації із розмитістю класифікацією функціонал  $I$  модифікується (6):

$$I_2 = \sum_{i=1}^r \sum_{x_i \in H_i} [y_t - ((c_i, x_t) + d_i)]^2 \varphi(h_i(x)), \quad (6)$$

де  $\varphi(h)$  – монотонно зростаюча функція, що визначає мінімум розмитості оптимальної класифікації.

Можна виділити три типи розмитості:

- 1)  $\varphi_1(h)$  – чітка класифікація;
- 2)  $\varphi_2(h) = (h)^t, t > 1$  – розмита;
- 3)  $\varphi_3(h) = t - \sqrt{t^2 - (2t-1)k}, t > 1$  – із розмитими межами.

Для оптимізації функціоналу (6) використовується загальний алгоритм класифікаційного аналізу даних, що реалізує послідовне використання двоетапної процедури: на першому етапі фіксується вектор-функція  $H(x)$  та для неї знаходиться оптимальне значення коефіцієнтів лінійних моделей  $c_i, d_i$ ; на другому – ці коефіцієнти фіксуються та знаходиться оптимальна вектор-функція  $H(x)$ .

Як і для чіткої класифікації, в процес апроксимації входять не тільки вхідні, а й вихідні показники. Для видалення цього недоліку класифікацію будують по одному набору показників, а апроксимацію в кожному класі – по іншому. Тому, окрім простору вхідних показників  $X$  вводиться простір  $Z = R^3$ , в якому і проводиться класифікація об'єктів, при якій частина показників в просторах  $X$  та  $Z$  можуть бути спільними. Тоді кожен об'єкт описується  $k+s+1$  параметром, тобто вектором  $(y_t, x_t, z_t)$ .

Для критерію якості класифікацій також використовується середньозважена дисперсія в класах. Для простору  $Z$  цей показник виражається як функціонал від еталонів класів  $\alpha_1, \dots, \alpha_r$  та від функцій приналежності  $H(Z)$ :

$$I = \sum_{i=1}^r \sum_{t=1}^n (Z_t - \alpha_i)^2 \varphi(h_i(Z_t)). \quad (7)$$

В даному випадку еталони класів можуть бути довільними точками простору  $Z$ , вектор-функція  $H(Z)$  задовольняє відповідним умовам, а функція  $\varphi$  обирається із  $(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$ . Мінімізація функціоналу (7) проводиться як по класифікації  $H(Z)$ , так і по вибору еталонів класів  $H = (\alpha_1, \dots, \alpha_r)$ : в оптимальному випадку еталон  $i$ -го класу співпадає із центром відповідного класу.

## 6. Обговорення результатів ітераційного алгоритму мінімізації критерію якості класифікації при фіксованому наборі еталонів класів в задачах кусково-лінійної апроксимації

В ітераційному алгоритмі мінімізації функціоналу (7) центральним моментом являється поняття еталонної класифікації. Еталона класифікація це  $H^A(Z) = (h_1^A(z), \dots, h_r^A(z))$ , що забезпечує мінімум критерію якості класифікації при фіксованому наборі еталонів класів  $A = (\alpha_1, \dots, \alpha_r)$ . Якщо визначений вектор  $A = (\alpha_1, \dots, \alpha_r)$ , тоді еталонна класифікація для кожної функції  $\varphi_j(h)$  визначається однозначно.

Якщо є обмеження множини еталонних класифікацій  $Z$ , то задача апроксимації зводиться до мінімізації функціоналу (7), для еталонної класифікації в просторі  $Z$  класифікації  $H(x)$ . Можна представити функціонал (7) у вигляді (8):

$$I_2^A(A, c_i, d_i, i = 1, \dots, r) = \sum_{i=1}^r \sum_{t=1}^n [y_t - ((c_i, x_t) + d_i)]^2 \varphi(h_i^A(Z_t)). \quad (8)$$

Якщо в еталонній класифікації  $\varphi(t) = \varphi_2(t)$  або  $\varphi(t) = \varphi_3(t)$ , то функціонал (8) диференціюється за вільними параметрами. Для його локальної оптимізації можна застосувати градієнтні процедури. Недоліком локальної оптимізації є висока залежність від початкових умов, тому актуальним є розробка методів глобальної оптимізації.

Для  $A = (\alpha_1, \dots, \alpha_r)$  за допомогою методу НМК знаходяться коефіцієнти моделей  $c_i, d_i, i = 1, \dots, r$ , що мінімізують (8). Таким чином, якщо можна перевірити всі групи еталонів класів, то можна знайти глобальний мінімум зворотного функціоналу. Якщо у  $Z$  виділити кінцеву множину  $Z_p = \{\beta_1, \dots, \beta_p\}$ , то еталони можна обирати тільки із  $Z_p$ , тоді число варіантів перебору дорівнює  $p^r$ . В якості множини  $Z_p$  можна обрати реалізацію початкової сукупності  $Z$  [20].

В одномірній еталонній класифікації можуть перекинутися лише сусідні класи. Тому в задачах кусково-лінійної апроксимації корисно результуючу класифікацію проектувати на вихідний параметр  $y$ , що відповідає випадку  $Z = y$ , для якого також можна використовувати алгоритм глобальної оптимізації.

Процедури апроксимації виробничих функцій повинні бути алгоритмізованими. На підставі сформульованих вимог до процедури апроксимації виробничих функцій можна визначити методологічні положення апроксимації: найбільш оптимальним методом апроксимації функцій являється метод кусково-лінійної апроксимації; базовим відрізком лінійної апроксимації повинен бути відрізок функції витрат, що має максимальне значення похідної. У більшості випадків цей відрізок включає лінійну частину апроксимуючої функції сукупних витрат; формування інших відрізків кусково-апроксимуючих функцій повинні відповідати вимогам обмежень на похибку апроксимації всієї виробничої функції, що розподіляється поміж адитивними складовими, та має бути алгоритмізованим у процедурному відношенні.

## 7. Висновки

У даній статті розглянута методологія структурно-класифікаційного аналізу в управлінні конкурентоспроможністю території. Особливу увагу приділено визначенню критеріїв якості класифікації та задачі комбінованої кускової апроксимації.

Однією із важливих питань на регіональному рівні залишається проблема системи державної підтримки інвестиційних проектів, що призводять до збільшення валового регіонального продукту та розвитку регіону, що дозволило сформувати дворівневу стратегію по зменшенню витрат оптимізаційного процесу становлення інвестиційних відносин між потенційними інвесторами та реципієнтами.

## Література

1. Всемирный Банк [Электронный ресурс]. — Режим доступа: \www/URL: <http://www.worldbank.org>.
2. Гордеев, С. С. Устойчивость как свойство экономических систем [Текст] / С. С. Гордеев // Известия ИГЭА. — 2010. — № 3. — С. 34–48.
3. Кондратьев, Н. Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения [Текст] / Н. Д. Кондратьев. — М.: Экономика, 2002. — 767 с.
4. Райко, Г. А. Региональный мониторинг решения задач развития [Текст] / Г. А. Райко, Г. А. Игнатенко // Вісник Донецького національного університету. — 2010. — № 2. — С. 357–365.
5. Райко, Г. О. Прогнозування основних показників стійкості територіальних систем [Текст] / Г. О. Райко, Г. А. Игнатенко // Вестник Херсонского национального технического университета. — 2010. — № 2(38). — С. 64–71.
6. Райко, Г. О. Формалізація завдання розвитку регіону у вигляді задачі часткового дискретного програмування [Текст] /

- Г. О. Райко // Вестник Херсонского национального технического университета. — 2013. — № 1(46). — С. 176–180.
7. Райко, Г. А. Применение коинтеграционного метода в системе управления регионом [Текст] / Г. А. Райко // Проблемы информационных технологий. — 2011. — № 2(012). — С. 88–92.
8. Ансофф, И. Стратегическое управление [Текст]: сокр. пер. с англ. / И. Ансофф. — М.: Экономика, 1989. — 303 с.
9. Негойца, К. Применение теории систем к проблемам управления [Текст] / К. Негойца. — М.: Мир, 1981. — 180 с.
10. Debreu, G. Chapter 15 Existence of competitive equilibrium [Text] / G. Debreu // Handbook of Mathematical Economics. — Elsevier BV, 1982. — P. 697–743. doi:10.1016 / s1573-4382(82)02010-4.
11. Richards, F. J. A Flexible Growth Function for Empirical Use [Text] / F. J. Richards // Journal of Experimental Botany. — 1959. — Vol. 10, № 2. — P. 290–301. doi:10.1093 / jxb/10.2.290.
12. Sabatier, J.-P. Bone mineral acquisition during adolescence and early adulthood: A study in 574 healthy females 10–24 years of age [Text] / J.-P. Sabatier, G. Guaydier-Souquieres, D. Laroche, A. Benmalek, L. Fournier, F. Guillon-Metz, J. Delavenne, et al. // Osteoporosis International. — 1996. — Vol. 6, № 2. — P. 141–148. doi:10.1007/bf01623938.
13. Dieudonne, J. Foundation of Modern Analysis [Text] / J. Dieudonne. — NY: Academic Press, 1960. — 407 p.
14. Медницький, В. Т. О декомпозиции одной задачи оптимального управления [Текст] / В. Т. Медницький, Ю. А. Медницький // Изв. РАН, ТиСУ. — 1995. — № 3. — С. 10–15.
15. Забродский, В. А. Развитие крупномасштабных экономико-производственных систем [Текст] / В. А. Забродский, Н. А. Кизим. — Харьков: Бизнес Информ, 2000. — 72 с.
16. Згуровский, М. З. Роль инженерной науки и практики в устойчивом развитии общества [Текст] / М. З. Згуровский, Г. А. Статюха // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2007. — № 1. — С. 19–38.
17. Рудин, У. Функциональный анализ [Текст] / У. Рудин. — М.: Мир, 1975. — 443 с.
18. Рисс, Ф. Лекции по функциональному анализу [Текст] / Ф. Рисс, Б. Секифальви-Надь. — М.: Мир, 1979. — 592 с.
19. Новиков, Д. А. Макроэкономический анализ и экономическая политика на базе параметрического регулирования [Текст] / Д. А. Новиков, А. А. Ашимов, Б. Т. Султанов, Ж. М. Адиллов, Ю. В. Боровский, Р. М. Нижегородцев, Ас. А. Ашимов. — М.: Издательство физико-математической литературы, 2010. — 284 с.
20. Новиков, Д. А. Курс теории активных систем [Текст] / Д. А. Новиков, С. Н. Петраков. — М.: СИНТЕГ, 1999. — 104 с.

## СТРУКТУРНО-КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ В УПРАВЛЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ТЕРРИТОРИИ

В статье рассмотрена методология структурно-классификационного анализа в управлении конкурентоспособностью территории с акцентом на определение критериев качества классификации, задача комбинированной кусковой аппроксимации. Сформулированы требования к процедуре аппроксимации производственных функций, базовый и другие отрезки линейной функции затрат, требования к ограничениям на прогрешность аппроксимации всей производственной функции и аддитивных составляющих.

**Ключевые слова:** стратегическое управление территорией, устойчивое развитие экономической системы, структурная классификация, кусочно-линейная аппроксимация.

*Райко Галина Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра економічної кібернетики та управління проектами, Херсонський національний технічний університет, Україна, e-mail: rayko.galina@gmail.com.*

*Игнатенко Галина Анатоліївна, старший викладач, кафедра економічної кібернетики та управління проектами, Херсонський національний технічний університет, Україна,  
e-mail: headway35@gmail.com.*

*Райко Галина Александровна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра економічної кібернетики та управління проектами, Херсонський національний технічний університет, Україна.*

*Игнатенко Галина Анатольевна, старший преподаватель, кафедра экономической кибернетики и управления проектами, Херсонский национальный технический университет, Украина.*

*Rajko Halyna, Kherson National Technical University, Ukraine,  
e-mail: rayko.galina@gmail.com.*

*Ignatenko Galyna, Kherson National Technical University, Ukraine,  
e-mail: headway35@gmail.com*

УДК 514.18

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.28090

Петрушевський А. О.

## ГЕОМЕТРИЧНІ АЛГОРИТМИ СТВОРЕННЯ ОРНАМЕНТАЛЬНИХ ЗАПОВНЕНЬ У КОМП'ЮТЕРНОМУ ПРОЕКТУВАННІ ДВОВИМІРНИХ ВІТРАЖІВ

*В роботі окреслено значення орнаментального вітражного заповнення та розглядаються найбільш розповсюджені історичні схеми. Розкрито історичні фактори виникнення техніки вітражу та основні стилістичні особливості в регіонально-історичному контексті. Визначені основні геометричні алгоритми для створення більшості найбільш використовуваних орнаментальних заповнень, необхідних для проектування художнього двовимірного вітражу та засоби їх параметричного налаштування в комп'ютерній технології проектування двовимірних вітражних полотен.*

**Ключові слова:** вітражне полотно, геометричні алгоритми, орнаментальне заповнення, перетин з'єднувального профілю, параметричність.

### 1. Вступ

Коли мова йде про таке поняття, як вітраж, перше, що спадає на думку, це готичні вітражні картини або кольорова феєрія епохи Арт-нуво. Але насправді це особливі випадки, а взагалі, вітраж — це просто віконне полотно, набране зі шматків скла. Причому скла не обов'язково кольорового. Взагалі, вітраж виник не як мистецтво, яким є сьогодні, а через потребу перекрити віконний отвір. В часи Римської імперії не було можливості виготовити листове скло достатнього розміру, але сам матеріал вже виготовляли. Тому був розроблений метод створення вікон з невеличких частин скла, скріплених між собою свинцевим профілем.

З того часу було створено дуже багато стилів збирання віконних полотен, але, на превеликий жаль, в літературі, принаймні сучасній, зовсім відсутні дослідження на цю тему. Мова ведеться не про загальні історичні стилі вітражного мистецтва, а про геометрію збирання орнаментальних віконних полотен, що є складовою дизайну чи навіть декоративно-вжиткового мистецтва. Такі орнаментальні заповнення використовували як самостійно, так і в композиції з фігуративними елементами. В разі створення комп'ютерної технології проектування вітражів, ця інформація набуває великого значення, оскільки повинна міститися у базі даних.

Проаналізуємо цю тему детальніше. На нашу думку, першим стилем, були вікна, зібрані зі скляних кругляків, адже найстаріші взірці були саме такими. І це

абсолютно логічно, зважаючи на засіб їх виготовлення. Першим методом виготовлення плаского скла, був метод обертання шматка майже рідкого гарячого матеріалу на металевій трубі. Таким чином і досі створюють нижню частину келихів ручного виготовлення. Пізніше, коли були винайдені способи виготовлення плаского скла більших розмірів, з'явилися прямокутні малюнки. Переважно між цими двома геометричними формами і розвивались різноманітні стилі збірки вікон. Чому саме ці дві форми? Дуже просто. Вони найбільш зручні для нарізки скла. Але не слід думати, що це обмежувало фантазію. Незважаючи на те, що найпопулярнішими були заповнення з ромбів та прямокутників, існує величезна кількість інших архетипів у найрізноманітніших комбінаціях цих та інших форм.

Вітражне мистецтво не притаманне різним культурам в однаковій мірі, тому і характер орнаменту має національні риси. Визначними центрами були країни північно-західної та західної Європи, зокрема Німеччина, Франція, Англія, Іспанія. Неважко собі уявити, що в Німеччині та Англії домінує орнаментика північних кельто-готських культур. Навпаки, в Іспанії та частково у Франції переважають східні мотиви. Тобто маємо в Британії плетиво, ромби та прямокутники, а на сході частіше зустрічаються зірки, багатокутники та круги. До речі, плетиво було дуже зручним для збирання, оскільки з'єднувальний профіль не може цілком перетинати площину вітражного полотна, а повинен перетинатися з іншими. З одного боку, це необхідно із