УДК 330.44:331.52(043.3)

КЛАСТЕРНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ТРУДОВИМИ РЕСУРСАМИ

© 2015 **КОВАЛЬЧУК Г. К.**

УДК 330.44:331.52(043.3)

Ковальчук Г. К.

Кластерна модель управління трудовими ресурсами

Метою статті є розробка кластерної моделі оцінки трудових ресурсів, яка б дозволила проводити класифікацію регіонів України в залежності від параметрів стану та потенціалу розвитку їх трудових ресурсів. Для визначення функції приналежності регіонального об'єкта до певного класу циклічного розвитку (передкриза, криза, післякриза, норма) обґрунтовано використання нечіткої модифікації стохастичного алгоритму Роббінса-Монро у просторі ортогональних функцій, які генеруються за допомогою рекурентного співвідношення Ерміта. Розроблена кластерна модель оцінки регіональних економічних об'єктів адаптована для визначення циклічного етапу розвитку регіонів України залежно від стану та потенціалу розвитку їх трудових ресурсів. Поверхні розподілу класів відокремлюють кожний клас від кожного, що значно підвищує класифікаційну точність моделі та зменшує область невизначеності класифікації. Врахування на кожному ітераційному кроці рівня визначеності еталонних об'єктів класів суттєво підвищує швидкість збіжності ітераційної процедури Роббінса-Монро. Розроблена кластерна модель дозволяє підвищити оперативність та якість регіонального управління за рахунок диференціації управлінських заходів та використання типових управлінських рішень щодо конкретного етапу розвитку трудових ресурсів, а саме: нормального, передкризового, кризового та післякризового етапів.

***Ключові слова:** кластерна модель, алгоритм Роббінса-Монро, циклічний економічний розвиток, управління трудовими ресурсами*

***Табл.:** 1. **Формул:** 20. **Бібл.:** 8.*

***Ковальчук Ганна Костянтинівна** – кандидат економічних наук, асистент, кафедра менеджменту, Національна металургійна академія України (пр. Гагаріна, 4, Дніпропетровськ, 49600, Україна)*

***Email:** metric@i.ua*

УДК 330.44:331.52(043.3)

Ковальчук А. К. Кластерная модель управления трудовыми ресурсами

Целью статьи является разработка кластерной модели оценки трудовых ресурсов, которая позволила бы проводить классификацию регионов Украины в зависимости от параметров состояния и потенциала развития их трудовых ресурсов. Для определения функции принадлежности регионального объекта к какому-либо классу циклического развития (предкризис, кризис, послекризис, норма) обосновано использование нечеткой модификации стохастического алгоритма Роббинса-Монро в пространстве ортогональных функций, которые генерируются с помощью рекуррентного соотношения Эрмита. Разработанная кластерная модель оценки региональных экономических объектов адаптирована для определения цикличного этапа развития регионов Украины в зависимости от состояния и потенциала развития их трудовых ресурсов. Разделяющие поверхности классов отделяют каждый класс от каждого, что значительно повышает классификационную точность модели и уменьшает область неопределенности классификации. Учитывание на каждом итерационном шаге уровня определенности эталонных объектов классов существенно повышает скорость сходимости итерационной процедуры Роббинса-Монро. Разработанная кластерная модель позволяет повысить оперативность и качество регионального управления за счет дифференциации управленческих мер и использования типовых управленческих решений в отношении конкретного этапа развития трудовых ресурсов, а именно: нормального, предкризисного, кризисного или послекризисного этапов.

***Ключевые слова:** кластерная модель, алгоритм Роббинса-Монро, циклическое экономическое развитие, управление трудовыми ресурсами*

***Табл.:** 1. **Формул:** 20. Библ.: 8.*

***Ковальчук Анна Константиновна** – кандидат экономических наук, ассистент, кафедра менеджмента, Национальная металлургическая академия Украины (пр. Гагарина, 4, Днепропетровск, 49600, Украина)*

***Email:** metric@i.ua*

UDC 330.44:331.52(043.3)

Kovalchuk A. K. A Cluster Model of the Human Resources Management

The article aims to develop a cluster model for evaluation of human resources allowing classification of Ukrainian regions depending on the parameters of condition and potential for development of their human resources. For the purpose of defining the function of the regional object belonging to a certain class of cyclical development (pre-crisis, crisis, post-crisis, normal), the article provides a rationale for utilization of the fuzzy modification of the Robbins-Monro stochastic algorithm in the space of orthogonal functions generated with the aid of the Hermite recurrence relation. The developed cluster model for evaluation of the regional economic objects is adjusted for determination of the cyclical development stage of Ukrainian regions depending on the state and potential for development of their human resources. The dividing surfaces of classes separate one class from another, which significantly increases the classification accuracy of the model and reduces the classification uncertainty area. Taking into account the determinacy level of class prototype objects at each iteration step significantly increases the convergence speed of the Robbins-Monro iteration procedure. The developed cluster model allows increasing the promptness and quality of regional management through differentiation of management measures and use of typical managerial decisions with respect to a specific human resources development stage, namely: normal, pre-crisis, crisis, or post-crisis stages.

***Keywords:** cluster model, Robbins-Monro algorithm, cyclical economic development, human resources management*

***Tabl.:** 1. **Formulae:** 20. **Bibl.:** 8.*

***Kovalchuk Anna K.** – Candidate of Sciences (Economics), Assistant, Department of Management, The National Metallurgical Academy of Ukraine (pr. Gagarina, 4, Dnipropetrovsk, 49600, Ukraine)*

***Email:** metric@i.ua*

Вступ. У сучасних умовах управління трудовими ресурсами потребує суттєвого удосконалення. Для аналізу та вирішення цієї проблеми на відповідному науковому рівні необхідно залучення сучасних економіко-математичних методів та інформаційних технологій. Важливою умовою підвищення ефективності управлінських рішень щодо трудових ресурсів є комплексна багатокритеріальна оцінка їх стану та потенціалу розвитку. Значний внесок у дослідження сфери трудових ресурсів та моделювання ринків праці внесли такі вітчизняні вчені, як В. В. Бирський, В. Близнюк, О. А. Гришнова, І. Ф. Гнибіденко, Т. С. Клебанова, О. В. Ніківорова, В. І. Приймак, У. Садова, Л. Семів та інші [1 – 7]. Разом з тим, у цих дослідженнях була недостатньо врахована циклічність розвитку як ринкової економіки в цілому, так і окремих ринків. Це визначає актуальність розробки моделей, які б ураховували цей фактор в управлінні трудовими ресурсами.

Відповідно до хвильового характеру розвитку складного економічного об'єкта, кластерна модель оцінки повинна визначити конкретну стадію циклічного розвитку трудових ресурсів регіонів, областей та районів України. Це дозволить відповідним інституціям регіонального управління підвищити оперативність та якість своєї діяльності за рахунок диференціації управлінських заходів та використання типових управлінських рішень щодо конкретної стадії розвитку трудових ресурсів, а саме: нормальної, передкризової, кризової або післякризової стадії.

Постановка задачі моделювання кластерізації трудових ресурсів регіональних об'єктів має такий вигляд.

Вихідні данні:

1) Оцінки регіональних економічних об'єктів $Z_j \in Z$, $j = 1,2,...,m$ (регіонів, областей, районів, міст) за станом $F_1(Z_j)$ та потенціалом розвитку $F_2(Z_j)$ трудових ресурсів, тобто їх представлення у нормованому просторі двох інтегральних критеріїв (F_1,F_2). Ця інформація є результатом моделювання рейтингової оцінки трудових ресурсів.
2) Класи оцінок у вигляді чотирьох циклічних етапів розвитку регіональних економічних об'єктів $\{K_l\}_4$. При визначенні цих класів ми враховували такий загальносистемний принцип причинно-наслідкових відношень розвитку складних економічних систем: зміни у стані системи є наслідком накопичення змін у потенціалі її розвитку, тобто стан є статичною, а потенціал – мобільною складовою розвитку системи. Відповідно до цього, необхідно констатувати, що умовою виходу системи із кризи (післякризовий стан) є накопичення потенціалу системи, а умовою і попереднім індикатором погіршення стану системи (передкризовий стан) є зниження її потенціалу.

Клас K_1 ідентифікується як «криза» і характеризується незадовільним поточним станом функціонування трудових ресурсів регіону та недостатнім потенціалом їх розвитку. Клас K_2 ідентифікується як «передкриза» і характеризується відносно задовільним поточним станом функціонування трудових ресурсів, але негативними перспективами їх розвитку у майбутньому (тобто перспективами деградації) у зв'язку з недостатнім потенціалом позитивного розвитку. Клас K_3 ідентифікується як «післякриза» і характеризується високим потенціалом розвитку трудових ресурсів, який, однак, не є ще реалізованим у поточне функціонування. Поточний стан функціонування трудових ресурсів регіонів цього класу кваліфікується як незадовільний. Інтегральна оцінка визначає позитивні перспективи досягнення норми, яка ще не досягнута. Однак послідовна реалізація достатнього потенціалу розвитку дозволить досягти задовільного стану функціонування трудових ресурсів регіону і перейти до класу K_4 «норми». Клас K_4 ідентифікується як «норма» і характеризується як задовільним поточним станом функціонування трудових ресурсів, так і позитивними перспективами їх розвитку, що витікають із наявності достатнього потенціалу розвитку.

Визначені класи частково упорядковані за якістю $\{K_l\}_4:\ K_4 \succ K_3 \propto K_2 \succ K_1$. Так, зрозуміло, що нормальний стан розвитку (клас K_4) найбільш прийнятний. Далі йдуть проміжні етапи «передкризи» (клас K_2) і «післякризи» (клас K_3). Найменш прийнятним є кризовий стан економічного об'єкта (клас K_1).

3) Додаткова інформація про об'єкти $Z_j \in Z$, $j = 1,2,...,m$, критерії стану $F_1(Z_j)$ і потенціалу $F_2(Z_j)$ та класи $\{K_l\}_4$ визначає особливості і формує умови вибору методу кластеризації та адекватного використання результатів моделювання у практиці регіонального управління. Ця інформація визначає такі особливості:

- відсутність детермінованої $I(Z_i) = \{z_i^1, z_i^2, ...\}$, $\forall i = 1,2,...,K$ або ймовірнісної $I(Z_i) = \{p\langle Z_i | z_i^1\rangle, p\langle Z_i | z_i^2\rangle, ...\}$, $\forall i = 1,2,...,K$ додаткової інформації по кожному із класів, наслідком чого є її неповнота та протирічність, потребує застосування нечітких інструментів представлення у вигляді функцій приналежності $\mu\langle Z_i | z\rangle$, $\forall i = 1,2,...,K$ об'єкта z до класу Z_i;
- достатньо високий рівень залежності між інтегрованими критеріями $F_1(Z_j)$ і $F_2(Z_j)$, наслідком чого є нелінійність функцій приналежності $\mu\langle Z_i | z\rangle$, $\forall i = 1,2,...,K$ об'єкта z до класу Z_i;
- лінійна невідокремленість кожного класу Z_i від інших, що потребує застосування найбільш потужного способу розподілення класів, коли кожний клас відділяється від іншого однією «індивідуальною» розподільчою поверхнею $d_{ki}(\vec{z}) = \mu_{ki}(\vec{z}) - \mu_{ik}(\vec{z}) = 0 \quad \forall k,i = 1,2,...,K,\ k \neq i$.

Фрейм вихідних даних класифікаційної моделі оцінювання трудових ресурсів регіональних об'єктів наведено у табл. 1.

Результати моделювання визначають:

1) Поверхні розподілу класів: $d_{ki}(\vec{z}) = \mu_{ki}(\vec{z}) - \mu_{ik}(\vec{z}) = 0 \quad \forall k,i = 1,2,...,K,\ k \neq i$, а саме – аналітичний вигляд функцій приналежності об'єктів $\vec{z} \in Z$ до k-го $\mu_{ki}(\vec{z})$, до i–го $\mu_{ik}(\vec{z})$ класів та значення відповідних коефіцієнтів апроксимації.

Клас кожного регіонального економічного об'єкта $Z_j \in Z$, $j = 1,2,...,m$ (регіони, області, райони, міста) за станом та потенціалом розвитку трудових ресурсів, тобто визначають, на якому циклічному етапі розвитку знаходиться відповідний об'єкт $\left\langle Z_j \Leftrightarrow K_{l_j} \right\rangle, j=1,2,...,m$.

Для визначення аналітичного вигляду функцій приналежності регіональних об'єктів $\vec{z} \in Z$ до класів розвитку трудових ресурсів $\{K_l\}_4$ зробимо перевід класифікації об'єктів $Z=\{z_j\}_M$ із двомірного простору інтегральних критеріїв оцінювання $F=\{F_1(Z), F_2(Z)\}$, у багатомірний D-простір ортогональних функцій $\{\varphi_d(z)\}_D$ (1). Ця формальна трансформація дозволяє вирішити дві принципові проблеми кластер-аналізу регіональних об'єктів: нелінійність функцій приналежності і розподілення (за рахунок нелінійності самих ортогональних функцій $\{\varphi_d(z)\}_D$) та незалежність між собою часткових критеріїв (факторів) кластеризації (ортогональність є спеціальним випадком лінійної незалежності).

Таблиця 1

Фрейм вихідних даних кластерної моделі оцінки

Етапи розвитку (класи)				Логічний опис класів			
				чіткий		нечіткий	
індекс	код	назва	ілюструючий колір	F_1	F_2	F_1	F_2
1	K_1	криза	червоний	0	0	$\min\limits_{j=1.m}\{F_1(Z_j)\}$	$\min\limits_{j=1.m}\{F_2(Z_j)\}$
2	K_2	передкриза	жовтий	1	0	$\max\limits_{j=1.m}\{F_1(Z_j)\}$	$\min\limits_{j=1.m}\{F_2(Z_j)\}$
3	K_3	післякриза	блакитний	0	1	$\min\limits_{j=1.m}\{F_1(Z_j)\}$	$\max\limits_{j=1.m}\{F_2(Z_j)\}$
4	K_4	норма	зелений	1	1	$\max\limits_{j=1.m}\{F_1(Z_j)\}$	$\max\limits_{j=1.m}\{F_2(Z_j)\}$

$$\mu_i(F_1,F_2)=\mu_i(K_i|z_j) \cong \sum_{d=q}^{D} w_{id} \times \varphi_d(F_1(z_j),F_2(z_j)), \quad (1)$$

де $\mu_i(F_1,F_2)=\mu_i(K_i|z_j)$ – функції приналежності об'єкта $z_j \in Z$ до i-го класу;

$F_1(z_j)$ – критерій поточного стану регіональних об'єктів $Z=\{z_j\}_M$;

$F_2(z_j)$ – критерій потенціалу розвитку регіональних об'єктів $Z=\{z_j\}_M$;

$\{K_i\}_4$ – класи розвитку трудових ресурсів (табл. 1);

$\overline{\varphi}(F_1,F_2)=\{\varphi_d(F_1(z_j),F_2(z_j))\}_D$ – система ортогональних функцій;

$d=1,2,...,D$ – індекс ортогональної функції;

w_{id} – ваговий коефіцієнт d-ої ортогональної функції для i-го класу.

Для генерації конкретної системи ортогональних функцій $\{\varphi_d(z)\}_D$ у кластерному аналізі можуть використовуватися ортогональні поліноміальні функції Ерміта, Лежандра або Лагєрра. У випадку вирішення задачі кластеризації регіональних об'єктів за допомогою нечітких функцій приналежності найбільш прийнятною є система функцій Ерміта, тому що вона має необмежений інтервал ортогональності $-\infty < z < +\infty$ та найбільш високу апроксимуючу потужність внаслідок складної вагової функції $U(z)=e^{-z^2}$ при простих початкових умовах $H_0(z)=1, H_1(z)=2z$. Доцільність такого вибору у подальшому було підтверджено результатами комп'ютерного експерименту.

Рекурентне співвідношення Ерміта (2) дозволяє генерувати необмежену послідовність ортогональних функцій однієї змінної F:

$$H_{k+1}(F)-2\cdot F\cdot H_k(F)+2\cdot k\cdot H_{k-1}(F)=0, \quad (2)$$

де $k \geq 1$ – інтервал генерації послідовності ортогональних функцій;

$H_0(F)=1, H_1(F)=2F$ – початкові умови генерації (перша і друга ортогональні функції у послідовності);

F – аргумент (змінна) ортогональних функцій.

Відповідно до (2) маємо таку послідовність ортогональних функцій однієї змінної:

Початкові умови $H_0(F)=1$

$$H_1(F)=2F$$

$$k=1 \;\; H_2(F)=2\cdot F\cdot H_1(F)-2\cdot 1\cdot H_0(F)=4\cdot F^2-2$$

$$k=2 \;\; H_3(F)=2\cdot F\cdot H_2(F)-2\cdot 2\cdot H_1(F)=8\cdot F^3-12\cdot F \quad (3)$$

$$k=3 \;\; H_4(F)=2\cdot F\cdot H_3(F)-2\cdot 3\cdot H_2(F)=16\cdot F^4-48\cdot F^2+12$$

$$\ldots \qquad \ldots$$

Для генерації системи ортогональних функцій $\overline{\varphi}(F_1,F_2)=\{\varphi_d(F_1(z_j),F_2(z_j))\}_D$ у двохмірному просторі системи критеріїв (F_1,F_2), тобто функцій від двох змінних, необхідно визначитися з кількістю членів послідовності (3), які будуть задіяні в апроксимації (1), і зробити повний перебір їх комбінацій із різними змінними (4) – (9):

$$w_1 \Leftrightarrow \quad \varphi_1(\vec{F})=\varphi_1(F_1,F_2)=H_0(F_1)H_0(F_2)=1 \quad (4)$$

$$w_2 \Leftrightarrow \quad \varphi_2(\vec{F})=\varphi_2(F_1,F_2)=H_1(F_1)H_1(F_2)=2F_1 \quad (5)$$

$$w_3 \Leftrightarrow \quad \varphi_3(\vec{F})=\varphi_3(F_1,F_2)=H_0(F_1)H_1(F_2)=2F_2 \quad (6)$$

$$w_4 \Leftrightarrow \quad \varphi_4(\vec{F})=\varphi_4(F_1,F_2)=H_1(F_1)H_1(F_2)=4F_1F_2 \quad (7)$$

$$w_5 \Leftrightarrow \quad \varphi_5(\vec{F})=\varphi_5(F_1,F_2)=H_2(F_1)H_0(F_2)=4F_1^2-2 \quad (8)$$

$$w_6 \Leftrightarrow \quad \varphi_6(\vec{F}) = \varphi_6(F_1,F_2) = H_0(F_1)H_2(F_2) = 4F_2^2 - 2 \quad (9)$$

Шляхом комп'ютерного експерименту було визначено три ортогональні функції Ерміта однієї змінної $H_0(F), H_1(F), H_2(F)$ (3) для апроксимації функцій приналежності регіональних економічних об'єктів (1). Відповідно отримано шість можливих комбінацій функцій двох змінних (4) – (9), підстановка яких у (1) визначає апроксимацію функцій приналежності до класів у вигляді таких кривих другого порядку (10):

$$\begin{aligned}\mu_i(F_1,F_2) = \mu_i(K_i\left|z_j\right.) \cong w_{i1}\times(1) + w_{i2}\times(2F_1) + w_{i3}\times(2F_2) + \\ + w_{i4}\times(4F_1F_2) + w_{i5}\times(4F_1^2 - 2) + w_{i6}\times(4F_1^2 - 2),\end{aligned} \quad (10)$$

де w_{id} – вагові коефіцієнти апроксимації, які потрібно визначити.

Для визначення вагових коефіцієнтів w_{id} ортогональних функцій кожного класу (10) запропоновано мінімаксний критерій абсолютного відхилення (11):

$$J(\bar{w}_i, F_1, F_2) = \max\{\left|\mu_i(F_1,F_2) - \bar{w}_i' \times \bar{\varphi}(F_1,F_2)\right|\} \Rightarrow \min, \quad i = 1,2,3,4 \quad (11)$$

Формальний сенс мінімаксного критерію (11) полягає у тому, що оптимальне значення абсолютного відхилення ступеню приналежності $\mu_i(F_1,F_2) = \mu_i(\vec{F})$ еталонного об'єкта $Z(\vec{F}) = Z(F_1,F_2)$ від апроксимації $\vec{w}_i' \times \bar{\varphi}(F_1,F_2)$ дорівнює нулю, тобто встановлюється при умові $\mu(K_i\left|z_j\right.) = \sum_{d=1}^{6} w_{id}\times\varphi_d(F_1(z_j),F_2(z_j))$ для усіх еталонних об'єктів $\{z_j\}$.

Отже, вагові коефіцієнти $\vec{w}_i$ апроксимації (10) визначаються як корені системи рівнянь (12), де часткові похідні критерію апроксимації (11) по кожному ваговому коефіцієнту прирівнюються нулю (необхідна умова оптимуму (11)):

$$\begin{cases} \dfrac{\partial J(w_{i1},F_1,F_2)}{\partial w_{i1}} = 0 \\ \dfrac{\partial J(w_{i2},F_1,F_2)}{\partial w_{i2}} = 0 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dfrac{\partial J(w_{i6},F_1,F_2)}{w_{i6}} = 0 \quad , \quad i = 1,\dots,4 \end{cases} \quad (12)$$

Система (12) не має аналітичного вирішення, і тому було використано нечіткий аналог стохастичного ітераційного алгоритму Роббінса-Монро [1]:

$$\vec{w}_i(k+1) = \vec{w}_i(k) - \alpha_k \times \left\{\frac{\partial J(\bar{w}_i,F_1,F_2)}{\partial \bar{w}_i}\right\}_{\bar{w}=\bar{w}(k)'}, i = 1,4; k = 1,2,\dots \quad (13)$$

де $k = 1,2,\dots$ – інтервал ітерації;

$k = 1$; $\vec{w}(1) = 0$ – стартові умови роботи алгоритму;

α_k – послідовність додатних чисел, які задовольняють умовам:

$$\lim_{k\to\infty} \alpha_k = 0 \,\&\, \sum_{k=1}^{\infty}\alpha_k = \infty \,\&\, \sum_{k=1}^{\infty}\alpha_k^2 < \infty. \quad (14)$$

У нечіткій інтерпретації, коли замість функції щільності розподілення ймовірностей $\left(\sum_{\forall z_j \in K_i} p(K_i\left|z_j\right.) = 1\right)$ апроксимується функція приналежності $\left(\max_{\forall z_j \in K}\{\mu(K_i\left|z_j\right.)\} = 1\right)$, алгоритм Роббінса-Монро (13) сходиться, тобто дозволяє знайти дійсні корені системи рівнянь (12) $\vec{w}_i$ при умовах:

$$\begin{aligned} &\lim_{k\to\infty} \max\{\left|\vec{w}_i(k) - \vec{w}_i\right|\} = 0 \\ &\mu\left\{\lim_{k\to\infty} \vec{w}_i(k) = \vec{w}_i\right\} = 1 \end{aligned} \quad (15)$$

Часткові похідні критеріїв апроксимації (11) мають вигляд:

$$\frac{\partial J(\bar{w}_i,F_1,F_2)}{\partial \bar{w}_i} = \max\{-\bar{\varphi}(F_1,F_2)\times \mathrm{sgn}[\mu_i(F_1,F_2) - w_i' \times \bar{\varphi}(F_1,F_2)]\} \Rightarrow \min, \quad i = 1,4 \quad (16)$$

де $\mathrm{sgn}(\bullet) = \begin{cases} +1, if\ (\bullet) \geq 0 \\ -1, if\ (\bullet) < 0 \end{cases}$ – функція знаку аргумента.

Підставив часткові похідні (16) в алгоритм Роббінса-Монро (13), маємо ітераційну процедуру визначення вагових коефіцієнтів w_{id} (17):

$$\vec{w}_i(k+1) = \begin{cases} \vec{w}_i(k) + \alpha_k \times \vec{\varphi}(\vec{F}(z_{ij})), if\ \vec{w}_i' \times \vec{\varphi}(\vec{F}(z_{ij})) < \mu_i(\vec{F}(z_{ij})) \\ \vec{w}_i(k) - \alpha_k \times \vec{\varphi}(\vec{F}(z_{ij})), if\ \vec{w}_i' \times \vec{\varphi}(\vec{F}(z_{ij})) \geq \mu_i(\vec{F}(z_{ij})) \end{cases} \quad (17)$$

де $k = 1,2,\dots$ – шаг ітерації;

$k = 1$; $\vec{w}(1) = 0$ – стартові умови роботи алгоритма;

$\alpha_k = \dfrac{\beta(z_{ij})}{k}$ – послідовність додатних чисел, які задовольняють умовам (14);

z_{ij} – j-й еталонний об'єкт i-го класу із функцією приналежності $\mu_i(\vec{F}(z_{ij}))$;

$\beta(z_{ij}) = 1 - S(z_{ij})$ – рівень визначеності ранжування об'єкта z_{ij};

$S(z_{ij})$ – оцінка невизначеності ранжування об'єкта z_{ij}.

Необхідною, слабкою умовою виходу із ітераційної процедури (17) є досягнення можливості відносити економічний об'єкт $\vec{z} \in Z$, який представлено у двомірному просторі інтегральних критеріїв оцінювання $F = \{F_1(Z), F_2(Z)\}$, до класу K_{l_1} з більшою функцією приналежності:

$$\mu_{i_1}(F_1,F_2) > \mu_{i_2}(F_1,F_2) \quad \forall l_1 \neq l_2, \ , i = 1,2,3,4 \quad (18)$$

Параметричною умовою виходу із ітераційної процедури (17) є умова досягнення оптимального значення критерію апроксимації (11) функцій приналежності економічних об'єктів $\vec{z} \in Z$ до класів розвитку трудових ресурсів $\{K_l\}_4$

$$\left|\mu_i(F_1,F_2) - \vec{w}_i' \times \bar{\varphi}(F_1,F_2)\right| \leq \varepsilon, \quad i = 1,2,3,4 \quad (19)$$

де ε – задана похибка апроксимації.

Для визначення поверхонь відокремлення кожного класу i_1 від кожного класу i_2 $d_{i_1 i_2}(\vec{z}) = \mu_{i_1 i_2}(\vec{z}) - \mu_{i_2 i_1}(\vec{z}) = 0 \, \forall i_1, i_2 = 1,2,3,4, \; i_1 \neq i_2$, необхідно за допомогою ітераційної процедури (17) визначити так звані відносні функції приналежності $\mu_{i_1 i_2}(\vec{z})$, $\mu_{i_2 i_1}(\vec{z})$ $\forall i_1, i_2 = 1,2,3,4, \; i_1 \neq i_2$, тобто функції, які визначають ступень приналежності об'єкта до класу i_1 при умові наявності ще тільки одного класу i_2:

$$\mu_{i_1 i_2}(F_1,F_2) = \mu_{i_1 i_2}(K_{i_1} \big| z_j) \cong \bar{w}'_{i_1 i_2} \times \bar{\varphi}(F_1,F_2) \forall i_1, i_2 = 1,2,3,4, \; i_1 \neq i_2 \qquad (20)$$

де $\mu_{i_1 i_2}(F_1,F_2) = \mu_{i_1 i_2}(K_{i_1} \big| z_j)$ – апроксимація функції приналежності об'єкта $\vec{z}$ до класу i_1 при умові наявності тільки одного класу i_2.

У випадку кластеризації регіональних об'єктів (регіони, області, міста, райони України) за станом та потенціалом розвитку трудових ресурсів, маємо:

1) чотири класи $K = 4$ (етапи розвитку трудових ресурсів – криза (1), післякриза (2), передкриза (3) та норма (4), для яких еталонні об'єкти представлено у вигляді нечіткого логічного опису в табл. 1. Координати еталонних об'єктів класів наведено в табл. 1.
2) дванадцять функцій приналежності $\mu_{i_1 i_2}(\vec{z})$, $\mu_{i_2 i_1}(\vec{z}) \, \forall i_1, i_2 = 1,2,3,4, i_1 \neq i_2$ (20) об'єктів до класу i_1 по відношенню до класу $i_2, i_1 \neq i_2$ $(K \times (K-1) = 4 \times 3 = 12)$;
3) шість розподільчих поверхонь $d_{i_1 i_2}(\vec{z}) = \mu_{i_1 i_2}(\vec{z}) - \mu_{i_2 i_1}(\vec{z}) = 0 \;\; \forall i_1, i_2 = 1,2,3,4, \; i_1 \neq i_2$;
4) кожний із класів відокремлено від інших кусочно-нелінійною кривою, яка складається із фрагментів трьох нелінійних розподільчих поверхонь.

Для визначення класу кожного регіонального економічного об'єкта $Z_j \in Z, j = 1,2,...,m$ (регіони, області, райони, міста) за станом та потенціалом розвитку трудових ресурсів, тобто для визначення, на якому циклічному етапі розвитку знаходиться відповідний об'єкт $\left\langle Z_j \Leftrightarrow K_{I_j} \right\rangle, j = 1,2,...,m$, застосовується таке правило класифікації:

$$\vec{z} \in Z_{i_1} \quad if \quad d_{i_1 i_2}(\vec{z}) > 0 \;\; \forall i_1 \neq i_2 .$$

Висновок. Кластерна модель оцінки трудових ресурсів дозволяє проводити класифікацію регіонів України у нормованому просторі інтегральних критеріїв стану та потенціалу розвитку трудових ресурсів і на цій основі диференціювати управлінські заходи залежно від циклічних стадій розвитку трудових ресурсів: норма, передкриза, криза чи післякриза. Це забезпечить суттєве підвищення ефективності управління трудовими ресурсами та збалансованості їх використання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бирський В. В. Моделювання людського потенціалу держави : монографія / В. В. Бирський, В. М. Порохня. – Запоріжжя : КПУ, 2008. – 192 с.
2. Близнюк В. Аналіз ринку праці: регіональний аспект / В. Близнюк // Регіональна економіка. – 2001. – № 2. – С. 27 – 28.
3. Грішнова О. А. Економіка праці та соціально-трудові відносини / О. А. Грішнова. – К. : Знання, 2006. – 559 с.
4. Гнибіденко І. Вплив світової фінансово-економічної кризи на соціальну сферу України / І. Гнибіденко // Економіка України. – 2009. – № 7. – С. 64 – 74.
5. Клебанова Т. С. Модели диагностики состояния регионального рынка труда / Т. С. Клебанова, О. В. Никифорова // Бизнес Информ. – 2009. – № 2. – С. 17 – 21.
6. Приймак В. І. Трудовий потенціал і механізм його реалізації в регіоні / В. І. Приймак. – Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2002. – 383 с.
7. Регіональні ринки праці: аналіз та прогноз / У. Садова, Л. Семів ; [під ред. М. І. Долішнього]. – Львів, 2002. – 264 с.
8. Robbins H. A stochastic approximation method / H. Robbins, S. Monro // Ann. Math. Statist. – 1951. – Vol. 22, № 1. – P. 400 – 407.

REFERENCES

Byrskyi, V. V., and Porokhnia, V. M. Modeliuvannia liudskoho potentsialu derzhavy [Modeling human potential]. Zaporizhzhia: KPU, 2008.

Blyzniuk, V. "Analiz rynku pratsi: rehionalnyi aspekt" [Analysis of the labor market: a regional perspective]. Rehionalna ekonomika, no. 2 (2001): 27-28.

Hrishnova, O. A. Ekonomika pratsi ta sotsialno-trudovi vidnosyny [Labor Economics and Labor Relations]. Kyiv: Znannia, 2006.

Hnybidenko, I. "Vplyv svitovoi finansovo-ekonomichnoi kryzy na sotsialnu sferu Ukrainy" [The impact of the global financial crisis on social Ukraine]. Ekonomika Ukrainy, no. 7 (2009): 64-74.

Klebanova, T. S., and Nikiforova, O. V. "Modeli diagnostiki sostoianiia regionalnogo rynka truda" [Models of diagnosing the state of the regional labor market]. Biznes Inform, no. 2 (2009): 17-21.

Pryimak, V. I. Trudovyi potentsial i mekhanizm ioho realizatsii v rehioni [Labor potential mechanism and its implementation in the region]. Lviv: VTs LNU im. I. Franka, 2002.

Robbins, H. "A stochastic approximation method"Ann. Math. Statist. vol. 22, no. 1 (1951): 400-407.

Sadova, U., and Semiv, L. Rehionalni rynky pratsi: analiz ta prohnoz [Regional labor market analysis and forecast]. Lviv, 2002.