

Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці

JEL Classification: C38

УДК 330.4: 332.1

КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ І ТЕОРІЯ НЕЧІТКИХ МНОЖИН У ДОСЛІДЖЕННІ РЕГІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СПОЖИВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Піскунова О. В., Тарасова Л. Г., Осипова О. І.

Анотація. Аналіз регіональних особливостей споживання продуктів харчування є важливою складовою дослідження продовольчої безпеки країни. Для аналізу цих особливостей на основі даних за регіонами за ряд років розроблено динамічні кластерні моделі. Їхня побудова здійснюється аналогічно з динамічними факторними моделями та ґрунтується на застосуванні кластерного аналізу у статистиці окремо для кожного року та узагальненні отриманих результатів за допомогою теорії нечітких множин. Розроблену методику застосовано до аналізу регіональних особливостей у споживанні населенням України базових продуктів харчування. Аналіз динаміки центрів отриманих нечітких кластерів показав, що порівняно з випадком чітких кластерів, отриманих у результаті вирішення задачі в статистиці, середні обсяги споживання за нечіткими кластерами розрізняються більш чітко, особливо це стосується споживання молока та картоплі.

Ключові слова: моделювання, кластерний аналіз, теорія нечітких множин, продовольча безпека, споживання базових продуктів харчування, динаміка регіональних особливостей, регіони України.

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В ИССЛЕДОВАНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Пискунова Е. В., Тарасова Л. Г., Осипова О. И.

Аннотация. Анализ региональных особенностей потребления продуктов питания является важной составляющей исследования продовольственной безопасности страны. Для анализа этих особенностей на основе данных по регионам за ряд лет разработаны динамические кластерные модели. Их построение осуществляется аналогично с динамическими факторными моделями и основывается на применении кластерного анализа в статистике отдельно для каждого года и обобщении полученных результатов с помощью теории нечётких множеств. Разработанная методика применена к анализу региональных особенностей в потреблении населением Украины базовых продуктов питания. Анализ центров полученных нечётких кластеров показал, что по сравнению со случаем чётких кластеров, полученных в результате решения задачи в статистике, средние по нечётким кластерам объёмы потребления различаются более чётко, особенно это касается потребления молока и картофеля.

Ключевые слова: моделирование, кластерный анализ, теория нечётких множеств, продовольственная безопасность, потребление базовых продуктов питания, динамика региональных особенностей, регионы Украины.



CLUSTER ANALYSIS AND FUZZY SETS THEORY IN STUDYING THE REGIONAL DIFFERENCES OF FOOD CONSUMPTION

O. Piskunova, L. Tarasova, O. Osypova

Abstract. Analysis of regional differences of food consumption is an important part of studying the country's food security. To analyze these differences, based on the data by the regions for a number of years, dynamic cluster models have been developed. Building these models is similar to dynamic factor models and is based on the static use of cluster analysis separately for each year and a synthesis of the obtained results by using the theory of fuzzy sets. The developed methodology is applied to the analysis of the regional differences in consumption of basic foods by the population of Ukraine. Analysis of centers of the obtained fuzzy clusters has displayed that compared to the case of clear clustering, obtained as result of static solving of the task, average consumption volumes according to the fuzzy clusters are more clearly differentiated, especially as to consumption of milk and potatoes.

Keywords: modeling, cluster analysis, theory of fuzzy sets, food security, consumption of basic foods, dynamics of regional differences, regions of Ukraine.

Аналіз регіональних особливостей споживання населенням продуктів харчування є важливою складовою дослідження продовольчої безпеки на національному та регіональному рівнях. Зважаючи на актуальність теми, питанням продовольчої безпеки присвячено велику кількість робіт, серед яких можна зазначити праці В. Немченка, О. Забеліної, Ю. Кирилова, Р. Мудрака та О. Материнської [1–6]. Водночас робіт, у яких би ці питання досліджувались на підґрунті емпіричних даних за допомогою математичних методів, набагато менше. Тут можна виокремити низку праць зарубіжних учених Г. Матчаяна та Н. Манго [7–8], де проблеми продовольчої безпеки розглядаються на підґрунті даних анкетування домогосподарств із використанням методів економетричного моделювання. У контексті аналізу регіональних особливостей споживання харчових продуктів представляють інтерес роботи Дж. Дікерсона та Г. Тутунчі [9–10], в яких для дослідження продовольчої безпеки застосовуються методи кластерного аналізу. Динаміку регіональних особливостей у споживанні населенням продуктів харчування за даними по регіонах України на підґрунті методів кластерного аналізу досліджено у роботі [11], де отримано досить стійкі у часі групи регіонів, тісно пов'язані з їх географією та соціально-економічним розвитком.

Слід зазначити, що коли групи регіонів, отримані за методами кластерного аналізу, відображають реально існуючі соціально-економічні і культурно-історичні особливості розвитку регіонів у групах, то виокремлені кластери є стійкими у часі і можуть розглядатися як нечіткі множини, зміни складу яких обумовлені розпливчастістю їхніх меж. У цьому разі доцільним є застосування у дослідженні теорії нечітких множин. Досить поширеним в аналізі соціально-економічного розвитку регіонів є методи нечіткої кластеризації, зокрема метод С-середніх, що застосований, наприклад, у працях Г. Тутунчі, А. Діюби, Р. Селіверстова, Є. Івохіна та В. Громова [10; 12–15]. Ці методи дозволяють отримати нечіткі кластери у результаті вирішення задачі у статистиці за даними одного періоду, водночас бажано дослідити зміни складу кластерів у часі за даними для заданого проміжку часу. З цієї точки зору є цікавим підхід, запропонований у роботі А. Дуброва [16] щодо побудови динамічних (часових) факторних моделей на підґрунті методів факторного аналізу і теорії нечітких множин. За аналогією з динамічною факторною моделлю, здається доцільним побудувати динамічну кластерну модель, яка б дозволила враховувати зміни складу кластерів, отриманих у ході вирішення задачі кластеризації в статистиці.

Метою дослідження є розробка методик побудови динамічних кластерних моделей на підґрунті методів кластерного аналізу і теорії нечітких множин та аналіз динаміки регіональних особливостей у споживанні населенням України продуктів харчування за допомогою розробленої методики.

Методика побудови динамічних кластерних моделей, що пропонується у даному дослідженні, спирається на підхід до побудови динамічних (часових) факторних моделей, представлений у праці [16].

Нехай розглядаються n регіонів, що характеризуються m ознаками X_j ($j = \overline{1, m}$), протягом T років. Для кожного року t за методом кластерного аналізу k -середніх можна розбити множину всіх регіонів на l груп, тобто на l кластерів.

Результати розбиття регіонів на кластери за T років представимо у вигляді матриці \mathbf{P} з елементами $r_i^t = \beta$ ($i = \overline{1, n}$ – номер регіону; $t = \overline{1, T}$ – номер року; $\beta = \overline{1, l}$ – номер кластеру, до якого потрапив регіон i у році t). Таким чином, стовпчик t матриці \mathbf{P} характеризує склад кластерів регіонів у році t , а рядок i – номери кластерів, до яких потрапляв регіон i протягом T років. Через R_i позначимо i -ий регіон.

Нехай задана універсальна множина \mathbf{R} , яка складається з усіх елементів матриці $\mathbf{P} : \mathbf{R} = \{r_i^t\}$, $i = \overline{1, n}$; $t = \overline{1, T}$.

На універсальній множині \mathbf{R} задамо нечіткі множини \mathbf{W}_β ($\beta = \overline{1, l}$) і \mathbf{Z}_{R_i} ($i = \overline{1, n}$) наступним чином.

$$\mathbf{Z}_{R_i} = (\mathbf{R}, \mu_{Z_{R_i}}(r_s^t)), \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де функція належності $\mu_{Z_{R_i}}$ матиме наступний вигляд:

$$\mu_{Z_{R_i}}(r_s^t) = \begin{cases} 1, & s = i, \forall r_i^t \in \mathbf{R}, t = \overline{1, T}, \\ 0, & s \neq i, \forall r_s^t \in \mathbf{R}, t = \overline{1, T}. \end{cases}$$

Іншими словами, ми маємо n нечітких множин \mathbf{Z}_{R_i} , $i = \overline{1, n}$, кожна з яких являє собою відповідний рядок матриці \mathbf{P} з функцією належності для елементів цього рядка, рівних 1, а для всіх інших елементів матриці \mathbf{P} , рівних 0.

Нечіткі множини \mathbf{W}_β , $\beta = \overline{1, l}$, задамо, використовуючи поняття носія нечіткої множини ($\text{supp} \mathbf{W}_\beta$) наступним чином:

$$\text{supp} \mathbf{W}_\beta = \{r_i^t \mid r_i^t = \beta, \mu_{W_\beta}(r_i^t) > 0, \forall r_i^t \in \mathbf{R}, i = \overline{1, n}, t = \overline{1, T}\}. \quad (2)$$

Слід зазначити, що при фіксованому i , але різних t елемент r_i^t міг дорівнювати різним β (регіон i у різні роки міг належати різним кластерам). Тобто протягом t років у матриці \mathbf{P} були можливі деякі флуктуації. Для дослідження цих коливань розглянемо перетин множин \mathbf{Z}_{R_i} ($i = \overline{1, n}$) із множиною \mathbf{W}_β , який позначимо через $\mathbf{W}_\beta \cap \mathbf{Z}_{R_i}$:

$$\mathbf{W}_\beta \cap \mathbf{Z}_{R_i} = \left\{ r_i^t \mid \mu_{W_\beta \cap Z_{R_i}}(r_i^t) \right\}, \quad \mu_{W_\beta \cap Z_{R_i}} = \min(\mu_{W_\beta}(r_i^t), \mu_{Z_{R_i}}(r_i^t)). \quad (3)$$

Для подальшого дослідження розглянемо нечітку множину \mathbf{K}_β , задану на універсальній множині R_i , $i = \overline{1, n}$, яка має наступний вигляд:

$$\mathbf{K}_\beta = \{R_i \mid \mu_{K_\beta}(R_i)\}, \quad (4)$$

де $\mu_{K_\beta}(R_i)$ - функція належності для нечіткої множини \mathbf{K}_β , $\beta = \overline{1, l}$.

Виходячи з постановки задачі, визначимо функцію належності μ_{W_β} для нечітких множин \mathbf{W}_β , $\beta = \overline{1, l}$ наступним чином:

$$\mu_{W_\beta}(r_i^t) = \frac{t_{\beta i}^\alpha}{\sum_{t=1}^T t^\alpha}, \quad (5)$$

де $t_{\beta i}$ - рік, в якому $r_i^t \in \mathbf{W}_\beta$;

α - параметр, за допомогою якого можна «настроювати» функцію належності для роботи з короткими або довгими часовими рядами. Для аналізу структури матриці \mathbf{P} за короткий інтервал часу рекомендується обирати значення α , близьке до 2, для довгих часових рядів доцільно задавати значення α , близьке до 1 [16].

Функція належності для нечіткої множини \mathbf{K}_β ($\beta = \overline{1, l}$) визначається наступним чином:

$$\mu_{K_\beta}(R_i) = \sum_{t_{\beta i}} \mu_{W_\beta \cap Z_{R_i}}(r_i^{t_{\beta i}}). \quad (6)$$

Тоді з урахуванням (5) функцію належності $\mu_{K_\beta}(R_i)$, $\beta = \overline{1, l}$ за ряд років можна подати у такому вигляді:

$$\mu_{K_\beta}(R_i) = \frac{\sum_{t_{\beta i}} t_{\beta i}^\alpha}{\sum_{t=1}^T t^\alpha}. \quad (7)$$

Таблиця 1

Результати кластеризації регіонів України за 2000–2013 рр.

| Регіон | Елементи r_i^t матриці P (номер кластеру, в який потрапив регіон у період t) | | | | | | | | | | | | | | $\mu_{K_1}(R_i)$ | $\mu_{K_2}(R_i)$ | $\mu_{K_3}(R_i)$ |
|-------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|------------------|------------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | | |
| АР Крим | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0,000 | 0,117 | 0,000 |
| Вінницька | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0,282 | 0,697 | 0,021 |
| Волинська | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0,000 | 0 | 0,865 |
| Дніпропетровська | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0,000 |
| Донецька | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0,000 |
| Житомирська | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0,000 | 0 | 0,826 |
| Закарпатська | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0,000 | 0 | 0,865 |
| Запорізька | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,117 | 0,000 |
| Івано-Франківська | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| Київська | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Кіровоградська | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0,206 | 0,540 | 0,254 |
| Луганська | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0,710 | 0,000 |
| Львівська | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| Миколаївська | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0,665 | 0,000 |
| Одеська | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0,185 | 0,000 |
| Полтавська | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0,290 | 0,680 | 0,031 |
| Рівненська | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0,000 | 0 | 0,865 |
| Сумська | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0,000 | 0 | 0,763 |
| Тернопільська | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| Харківська | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0,541 | 0,326 | 0,133 |
| Херсонська | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0,834 | 0,000 |
| Хмельницька | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| Черкаська | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0,718 | 0,000 |
| Чернівецька | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0,000 | 0 | 0,551 |
| Чернігівська | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0,000 | 1 | 0,477 |

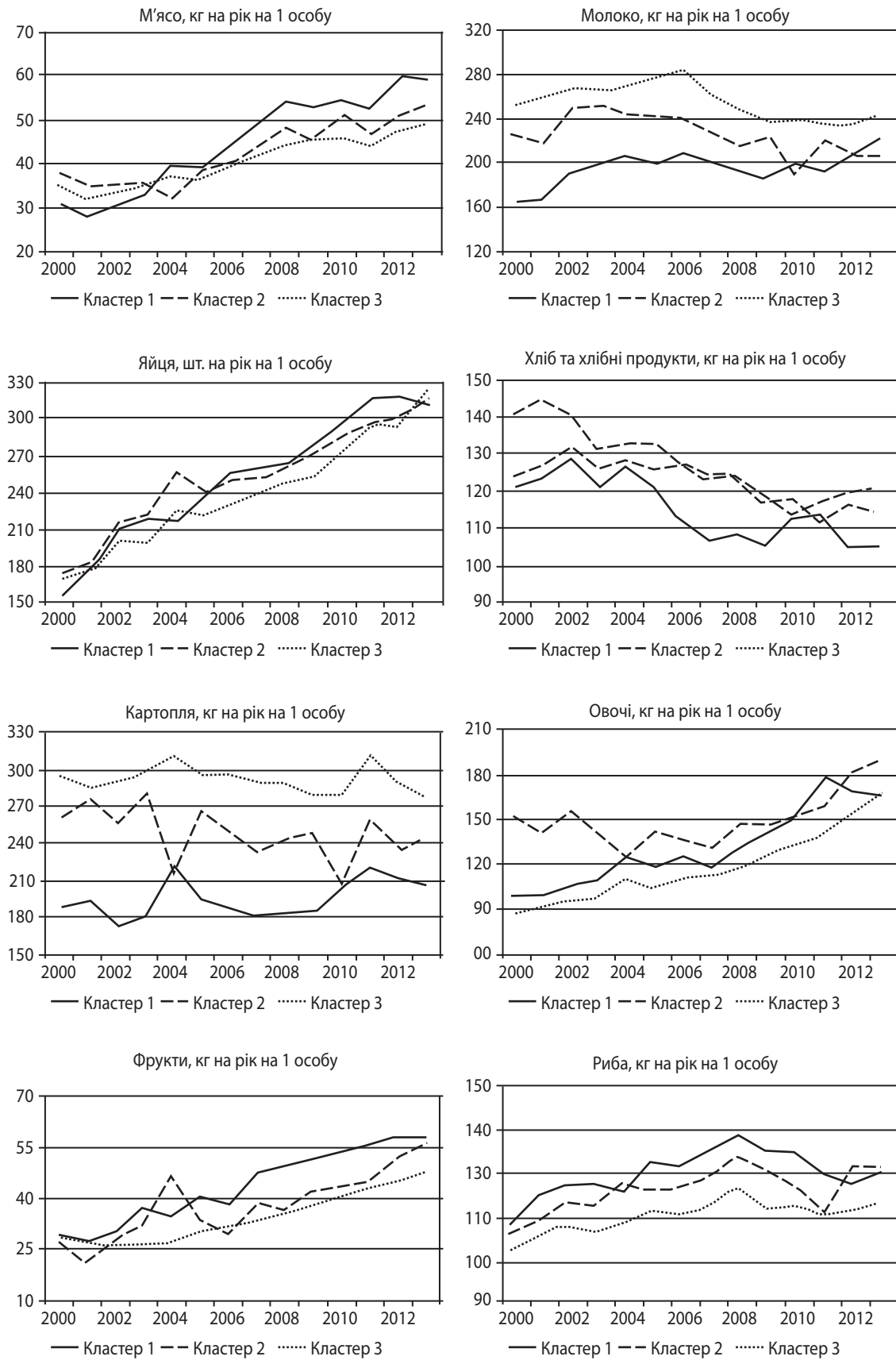


Рис. 1. Динаміка середніх значень \bar{x}_j^β ознак x_j за кластерами регіонів, отриманими у ході вирішення задачі у статистиці

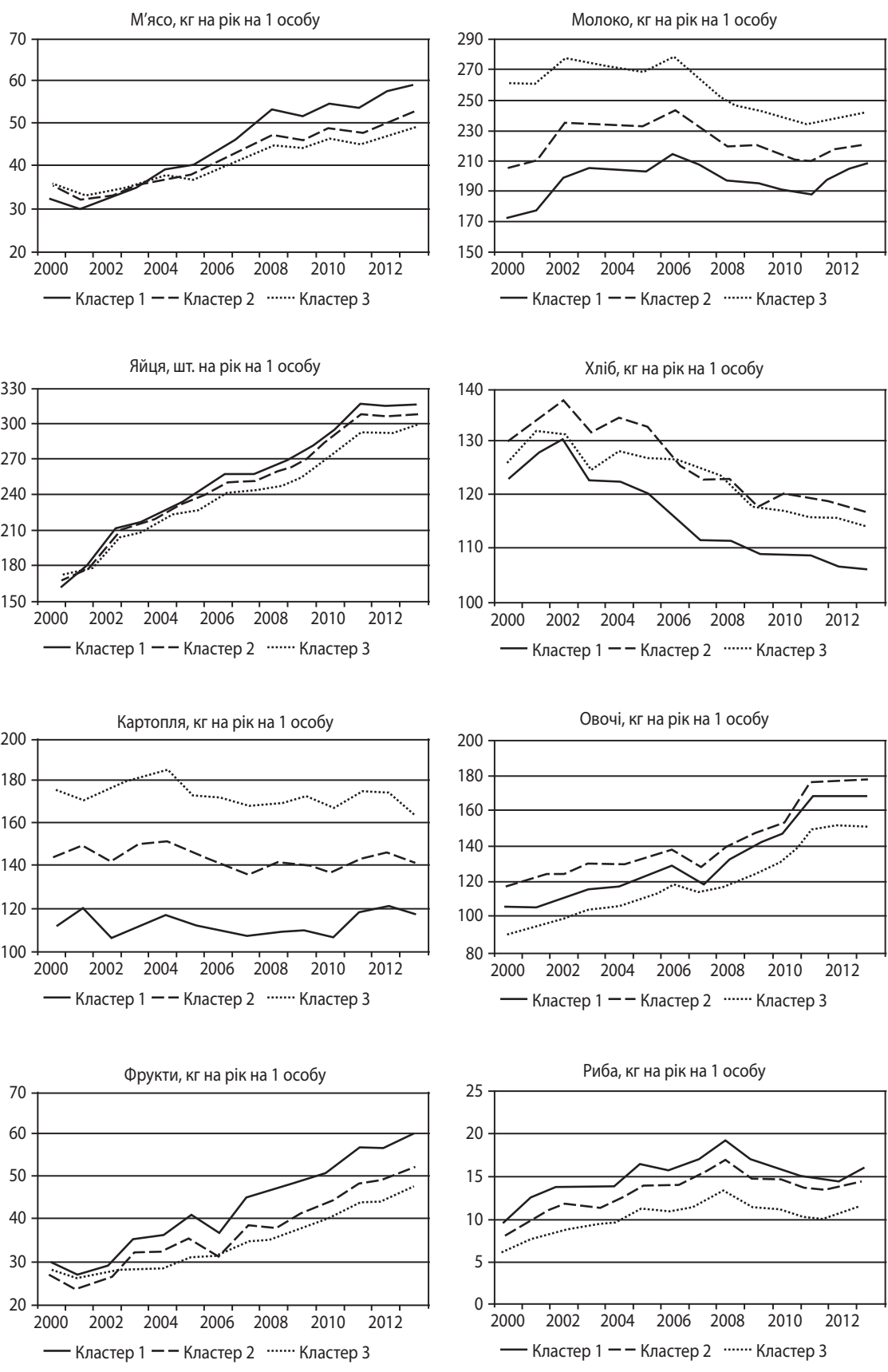


Рис. 2. Динаміка центрів s_j^β нечітких кластерів K_β

Отже, маючи результати розбиття регіонів на k -кластерів за методом k -середніх, отримані для T років, ми отримали k нечітких підмножин $K_\beta = \{R_i \mid \mu_{K_\beta}(R_i)\}$, $\beta = \overline{1, l}$ (l нечітких кластерів регіонів), де функція належності $\mu_{K_\beta}(R_i)$ визначається за формулою (7).

Розглянемо застосування запропонованої методики побудови динамічної кластерної моделі щодо аналізу регіональних особливостей у споживанні населенням України базових продуктів харчування.

Слід зазначити, що набір базових продуктів харчування визначається чинними нормативними актами України і включає наступні продукти: м'ясо та м'ясопродукти в перерахунку на м'ясо, включаючи сало і субпродукти (далі – м'ясо, група 1); молоко і молочні продукти (далі – молоко, група 2); яйця (група 3); хлібні продукти: хліб, макаронні вироби в перерахунку на борошно, борошно, крупи, бобові (далі – хліб або хлібні продукти, група 4); картопля (група 5); овочі та баштанні продовольчі культури (далі – овочі, група 6); плоди, ягоди і виноград без переробки на вино (далі – фрукти, група 7); рибу і рибопродукти (далі – рибу, група 8); цукор (група 9); олія (група 10) [17].

У праці [11] авторів даної статті на основі статистичних даних за регіонами України за 2000–2013 рр. щодо середньодушових обсягів споживання харчових продуктів X_j ($j = \overline{1, 10}$ – номер базової групи продуктів харчування) за методом кластерного аналізу k -середніх регіони України було розбито на 3 кластери. Результати кластеризації наведено у табл. 1, де представлено елементи r_i^t матриці \mathbf{P} (тобто номери кластерів, в які потрапляли регіони у період t , $t = \overline{1, 14}$). Тут періоду $t = 1$ відповідає 2000 р., періоду $t = 2$ – 2001 р., і т. д., періоду $t = 14$ відповідає 2013 р.

Для економічної інтерпретації кластерів було проаналізовано динаміку середніх за кластерами значень \bar{x}_j^β ознак X_j , які для певного періоду t розраховуються за формулою:

$$\bar{x}_j^\beta = \frac{1}{n_\beta} \sum_{i_\beta} x_{i_\beta j}^t, \quad (8)$$

де i_β – номер регіону, що у році t належав кластеру β ;

n_β – кількість регіонів у кластері β у році t ;

$x_{i_\beta j}^t$ – значення ознаки X_j для регіону i_β у році t . Тут і далі для спрощення запису індекс t опущено.

На рис. 1 наведено динаміку за 2000–2013 рр. середніх значень \bar{x}_j^β середньодушових обсягів споживання базових продуктів харчування X_j за кластерами регіонів, отриманими у ході вирішення задачі у статичці. Тут розглянуто споживання харчових продуктів із високим вмістом білка (м'ясо, молоко, яйця, риба) та харчових продуктів із високим вмістом вуглеводів (хлібні продукти, картопля, овочі, фрукти).

Для врахування змін складу кластерів, побудованих для кожного року при вирішенні задачі у статичці, побудуємо динамічну кластерну модель. Для цього за формулою (7) для кожного регіону R_i розрахуємо значення функцій належності $\mu_{K_\beta}(R_i)$ регіонів нечітким кластерам β . Отримані результати представлено у табл. 1.

Проаналізуємо динаміку центрів нечітких кластерів K_β , для чого розрахуємо для кожного року t середні значення c_j^β середньодушових обсягів споживання X_j продуктів харчування j -ої базової групи за нечіткими кластерами K_β . Середнє значення нечіткої множини визначається за формулою [18]:

$$c_j^\beta = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij} \cdot \mu_{K_\beta}(R_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_{K_\beta}(R_i)}. \quad (9)$$

Динаміку центрів c_j^β нечітких множин K_β представлено на рис. 2. Розглянуто ті ж самі базові продукти харчування, що і у випадку чітких кластерів.

Порівнюючи графіки на рис. 1 і рис. 2, можна побачити, що у другому випадку, коли розрахунки виконувались за динамічною кластерною моделлю, середні за кластерами обсяги споживання харчових продуктів розрізняються більш чітко, особливо це стосується споживання молока та картоплі.

Аналіз динаміки регіональних особливостей у споживанні продуктів харчування за даними по регіонах України на підґрунті методу кластерного аналізу k -середніх дозволив виокремити досить стійкі у часі групи регіонів, тісно пов'язані з їх географією та соціально-економічним розвитком. У даному випадку, коли гру-

пи регіонів, отримані за методами кластерного аналізу, відображають реально існуючі соціально-економічні і культурно-історичні особливості розвитку регіонів у групах, кластери є стійкими у часі і можуть розглядатися як нечіткі множини, зміни складу яких обумовлені розпливчастістю їхніх меж. У цьому разі доцільним є застосування у дослідженні теорії нечітких множин.

З цією метою розроблено динамічні кластерні моделі, які дозволяють урахувати зміни складу кластерів, отриманих у ході вирішення задачі кластеризації в статистиці. Побудова моделей здійснюється аналогічно з динамічними факторними моделями та ґрунтується на застосуванні кластерного аналізу у статистиці окремо для кожного року та узагальненні отриманих результатів за допомогою теорії нечітких множин.

Розроблену методику застосовано до аналізу регіональних особливостей у споживанні населенням України базових продуктів харчування. Аналіз динаміки центрів отриманих нечітких кластерів показав, що порівняно з випадком чітких кластерів, отриманих у результаті вирішення задачі в статистиці, середні обсяги споживання за нечіткими кластерами розрізняються більш чітко, особливо це стосується споживання молока та картоплі.

За результатами, отриманими в ході проведення процедури кластеризації на підґрунті розробленої динамічної кластерної моделі, в подальшому планується провести виявлення та аналіз факторів, що впливають на рівень і структуру споживання базових продуктів харчування у виокремлених кластерах.

Література: 1. Немченко В. В. Продовольча безпека України / В. В. Немченко // Збірник наукових праць ВНАУ. Серія «Економічні науки». – 2012. – Т. 2, № 4 (70). – С. 179–183. 2. Забелина О. В. Продовольственная безопасность России и ее регионов / О. В. Забелина // Актуальні проблеми економіки. – 2014. – № 11 (161). – С. 83–91. 3. Кирилов Ю. Є. Механізм забезпечення продовольчої безпеки в умовах глобалізації / Ю. Є. Кирилов // Актуальні проблеми економіки. – 2014. – № 11 (161). – С. 99–107. 4. Мудрак Р. П. Продовольча безпека України в умовах глобалізації / Р. П. Мудрак // Економічний часопис-XXI. – 2013. – № 1–2 (1). – С. 34–37. 5. Мудрак Р. П. Поведінка споживача як чинник продовольчої безпеки домогосподарства / Р. П. Мудрак // Економічний часопис-XXI. – 2014. – № 3–4 (1). – С. 27–30. 6. Материнська О. А. Роль виробництва зернових у розвитку АПК України і формуванні продовольчої безпеки / О. А. Материнська // Економіка розвитку. – 2013. – № 3 (67). – С. 104–106. 7. Matchaya G. Estimating effects of constraints on food security in Malawi: policy lessons from regression quantiles / G. Matchaya, P. Chilonda // Applied econometrics and international development. – 2012. – Vol. 12, No. 2. – P. 165–190. 8. Mango N. Factors influencing household food security among smallholder farmers in the Mudzi district of Zimbabwe / N. Mango, B. Zamasiya, C. Makate, K. Nyikahadzo, S. Siziba // Development Southern Africa. – 2014. – Vol. 31, No. 4. – P. 625–640. 9. Dickerson J. Behavioral cluster analysis of food consumption: associations with comparatively healthier food choices / J. Dickerson, M. Smith, R. Rahn, M. Ory // The Internet Journal of Nutrition and Wellness. – 2012. – Vol. 11, No. 1. 10. Tutunchi H. Using the Hopfield – Fuzzy C Means Algorithm for Clustering of People based on Food Insecurity and Obesity in the Northwest of Iran / H. Tutunchi, A. Ostadrahimi, S. Mahboob, R. Mahdavi, S. Tabrizi // Journal of Applied Sciences and Environmental Management. – 2011. – Vol 15, No. 4. – P. 635–641. 11. Піскунова О. В. Динаміка регіональних особливостей у споживанні харчових продуктів населенням України / О. В. Піскунова, О. І. Осипова // Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка». – 2015. – № 28. 12. Діоба А. В. Імовірно-статистична кластеризація регіонів України за станом забезпечення продуктивної зайнятості / А. В. Діоба // Вісник соціально-економічних досліджень. – 2013. – № 4 (51). – С. 234–239. 13. Селіверстов Р. Нечіткий кластерний аналіз окремих показників соціального розвитку районів Львівської області / Р. Селіверстов // Демократичне врядування. Науковий вісник Львівського регіонального інституту державного управління НАДУ при Президентові України. – 2013. – Вип. 11. 14. Громов В. В. Кластеризация и ее применение для анализа финансово-экономического состояния отрасли растениеводства в регионах РФ / В. В. Громов // Современные технологии управления. – 2013. – № 8 (32). 15. Івохін Є. В. Про кластеризацію даних, представлених сукупністю нечітких множин / Є. В. Івохін, К. О. Косинський // Управління розвитком. – 2007. – № 7. – С. 67–68. 16. Дубров А. М. Многомерные статистические методы: для экономистов и менеджеров / А. М. Дубров, В. С. Мхитарян, Л. И. Трошин. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 350 с. 17. Про продовольчу безпеку : Закон України № 4227-VI від 22.12.2011 року. 18. Орлов А. И. Прикладная статистика / А. И. Орлов. – М. : Экзамен, 2004. – 656 с.

References: 1. Nemchenko V. V. *Prodovolcha bezpeka Ukrainy* [Food security of Ukraine] / V. V. Nemchenko // Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Seriiia "Ekonomichni nauky". – 2012. – Vol. 2, No. 4 (70). – P. 179–183. 2. Zabelina O. V. *Prodovolstvennaya bezopasnost Rossii i yeyo regionov* [Food security of Russia and its regions] / O. V. Zabelina // Aktualni problemy ekonomiky. – 2014. – No. 1 (11). – P. 83–91. 3. Kyrylov Yu. Ye. Mekhanizm zabezpechennia prodovolchoi bezpeky v umovakh hlobalizatsii / Yu. Ye. Kyrylov // Aktualni problemy ekonomiky. – 2014. – No. 11 (161). – P. 99–107. 4. Mudrak R. P. *Prodovolcha bezpeka Ukrainy v umovakh hlobalizatsii* [Ukraine food security in the context of globalization] / R. P. Mudrak // Ekonomichniy chasopys-XXI. – 2013. – No. 1–2 (1). – P. 34–37. 5. Mudrak R. P. *Povedinka spozhyvacha yak chynnyk prodovolchoi bezpeky domohospodarstva* [Consumer behavior as a factor in household food security] / R. P. Mudrak // Ekonomichniy chasopys-XXI. – 2014. – № 3–4 (1). – P. 27–30. 6. Materynska O. A. *Rol vyrobnytstva zernovykh u rozvytku APK Ukrainy i formuvanni prodovolchoi bezpeky* [The role of grain production in Ukraine of agricultural development and food security formation] / O. A. Materynska // Ekonomika rozvytku. – 2013. – № 3 (67). – P. 104–106. 7. Matchaya G. Estimating effects of constraints on food security in Malawi: policy lessons from regression quantiles / G. Matchaya, P. Chilonda // Applied econometrics and international development. – 2012. – Vol. 12,



No. 2. – P. 165–190. **8.** Mango N. Factors influencing household food security among smallholder farmers in the Mudzi district of Zimbabwe / N. Mango, B. Zamasiya, C. Makate, K. Nyikahadzo, S. Siziba // *Development Southern Africa*. – 2014. – Vol. 31, No. 4. – P. 625–640. **9.** Dickerson J. Behavioral cluster analysis of food consumption: associations with comparatively healthier food choices / J. Dickerson, M. Smith, R. Rahn, M. Ory // *The Internet Journal of Nutrition and Wellness*. – 2012. – Vol. 11, No. 1. **10.** Tutunchi H. Using the Hopfield – Fuzzy C Means Algorithm for Clustering of People based on Food Insecurity and Obesity in the Northwest of Iran / H. Tutunchi, A. Ostadrahimi, S. Mahboob, R. Mahdavi, S. Tabrizi // *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. – 2011. – Vol 15, No. 4. – P. 635–641. **11.** Piskunova O. V. *Dynamika rehionalnykh osoblyvostei u spozhyvanni kharchovykh produktiv naseleenniia Ukrainy* [Dynamic of regional peculiarities in food consumption of the Ukrainian population] / O. V. Piskunova, O. I. Osypova // *Naukovi zapysky Natsionalnoho universytetu "Ostrozka akademiia". Serii "Ekonomika"*. – 2015. – № 28. **12.** Dioba A. V. *Imovirnisno-statystychna klasteryzatsiia rehioniv Ukrainy za stanom zabezpechennia produktyvnoi zainiatosti* [Probabilistic-statistical clustering regions of Ukraine as of productive employment] / A. V. Dioba // *Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen*. – 2013. – No. 4 (51). – P. 234–239. **13.** Seliverstov R. Nechitkyi klasternyi analiz okremykh pokaznykiv sotsialnoho rozvytku raioniv Lvivskoi oblasti [Fuzzy cluster analysis of selected indicators of social development districts of Lviv region] / R. Seliverstov // *Demokratychni vriaduvannia. Naukovi visnyk Lvivskoho rehionalnoho instytutu derzhavnoho upravlinnia NADU pry Prezydentovi Ukrainy*. – 2013. – Issue 11. **14.** Gromov V. V. *Klasterizatsiia i yeyo primeneniia dlia analiza finansovo-ekonomicheskogo sostoyaniia otrasli rasteniievodstva v regionakh RF* [Clustering and its application to the analysis of financial and economic condition defined as the branch of plant growing in the Russian regions] / V. V. Gromov // *Sovremennyye tekhnologii upravleniia*. – 2013. – No. 8 (32). **15.** Ivokhin Ye. V. *Pro klasteryzatsiiu danykh, predstavlenykh sukupnistiu nechitkykh mnozhyn* [Clustering of data presented a set of fuzzy sets] / Ye. V. Ivokhin, K. O. Kosynskiy // *Upravlinnia rozvytkom*. – 2007. – № 7. – P. 67–68. **16.** Dubrov A. M. *Mnogomernyye statisticheskiye metody: dlya ekonomistov i menedzherov* [Multivariate statistical techniques : for economists and managers] / A. M. Dubrov, V. S. Mhitaryan, L. I. Troshin. – M. : Finansy i statistika, 2003. – 350 p. **17.** *Pro prodovolchu bezpeku : Zakon Ukrainy No. 4227-VI vid 22.12.2011 roku*. **18.** Orlov A. I. *Prikladnaya statistika* [Applied statistics] / A. I. Orlov. – M. : Ekzamen, 2004. – 656 p.

Інформація про авторів

Піскунова Олена Валеріївна – докт. екон. наук, доцент, професор кафедри економіко-математичного моделювання Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, м. Київ, Україна, 02000, e-mail: episkunova@rambler.ru).

Тарасова Людмила Григорівна – канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри економіко-математичного моделювання Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, м. Київ, Україна, 02000, e-mail: tarasowa777@yandex.ru).

Осіпова Ольга Ігорівна – асистент кафедри економіко-математичного моделювання Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, м. Київ, Україна, 02000, e-mail: osypovaolha1987@gmail.com).

Інформація об авторах

Піскунова Елена Валерьевна – докт. екон. наук, доцент, професор кафедри економіко-математичного моделювання Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, м. Київ, Україна, 02000, e-mail: episkunova@rambler.ru).

Тарасова Людмила Григорьевна – канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри економіко-математичного моделювання Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, м. Київ, Україна, 02000, e-mail: tarasowa777@yandex.ru).

Осіпова Ольга Игоревна – асистент кафедри економіко-математичного моделювання Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, м. Київ, Україна, 02000, e-mail: osypovaolha1987@gmail.com).

Information about the authors

O. Piskunova – Doctor of Sciences in Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Economic and Mathematical Modeling of Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman (54/1 Peremohy Ave., Kyiv, Ukraine, 02000, e-mail: episkunova@rambler.ru).

L. Tarasova – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department of Economic and Mathematical Modeling of Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman (54/1 Peremohy Ave., Kyiv, Ukraine, 02000, e-mail: tarasowa777@yandex.ru).

O. Osypova – Assistant of the Department of Economic and Mathematical Modeling of Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman (54/1 Peremohy Ave., Kyiv, Ukraine, 02000, e-mail: osypovaolha1987@gmail.com).

*Стаття надійшла до ред.
08.05.2015 р.*