

Ivan V. Zayukov  
Заюков Іван  
Вікторович

УДК 331.1

## **THEORETICAL AND METHODOLOGICAL BASIS OF THE MODELING OF LABOR POTENTIAL OF UKRAINE: FORMATION OF THE KNOWLEDGE BASE**

### **ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ УКРАЇНИ: ФОРМУВАННЯ БАЗИ ЗНАНЬ**

DOI [https://doi.org/10.15589/smi2022.1\(16\).04](https://doi.org/10.15589/smi2022.1(16).04)

Ivan V. Zayukov

Заюков Іван Вікторович,

докт. екон. наук, доцент

Zivan@i.ua

ORCID: 0000-0002-7225-2827

*Vinnitsia Institute of Trade and Economics of the State University of Trade and Economics, Vinnitsia*

*Вінницький торговельно-економічний інститут Державного торговельно-економічного університету, м. Вінниця*

**Abstract.** The relevance of the study is related to the need to solve an important strategic problem of Ukraine – the preservation and development of labor potential. The problem is currently being aggravated not only by destructive processes in the economy, in particular in the labor market, the demographic crisis, the spread of the COVID-19 pandemic, but also by war. The development of state programs in the direction of preservation and development of labor potential should be based on the mechanism of its assessment. It is this that requires the formation of the theoretical and methodological foundations of labor potential modeling. Therefore, the first stage of creating the mentioned mechanism should be the formation of an appropriate knowledge base. The purpose of the article is to develop the theoretical and methodological foundations of creating a database for modeling the labor potential of Ukraine as an important prerequisite for its preservation and development. The hypothesis that integral evaluations are now gaining relevance in measuring the labor potential, in particular in Ukraine, is substantiated. The theoretical and methodological principles of the process of modeling the labor potential of Ukraine have been determined. It is proposed to evaluate the labor potential of Ukraine based on the application of the theory of fuzzy logic. The algorithm for modeling the labor potential of Ukraine is generalized. Specific parameters of the mathematical model of labor potential assessment are proposed and the composition of factors that must be determined during its assessment is given. A tree of logical conclusions of hierarchical relationships of factors was built and terms were determined for assessing the labor potential of Ukraine. An expert modeling mathematical model based on the theory of fuzzy logic is proposed. The structure of this model includes three groups of medical-demographic, socio-economic, and educational factors, which made it possible to form a knowledge base and build a system of fuzzy logic equations for assessing the state of labor potential. Using a system of fuzzy logical equations and performing appropriate mathematical calculations, it is possible to obtain a generalized quantitative value of the assessment of the labor potential of Ukraine. The proposed approach of modeling the labor potential of Ukraine is able to increase the efficiency of the system of state management decisions in the direction of preserving and developing the labor potential, increasing the efficiency of the functioning of the labor market and the economy as a whole.

**Key words:** labor potential; knowledge base; evaluation terms; factors; modeling; fuzzy logic.

**Анотація.** Актуальність дослідження пов'язана із необхідністю вирішення важливої стратегічної проблеми України – збереження і розвиток трудового потенціалу. Проблема нині загострюється не тільки деструктивними процесами в економіці, зокрема на ринку праці, демографічною кризою, протікання пандемії COVID-19, але і війною. В основі розробки державних програм в напрямку збереження і розвитку трудового потенціалу має бути покладений механізм його оцінювання. Саме це вимагає формування теоретико-методологічних основ моделювання трудового потенціалу. Тому на першому етапі створення зазначеного механізму має бути формування відповідної бази знань. Метою статті є розробка теоретико-методологічних основ формування бази даних для моделювання трудового потенціалу України як важливої передумови його збереження і розвитку. Обґрунтовано гіпотезу, що інтегральні оцінки набувають нині актуальності у вимірюванні трудового потенціалу, зокрема України. Визначено теоретико-методологічні засади процесу моделювання трудового потенціалу України. Запропоновано оцінювати трудовий потенціал України на основі застосування теорії нечіткої логіки. Узагальнено алгоритм моделювання трудового потенціалу України. Запропоновано конкретні параметри математичної моделі оцінювання трудового потенціалу та наведено склад факторів, які мають бути визначені при його оцінюванні. Побудовано дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів та визначені терми для оцінки трудового потенціалу України. Запропонована експертно-моделююча математична модель, яка ґрунтується на теорії нечіткої логіки. В структуру даної моделі включаються три групи факторів медико-демографічні, соціально-економічні і освітні, які дозволили сформувати базу знань і побудувати систему нечітких логічних рівнянь для оцінювання стану трудового потенціалу. Використовуючи систему нечітких логічних рівнянь та здійснивши відповідні математичні розрахунки можна отримати узагальнене кількісне значення оцінювання трудового потенціалу України. Запропонований підхід моделювання трудового потенціалу України здатний підвищити ефективність системи державних управлінських рішень в напрямку збереження і розвитку трудового потенціалу, підвищення ефективності функціонування ринку праці та економіки в цілому.

**Ключові слова:** трудовий потенціал; база знань; терми оцінки; фактори; моделювання; нечітка логіка.

## References

- [1] Pyrozhekov, S.S. (2008). Demografichnyj i trudovyj potentsial [Demographic and labor potential]. Kyiv : KNEU. [in Ukraine].
- [2] Bohynia, D.P., Hrishnova O.A. (2001). Osnovy ekonomiky pratsi : navchalnyj posibnyk [Fundamentals of labor economics: a study guide]. Kyiv : Znannia–Pres [in Ukraine].
- [3] Dolishnij, M.I. (1997). Trudovyj potentsial i zajniatist: teoretychni osnovy ta rehionalni osoblyvosti [Labor potential and employment: theoretical foundations and regional features]. Lviv : Instytut rehionalnykh doslidzhen NAN Ukrainy [in Ukraine].
- [4] Plich, L.M. (2006). Trudovyj potentsial Ukrainy ta efektyvnist joho vykorystannia [The labor potential of Ukraine and the effectiveness of its use]. Kyiv, 2006. 223 s. [in Ukraine].
- [5] Kurylo, I.O. (2001). Pro medyko-demografichni chynnyky formuvannia i vidtvorennia trudovoho potentsialu naselennia Ukrainy [About the medical and demographic factors of formation and reproduction of the labor potential of the population of Ukraine]. Ukraina: aspekty pratsi. no 8. pp. 35–42.
- [6] Libanova, E. M. (2007). Smertnist naselennia Ukrainy u trudoaktyvnomu vitsi : monohrafiia [Mortality of the working-age population of Ukraine: monograph]. Kyiv, In-t demohrafii ta sotsialnykh doslidzhen NAN Ukrainy [in Ukraine].
- [7] Onikiienko, V.V. (1998). Osnovni tendentsii formuvannia trudovykh resursiv i zajniatosti naselennia Ukrainy u dovhostrokovij perspektyvi [The main trends in the formation of labor resources and employment of the population of Ukraine in the long term]. Mizhvid. nauk. zb. NAN ta Minpratsi Ukrainy. no. 8. pp. 8–57.
- [8] Shaulska, L. (2005). Umovy rozvytku trudovoho potentsialu [Conditions for the development of labor potential]. Ekonomist. 2005. no 7. pp. 58–62.

- [9] Zaiukov, I.V. (2017). Vplyv sotsialno-ekonomichnogo statusu zajniatykh hromadian Ukrainy na liudskyj kapital zdorovia [The influence of the socio-economic status of employed citizens of Ukraine on the human capital of health]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnogo instytutu*. no 5. pp. 31–37.
- [10] Hrynkevych, S.S. (2006). Formuvannia trudovoho potentsialu: problemy ta napriamy zabezpechennia joho rozvytku [Formation of labor potential: problems and directions of ensuring its development]. *Zb. nauk.-tekhn. pr. Nats. lisotekhnichnogo un-tu Ukrainy*. no 16. pp. 168–171.
- [11] Obukhovska, I.O. (2010). Trudovij potentsial iak definitsiia upravlinskoj katehorii [Labor potential as a definition of a management category]. *Visnyk Khmelnytskoho nats. un-tu*. no 3. pp. 166–168.
- [12] Vasylchenko, V.S. (2005). Upravlinnia trudovym potentsialom : navch. Posibnyk [Management of labor potential: training manual]. Kyiv : KNEU [in Ukraine].
- [13] Zaiukov, I.V. (2019). Samozberezhennia zdorovia zajniatoho naseleння Ukrainy: teoretyko-metodolohichni ta prykladni aspekty zabezpechennia : monohrafiya [Self-preservation of the health of the employed population of Ukraine: theoretical, methodological and applied aspects of provision: monograph]. Vinnytsia : PP «TD Edelveys i K» [in Ukraine].
- [14] Sidorenko, V.V. (2011). Intehralna otsinka trudovoho potentsialu mashynobudivnykh pidpriemstv [Integrated assessment of the labor potential of machine-building enterprises]. *Visnyk Khmelnytskoho nats. un-tu*. no 5. pp. 106–110.
- [15] Chalenko, O.Yu. (2012). Instytutysijna hipoteza pro rynek, transaktsijni vytraty ta poserednytstvo [The Institutional Market Hypothesis, Transaction Costs, and Intermediation]. *Ekonomika Ukrainy: politykoekonomichnyj zhurnal*. 2012. no 12. pp. 30–40.
- [16] Zade, L. (1976). Poniatye linyvystycheskoj peremenoj y ee prymerenye k pryhatyiu pryblizhenykh reshenyj [The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions]. Moskva : Myr [in Ukraine].
- [17] Rotshtejn, A.P. (1999). Yntellektualnye tekhnolohyy ydentyfikatsyy: nechetkaia lohyka, henetycheskye alhorytmy, nejronnye sety [Intelligent identification technologies: fuzzy logic, genetic algorithms, neural networks]. Vinnytsia: UNIVERSUM-Vinnytsia [in Ukraine].
- [18] Sajt zhurnala «Nauchnyj vestnyk Natsyonalnogo hornychnogo unyversyteta» (2022). Harmider, L.D., Taranenko, I.V., Korotka, L.I. & Begma, P.O. (2019). Methodological approach to labor potential assessment based on the use of fuzzy sets theory. *Naukovyi Visnyk Natsionalnogo Hirnychoho Universytetu*. No 6. pp. 144–149.

**Постановка задачі.** Не зважаючи на значний обсяг наукових досліджень, єдина система оцінних показників трудового потенціалу України ще не розроблена. На думку академіка НАН України С. Пирожкова під трудовим потенціалом розуміється сукупність кількісних та якісних характеристик продуктивних сил країни, які сформовані і розвинені в соціальному середовищі [1]. Вітчизняні вчені Д. Богиня [2], І. Бондар [3], О. Грішнова [2], М. Долішній [3], С. Злупко [3], Л. Ільч [4], І. Курило [5], Е. Лібанова [6], В. Онікієнко [7], Л. Шаульська [8] та багато інших під трудовим потенціалом розуміють якісні і кількісні характеристики економічно активного населення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розглядаючи структуру трудового потенціалу вітчизняні вчені виділяють такі його основні складові, зокрема, професійна,

моральна, демографічна, освітня, творча, соціальна, інтелектуальна, кваліфікаційна, організаційна, психофізіологічна, природно-біологічна, організаційна, комунікативна, особистісна, компетентісна тощо. Так, в праці [1] структура трудового потенціалу складається з таких взаємопов'язаних підсистем: соціально-економічної, демографічної та соціально-психологічної. Крім того, структура трудового потенціалу була ґрунтовно досліджена в науковій праці [1].

Порівняльний аналіз і узагальнення існуючих методологічних підходів до оцінки трудового потенціалу України переконує, що і в теоретичному, і в методологічному плані необхідним є проведення глибокої змістовної їх оцінки. Так, основні компоненти трудового потенціалу досліджені в працях [9–12], а методологічним аспектам оцінювання трудового потенціалу за допо-

могою використання якісних і кількісних характеристик, зокрема при цьому використовуючи методи математичного моделювання була приділена увага в працях [13–15].

**Відокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Першим кроком у створенні такої оцінки має бути забезпечення однозначного розуміння того, які елементи, складові, явища розвитку трудового потенціалу підлягають оцінюванню та моделюванню, щоб дати уявлення про його реальний стан як у функціональному, так і в територіальному розрізі. У методології і використанні оцінки виділяють багато підходів. Але важливим, на наш погляд, є рейтингове оцінювання. Неодмінною складовою з упровадження рейтингового оцінювання в різних сферах є розрахунок інтегральних індексів як основи ранжування. Саме інтегральні оцінки набувають великого розповсюдження у оцінюванні і моделюванні трудового потенціалу, зокрема в сфері суднобудування та морської інфраструктури.

**Метою статті** є розробка теоретико-методологічних основ формування бази даних для моделювання трудового потенціалу України як важливої передумови його збереження і розвитку.

**Методи, об'єкт і предмет дослідження.** Оскільки конкретні значення будь-якого показника, як правило, оцінюються не в порівнянні з нормативами або іншими взірцями, то такі оцінки фактично вимірюють не реальний стан, а його диференціацію між регіонами та країнами. У результаті розрахунків інтегральних індексів можна оцінити регіональні розбіжності, але сам по собі такий показник ні про що не свідчить. Не виключаючи наукову й аналітичну цінності таких досліджень, спробуємо оцінити інструментальні засоби рейтингового оцінювання.

Оскільки корисна лише та інформація, яка дозволяє органам влади і суб'єктам економічних відносин приймати ефективні рішення, то рейтинги (як інструмент для прийняття рішень) мають бути складовою певних інформаційно-аналітичних систем. За відсутності регулятивного застосування рейтингових оцінок єдина їхня цінність полягає у достовірності тієї інформації, яку

вони містять для потенційних інвесторів, влади, у тому числі розпорядників бюджетними коштами. Проте ситуація змінюється, якщо рейтинги визначають умови, за яких можуть виділятися бюджетні кошти, надаватися пільги, інвестиції тощо (наприклад, кредитні рейтинги визначають умови, за яких інвестор може купити цінні папери, отримати кредити тощо).

Оцінка відповідності рівня розвитку трудового потенціалу має передбачати розв'язання низки теоретичних і методологічних питань:

- аналіз трудового потенціалу, здійснений на засадах соціологічних опитувань, які характеризують стан його розвитку;
- оцінка відповідності фактичних показників чинним нормативам;
- зіставлення з показниками-взірцями, за які можна вважати нормативи, рекомендовані фахівцями міжнародних організацій (МОП, ВООЗ, МБРР, Проектів ООН тощо) та прийняті в найбільш розвинених соціально орієнтованих економіках світу. Оцінка відповідності показникам розвинених країн може відбуватися через порівняння таких економічних показників, як зростання зайнятості, зменшення безробіття, покращення здоров'я населення.

Отже, потрібно будувати нову концепцію оцінки трудового потенціалу. Нами запропоновано здійснювати таку оцінку на основі використання методів математичного моделювання, а саме теорії «*нечітких множин*».

**Основний матеріал.** При оцінюванні рейтингу трудового потенціалу низка параметрів є недоступною для точного кількісного виміру, тоді вводиться суб'єктивна компонента, що виражається нечіткими оцінками типу «високий», «низький», «середній» тощо. З'являється те, що в науці визначається як лінгвістичний опис і задається так званими функціями належності фактора нечіткій множині. З метою створення експертно-моделювальної системи для багатофакторного аналізу оцінки трудового потенціалу (R) нами був використаний математичний апарат, що базується на теорії нечіткої логіки, яку досліджували відомі вчені [16–18].

– побудова дерева логічного висновку, яке визначить послідовність подальших розрахунків;

1) фазифікація вхідних змінних. Задається терм-множина для оцінки кожної змінної та будуються функції належності кожного терму на дискретній універсальній множині. Використовуючи ці функції та формуючи бази знань, отримуємо аналітичні моделі функцій належності термів та задавання нечітких баз знань для відповідних співвідношень, а також значень всіх вхідних змінних;

2) обчислення значень функцій належності термів – оцінок для всіх змінних, та, згідно із побудованими логічними рівняннями, значень функцій належності для всіх нетермінальних вершин;

3) обчислення значень функцій належності для термів комплексного показника оцінки трудового потенціалу та за допомогою дефазифікації нечіткої множини визначення рангу трудового потенціалу.

Лінгвістичним висловленням мають відповідати отримані нечіткі логічні рівняння на відповідному ієрархічному рівні: системному (R) та запропонованими факторами, які зв'язують функції належності вхідних і вихідних змінних, що обумовлено використанням при їх побудові операцій «max» та «min». Тобто логічні операції «I» (^) та «АБО» (v) над функціями належності замінюються на операції «max» та «min» [16–17]:

$$\mu_{(a)} \wedge \mu_{(b)} = \min [\mu_{(a)}, \mu_{(b)}];$$

$$\mu_{(a)} \vee \mu_{(b)} = \max [\mu_{(a)}, \mu_{(b)}].$$

Розглянутий алгоритм використовує ідею ідентифікації лінгвістичного терма за максимумом функції належності і узагальнює цю ідею на всю матрицю знань. Використовуючи функції належності та відповідні формули, знаходимо аналітичні моделі функцій належності оцінок вхідних змінних для всіх термів. Оскільки бувають випадки, коли максимальні функції належності однакові для двох сусідніх термів і це ускладнює ранжування проектів, для більшої наочності пропонується інтервал змін вхідного параметра – R – розглядати як неперервний

і ранжувати проекти за заданою шкалою [D1 : D2]. Для отримання чіткого числа, що відповідатиме рангу проекту, в цьому інтервалі слід застосовувати операцію дефазифікації, тобто операцію перетворення нечіткої інформації в чітку або кількісну.

Розрахунок нечіткої логічної множини D\* наведений в роботі [17]. Згідно з принципом центра ваги дефазифікація нечіткої множини дає кількісну оцінку D\* – ранг показника комплексної оцінки R при заданих вхідних факторах (формула 1)

$$D^* = (R^*) = \frac{\sum \left[ D_2 + (i-1) \frac{D_1 - D_2}{m-1} \right] \mu^i(D)}{\sum_{i=1}^m \mu^i(D)}, \quad (1)$$

де m – кількість термів змінної D; D', D<sub>2</sub> – нижня та верхня межі діапазону змінної D;  $\mu^i(D)$  – функція належності змінної D нечіткому терму U<sub>i</sub>.

Джерелом одержання бази знань, що моделює взаємозв'язок інтегрального і окремих показників оцінки рейтингу трудового потенціалу (R), є думки експертів, які спеціалізуються в даній сфері. Особливість виразів типу «ЯКЩО – ТО, ІНАКШЕ», які формулюються природною мовою, полягає в тому, що їхня адекватність, на відміну від кількісних моделей, не змінюється при незначних коливаннях вхідних оцінок у той чи інший бік. Сукупність подібних висловлювань є множиною точок у просторі «окремі критерії – інтегральний критерій». За фіксованими лінгвістичними оцінками окремих критеріїв R оцінюється інтегральний критерій.

Експертна оцінка формалізується у вигляді відповідей на питання експертної анкети і передбачає такі варіанти підсумкового висновку експерта (наведемо приклад оцінки R): d1 (або значення потрапляє в інтервал [1–3]) – трудовий потенціал знаходиться на досить низькому рівні; d2 (значення інтервалу [3–4]) – рівень трудового потенціалу можна оцінити як середній; d3 (значення лежить в інтервалі [4–5]) – трудовий потенціал використовується ефективно і є перспективи його подальшого зростання.

Детальніше розглянемо конкретні параметри пропонованої моделі та наведемо склад факторів, які мають бути визначені при оцінюванні  $R$ , який залежить, на нашу думку, від таких факторів:

$$R = f_r = (X, Y, Z), \quad (2)$$

де  $X$  – медико-демографічні фактори впливу;  
 $Y$  – соціально-економічні фактори впливу;  
 $Z$  – освітні фактори впливу.

Медико-демографічні фактори впливу можна подати так:

$$X = f_x(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6), \quad (3)$$

де  $x_1$  – питома вага осіб у працездатному віці, %;

$x_2$  – рівень виробничого травматизму на 100 тис. працюючих, осіб;

$x_3$  – рівень виробничого травматизму зі смертельним наслідком на 100 тис. працюючих, осіб;

$x_4$  – рівень професійного захворювання на 100 тис. працюючих, осіб;

$x_5$  – питома вага працівників, які працюють в умовах, що не відповідають санітарно-гігієнічним нормам, в середньообліковій чисельності працюючих (СОЧП), %;

$x_6$  – питома вага працівників, які були відсутні на роботі через хворобу в СОЧП, %.

Соціально-економічні фактори впливу можна записати:

$$Y = f_y(y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8), \quad (4)$$

де  $y_1$  – рівень зайнятості (населення у віці 16–59 років, %);

$y_2$  – рівень зареєстрованого безробіття, %;

$y_3$  – коефіцієнт обороту в зв'язку зі звільненням, %;

$y_4$  – навантаження на одне вільне робоче місце (вакансію), осіб;

$y_5$  – середня тривалість безробіття, місяців;

$y_6$  – питома вага коштів Фонду соціального страхування на випадок безробіття, які направляються на активну політику зайнятості, %;

$y_7$  – рівень вимушеної неповної зайнятості, %;

$y_8$  – втрати робочого часу, %.

Освітні фактори впливу записані у вигляді:

$$Z = f_z(z_1, z_2), \quad (5)$$

де  $z_1$  – питома вага осіб, які підвищили свою кваліфікацію (у % до СОЧП);

$z_2$  – питома вага працівників з вищою освітою у % до СОЧП.

Оцінювання значень лінгвістичних змінних, що наведені в співвідношеннях (2–5), виконуються за допомогою системи якісних термів, кількість яких для кожної окремої змінної може бути різною. В основі формування бази знань для побудови нечітких логічних рівнянь лежить експертна оцінка фахівців в сфері демографії, економіки праці та соціальної політики. В ході формування бази знань для залежностей 2–5 були оцінені думки викладачів, фахівців та експертів Вінницького регіону та враховані результати досліджень вітчизняних вчених, зокрема провідної наукової установи України в цій сфері Інституту демографії та соціальних досліджень ім. М. В. Птухи НАН України. Алгоритм відповідних процедур щодо опитування групи експертів (за допомогою використання соціологічного методу – анкетування) передбачає: визначення факторів (якісних і кількісних) як лінгвістичних змінних в системі оцінювання трудового потенціалу – визначення термів для оцінювання лінгвістичних змінних – визначення універсальної множини – встановлення нормативних значень для кожної лінгвістичної змінної. Наприклад, для змінної  $x_1$  – «Питома вага осіб у працездатному віці» (з універсальною множиною від 15–75%) – терми для оцінювання такі: «Низька (Н), «Нижче середньої» (Нс); «Середня» (С); «Вища за середню» (вС); «Висока» (В).

Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, які дозволяють оцінити  $R$ , наведено на рис. 1, де коренем дерева є  $R$ , а листями, відповідно, є фактори, що впливають на цей рейтинг: медико-демографічні, соціально-економічні та освітні фактори впливу. Для виявлення ієрархічних зв'язків та факторів ( $X, Y, Z$ ), що впливають на оцінювання рівня трудового потенціалу України ( $R$ ), було запропоновано модель у вигляді «чорної скрині». В якості вхідних сигналів ( $X$ ) вказано низку запитань-тестів (входів), а в якості вихідного сигналу ( $Y$ ) вказано (відповіді). Далі на підставі власного досвіду автора робляться відповідні висновки та будується дерево рішень (рис. 1), формується

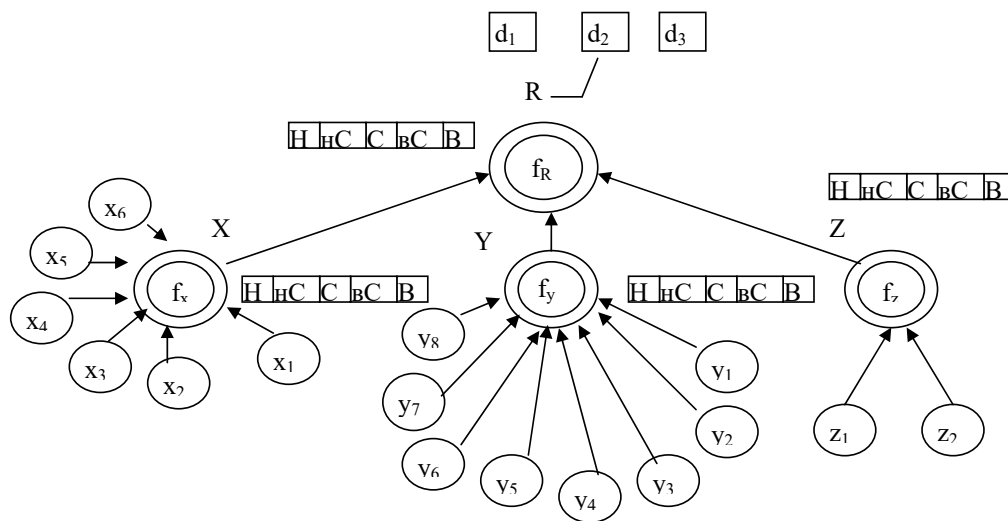
база знань (таблиці 1–4) та нечіткі логічні рівняння.

Для складання нечітких логічних рівнянь задаються бази знань (таблиця 1 – таблиця 4) у вигляді експертних висловлень про

зв'язки нечітких термів вхідних та вихідних лінгвістичних змінних у співвідношеннях (2–5).

Наведемо систему нечітких логічних рівнянь, які базуються на базі знань (таблиця 1):

$$\begin{aligned} \mu_H(R) &= \mu_{Hx} \wedge \mu_{Hy} \wedge \mu_{Hz} \vee \mu_{Hx} \wedge \mu_{Hy} \wedge \mu_{Hz} \vee \mu_{Hx} \wedge \mu_{Hy} \wedge \mu_{Hz} \\ \mu_{Hc}(R) &= \mu_{Hcx} \wedge \mu_{Hcy} \wedge \mu_{Hcz} \vee \mu_{Hcx} \wedge \mu_{Hcy} \wedge \mu_{Hcz} \vee \mu_{Hcx} \wedge \mu_{Hcy} \wedge \mu_{Hcz} \\ \mu_C(R) &= \mu_{Ccx} \wedge \mu_{Ccy} \wedge \mu_{Ccz} \vee \mu_{Ccx} \wedge \mu_{Ccy} \wedge \mu_{Ccz} \vee \mu_{Ccx} \wedge \mu_{Ccy} \wedge \mu_{Ccz} \\ \mu_{Bc}(R) &= \mu_{Bcx} \wedge \mu_{Bcy} \wedge \mu_{Bcz} \vee \mu_{Bcx} \wedge \mu_{Bcy} \wedge \mu_{Bcz} \vee \mu_{Bcx} \wedge \mu_{Bcy} \wedge \mu_{Bcz} \\ \mu_B(R) &= \mu_{Bcx} \wedge \mu_{Bcy} \wedge \mu_{Bcz} \vee \mu_{Bcx} \wedge \mu_{Bcy} \wedge \mu_{Bcz} \vee \mu_{Bcx} \wedge \mu_{Bcy} \wedge \mu_{Bcz} \end{aligned}$$



**Рис. 1.** Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів де Н, нС, С, вС, В – терми для оцінки (відповідно: Н – «низький рівень», нС – «Вище середнього рівня», С – «Середній рівень», вС – «Вище середнього рівня», В – високий рівень.

Джерело: побудовано автором.

**Таблиця 1.** Бази знань і системи нечітких логічних рівнянь для залежності 2

| ЯКЩО                                   |   |                            | ТО                                       |
|--|---|----------------------------|--|
| Медико-демографічні фактори впливу (X) | Соціально-економічні фактори впливу (Y) | Освітні фактори впливу (Z) | Рейтинг трудового потенціалу України (R) |
| 1                                      | 2                                       | 3                          | 4  |
| Низькі (Н)                             | Низькі (Н)                              | Низькі (Н)                 |  |
| Низькі (Н)                             | Низькі (Н)                              | Нижчі середнього (нС)      | Низький (Н)                              |
| Низькі (Н)                             | Нижчі середнього (нС)                   | Нижчі середнього (нС)      |  |
| Нижчі середнього (нС)                  | Нижчі середнього (нС)                   | Нижчі середнього (нС)      |  |
| Нижчі середнього (нС)                  | Нижчі середнього (нС)                   | Нижчі середнього (нС)      | Нижчий середнього (нС)                   |
| Нижчі середнього (нС)                  | Нижчі середнього (нС)                   | Середні (С)                |  |
| Нижчі середнього (нС)                  | Середні (С)                             | Середні (С)                |  |
| Середні (С)                            | Середні (С)                             | Середні (С)                | Середній (С)                             |
| Середні (С)                            | Вищі середнього (вС)                    | Вищі середнього (вС)       |  |
| Середні (С)                            | Вищі середнього (вС)                    | Вищі середнього (вС)       |  |
| Середні (С)                            | Вищі середнього (вС)                    | Вищі середнього (вС)       | Вищий середнього (вС)                    |
| Вищі середнього (вС)                   | Вищі середнього (вС)                    | Вищі середнього (вС)       |  |
| Вищі середнього (вС)                   | Вищі середнього (вС)                    | Вищі середнього (вС)       |  |
| Вищі середнього (вС)                   | Високі (В)                              | Високі (В)                 | Високий                                  |
| Високі (В)                             | Високі (В)                              | Високі (В)                 |  |

Джерело: побудовано автором.

Система нечітких логічних рівнянь, які базуються на базі знань (таблиця 2):

Таблиця 2. Бази знань і системи нечітких логічних рівнянь для залежності 3

| ЯКЩО  |   |  |   |  |   | ТО                                      |
|---|---|--|---|--|---|---|
| Питома вага осіб у працездатному віці, %, (x <sub>1</sub> ) | Рівень виробничого травматизму на 100 тис. працюючих, (x <sub>2</sub> ) | Рівень виробничого травматизму зі смертельним наслідком на 100 тис. працюючих, (x <sub>3</sub> ) | Рівень професійного захворювання на 100 тис. працюючих, (x <sub>4</sub> ) | Питома вага працівників, які працюють в умовах, що не відповідають санітарно-гігієнічним нормам в середньообліковій чисельності працюючих (СОЧП), %, (x <sub>5</sub> ) | Питома вага працівників, які були відсутні на роботі через хворобу в СОЧП, %, (x <sub>6</sub> ) | Медико-демографічні фактори впливу, (X) |
| 1   | 2   | 3  | 4   | 5  | 6   | 7                                       |
| Низька (Н)  | Вище середнього (Вс)  | Високий (В)  | Високий (В)   | Висока (В)   | Висока (В)  | Низькі (Н)                              |
| Низька (Н)  | Вище середнього (Вс)  | Високий (В)  | Високий (В)   | Висока (В)   | Висока (В)  |   |
| Нижче середньої (Нс)  | Вище середнього (Вс)  | Високий (В)  | Високий (В)   | Висока (В)   | Висока (В)  |   |
| Нижче середньої (Нс)  | Вище середнього (Вс)  | Високий (В)  | Високий (В)   | Висока (В)   | Висока (В)  | Нижче середнього (Нс)                   |
| Нижче середньої (Нс)  | Вище середнього (Вс)  | Високий (В)  | Високий (В)   | Висока (В)   | Висока (В)  | Середній (С)                            |
| Середній (С)  | Вище середнього (Вс)  | Високий (В)  | Високий (В)   | Висока (В)   | Висока (В)  |   |
| Середній (С)  | Середній (С)  | Високий (В)  | Високий (В)   | Висока (В)   | Висока (В)  |   |
| Середній (С)  | Середній (С)  | Середній (С)   | Середній (С)  | Висока (В)   | Висока (В)  | Середній (С)                            |
| Вище середнього (Вс)  | Середній (С)  | Середній (С)   | Середній (С)  | Середня (С)  | Середня (С)   |   |
| Вище середнього (Вс)  | Нижче середнього (Нс)   | Середній (С)   | Низький (Н)   | Середня (С)  | Низька (Н)  |   |
| Вище середнього (Вс)  | Нижче середнього (Нс)   | Низький (Н)  | Низький (Н)   | Середня (С)  | Низька (Н)  | Вище середнього (Вс)                    |
| Висока (В)  | Нижче середнього (Нс)   | Низький (Н)  | Низький (Н)   | Низька (Н)   | Низька (Н)  |   |
| Висока (В)  | Низький (Н)   | Низький (Н)  | Низький (Н)   | Низька (Н)   | Низька (Н)  |   |
| Висока (В)  | Низький (Н)   | Низький (Н)  | Низький (Н)   | Низька (Н)   | Низька (Н)  | Високий (В)                             |
| Висока (В)  | Низький (Н)   | Низький (Н)  | Низький (Н)   | Низька (Н)   | Низька (Н)  |   |
| Висока (В)  | Низький (Н)   | Низький (Н)  | Низький (Н)   | Низька (Н)   | Низька (Н)  |   |

Джерело: побудовано автором.

$$\begin{aligned} \mu_N(X) &= \mu_{N(x_1)} \wedge \mu_{Vc(x_2)} \wedge \mu_{B(x_3)} \wedge \mu_{B(x_4)} \wedge \mu_{B(x_5)} \wedge \mu_{B(x_6)} \vee \mu_{N(x_1)} \wedge \mu_{Vc(x_2)} \wedge \\ &\mu_{B(x_3)} \wedge \mu_{B(x_4)} \wedge \mu_{B(x_5)} \wedge \mu_{B(x_6)} \vee \mu_{Nc(x_1)} \wedge \mu_{Vc(x_2)} \wedge \mu_{B(x_3)} \wedge \mu_{B(x_4)} \wedge \mu_{B(x_5)} \wedge \mu_{B(x_6)}; \\ \mu_{Nc}(X) &= \mu_{Nc(x_1)} \wedge \mu_{Vc(x_2)} \wedge \mu_{B(x_3)} \wedge \mu_{B(x_4)} \wedge \mu_{B(x_5)} \wedge \mu_{B(x_6)} \vee \mu_{Nc(x_1)} \wedge \mu_{Vc(x_2)} \wedge \\ &\mu_{B(x_3)} \wedge \mu_{B(x_4)} \wedge \mu_{B(x_5)} \wedge \mu_{B(x_6)} \vee \mu_{C(x_1)} \wedge \mu_{Vc(x_2)} \wedge \mu_{B(x_3)} \wedge \mu_{B(x_4)} \wedge \mu_{B(x_5)} \wedge \mu_{B(x_6)}; \\ \mu_C(X) &= \mu_{C(x_1)} \wedge \mu_{C(x_2)} \wedge \mu_{B(x_3)} \wedge \mu_{B(x_4)} \wedge \mu_{B(x_5)} \wedge \mu_{B(x_6)} \vee \mu_{C(x_1)} \wedge \mu_{C(x_2)} \wedge \\ &\mu_{C(x_3)} \wedge \mu_{C(x_4)} \wedge \mu_{B(x_5)} \wedge \mu_{B(x_6)} \vee \mu_{Vc(x_1)} \wedge \mu_{C(x_2)} \wedge \mu_{C(x_3)} \wedge \mu_{C(x_4)} \wedge \mu_{C(x_5)} \wedge \mu_{C(x_6)}; \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \mu_{Bc}(X) &= \mu_{Bc(x1)} \wedge \mu_{Hc(x2)} \wedge \mu_{C(x3)} \wedge \mu_{H(x4)} \wedge \mu_{C(x5)} \wedge \mu_{H(x6)} \vee \mu_{Bc(x1)} \wedge \mu_{Hc(x2)} \wedge \\ &\mu_{H(x3)} \wedge \mu_{H(x4)} \wedge \mu_{C(x5)} \wedge \mu_{H(x6)} \vee \mu_{B(x1)} \wedge \mu_{Hc(x2)} \wedge \mu_{H(x3)} \wedge \mu_{H(x4)} \wedge \mu_{H(x5)} \wedge \mu_{H(x6)}; \\ \mu_B(X) &= \mu_{B(x1)} \wedge \mu_{H(x2)} \wedge \mu_{H(x3)} \wedge \mu_{H(x4)} \wedge \mu_{H(x5)} \wedge \mu_{H(x6)} \vee \mu_{B(x1)} \wedge \mu_{H(x2)} \wedge \\ &\mu_{H(x3)} \wedge \mu_{H(x4)} \wedge \mu_{H(x5)} \wedge \mu_{H(x6)} \vee \mu_{B(x1)} \wedge \mu_{H(x2)} \wedge \mu_{H(x3)} \wedge \mu_{H(x4)} \wedge \mu_{H(x5)} \wedge \mu_{H(x6)}. \end{aligned}$$

Система нечітких логічних рівнянь, які базуються на базі знань (таблиця 3):

Таблиця 3. Бази знань і системи нечітких логічних рівнянь для залежності 4

| ЯКЩО  |   |   |  |   |   |  |  | ТО                           |
|---|---|---|--|---|---|--|--|------------------------------|
| Рівень зайнятості (% до населення у віці 16-59 років), %, (Y <sub>1</sub> ) | Рівень зареєстрованого безробіття, %, (Y <sub>2</sub> ) | Коефіцієнт обороту у зв'язку зі звільненням, %, (Y <sub>3</sub> ) | Навантаження на одне вільне робоче місце (вакансію), осіб, (Y <sub>4</sub> ) | Середня тривалість безробіття, місяців, (Y <sub>5</sub> ) | Питома вага коштів Фонду на випадок безробіття на активну пошуку зайнятості, %, (Y <sub>6</sub> ) | Рівень вимушеної неповної зайнятості, %, (Y <sub>7</sub> ) | Втрати робочого часу, %, (Y <sub>8</sub> ) | Соціально-економічні фактори |
| Низький (Н)   | Високий (В)   | Високий (В)   | Високе (В)   | Вище середнього (Вс)                                      | Низька (Н)  | Високий (В)  | Високі (В)                                 | Низькі (Н)                   |
| Низький (Н)   | Високий (В)   | Вище середнього (Вс)  | Високе (В)   | Вище середнього (Вс)                                      | Низька (Н)  | Високий (В)  | Високі (В)                                 |                              |
| Низький (Н)   | Вище середнього (Вс)                                    | Вище середнього (Вс)  | Високе (В)   | Вище середнього (Вс)                                      | Низька (Н)  | Високий (В)  | Високі (В)                                 |                              |
| Низький (Н)   | Вище середнього (Вс)                                    | Вище середнього (Вс)  | Вище середнього (Вс)   | Вище середнього (Вс)                                      | Низька (Н)  | Високий (В)  | Високі (В)                                 | Нижче середнього (Нс)        |
| Нижче середнього (Нс)   | Вище середнього (Вс)                                    | Вище середнього (Вс)  | Вище середнього (Вс)   | Вище середнього (Вс)                                      | Середня (С)   | Високий (В)  | Середні (С)                                |                              |
| Нижче середнього (Нс)   | Вище середнього (Вс)                                    | Середній (С)  | Вище середнього (Вс)   | Вище середнього (Вс)                                      | Середня (С)   | Високий (В)  | Середні (С)                                |                              |
| Нижче середнього (Нс)   | Середній (С)  | Середній (С)  | Середнє (С)  | Вище середнього (Вс)                                      | Середня (С)   | Високий (В)  | Середні (С)                                | Середні (С)                  |
| Середній (С)  | Середній (С)  | Середній (С)  | Середнє (С)  | Середня (С)   | Середня (С)   | Середній (С)   | Середні (С)                                |                              |
| Середній (С)  | Нижче середнього (Нс)                                   | Нижче середнього (Нс)   | Середнє (С)  | Середня (С)   | Середня (С)   | Середній (С)   | Середні (С)                                | Вище середнього (Вс)         |
| Середній (С)  | Нижче середнього (Нс)                                   | Нижче середнього (Нс)   | Середнє (С)  | Середня (С)   | Середня (С)   | Середній (С)   | Середні (С)                                |                              |
| Середній (С)  | Нижче середнього (Нс)                                   | Нижче середнього (Нс)   | Нижче середнього (Нс)  | Нижче середнього (Нс)                                     | Середня (С)   | Низький (Н)  | Низькі (Н)                                 |                              |
| Вище середнього (Вс)  | Нижче середнього (Нс)                                   | Нижче середнього (Нс)   | Нижче середнього (Нс)  | Нижче середнього (Нс)                                     | Висока (В)  | Низький (Н)  | Низькі (Н)                                 | Високі(В)                    |
| Вище середнього (Вс)  | Нижче середнього (Нс)                                   | Нижче середнього (Нс)   | Нижче середнього (Нс)  | Низька (Н)  | Висока (В)  | Низький (Н)  | Низькі (Н)                                 |                              |
| Вище середнього (Вс)  | Низький (Н)   | Низький (Н)   | Низьке (Н)   | Низька (Н)  | Висока (В)  | Низький (Н)  | Низькі (Н)                                 |                              |
| Високий (В)   | Низький (Н)   | Низький (Н)   | Низьке (Н)   | Низька (Н)  | Висока (В)  | Низький (Н)  | Низькі (Н)                                 |                              |

$$\begin{aligned} \mu_H(Y) = & \mu_{H(y1)} \wedge \mu_{B(y2)} \wedge \mu_{B(y3)} \wedge \mu_{B(y4)} \wedge \mu_{Bc(y5)} \wedge \mu_{H(y6)} \wedge \mu_{B(y7)} \wedge \mu_{B(y8)} \vee \\ & \vee \mu_{H(y1)} \wedge \mu_{B(y2)} \wedge \mu_{Bc(y3)} \wedge \mu_{B(y4)} \wedge \mu_{Bc(y5)} \wedge \mu_{H(y6)} \wedge \mu_{B(y7)} \wedge \mu_{B(y8)} \vee \\ & \vee \mu_{H(y1)} \wedge \mu_{Bc(y2)} \wedge \mu_{Bc(y3)} \wedge \mu_{B(y4)} \wedge \mu_{Bc(y5)} \wedge \mu_{H(y6)} \wedge \mu_{B(y7)} \wedge \mu_{B(y8)}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{Hc}(Y) = & \mu_{H(y1)} \wedge \mu_{Bc(y2)} \wedge \mu_{Bc(y3)} \wedge \mu_{Bc(y4)} \wedge \mu_{Bc(y5)} \wedge \mu_{H(y6)} \wedge \mu_{B(y7)} \wedge \mu_{B(y8)} \vee \\ & \vee \mu_{Hc(y1)} \wedge \mu_{Bc(y2)} \wedge \mu_{Bc(y3)} \wedge \mu_{Bc(y4)} \wedge \mu_{Bc(y5)} \wedge \mu_{C(y6)} \wedge \mu_{B(y7)} \wedge \mu_{C(y8)} \vee \\ & \vee \mu_{Hc(y1)} \wedge \mu_{Bc(y2)} \wedge \mu_{C(y3)} \wedge \mu_{Bc(y4)} \wedge \mu_{Bc(y5)} \wedge \mu_{C(y6)} \wedge \mu_{B(y7)} \wedge \mu_{C(y8)}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_C(Y) = & \mu_{Hc(y1)} \wedge \mu_{C(y2)} \wedge \mu_{C(y3)} \wedge \mu_{C(y4)} \wedge \mu_{Bc(y5)} \wedge \mu_{C(y6)} \wedge \mu_{B(y7)} \wedge \mu_{C(y8)} \vee \\ & \vee \mu_{C(y1)} \wedge \mu_{C(y2)} \wedge \mu_{C(y3)} \wedge \mu_{C(y4)} \wedge \mu_{C(y5)} \wedge \mu_{C(y6)} \wedge \mu_{C(y7)} \wedge \mu_{C(y8)} \vee \\ & \vee \mu_{C(y1)} \wedge \mu_{Hc(y2)} \wedge \mu_{Hc(y3)} \wedge \mu_{C(y4)} \wedge \mu_{C(y5)} \wedge \mu_{C(y6)} \wedge \mu_{C(y7)} \wedge \mu_{C(y8)}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{Bc}(Y) = & \mu_{C(y1)} \wedge \mu_{Hc(y2)} \wedge \mu_{Hc(y3)} \wedge \mu_{C(y4)} \wedge \mu_{C(y5)} \wedge \mu_{C(y6)} \wedge \mu_{C(y7)} \wedge \mu_{C(y8)} \vee \\ & \vee \mu_{C(y1)} \wedge \mu_{Hc(y2)} \wedge \mu_{Hc(y3)} \wedge \mu_{Hc(y4)} \wedge \mu_{Hc(y5)} \wedge \mu_{C(y6)} \wedge \mu_{H(y7)} \wedge \mu_{H(y8)} \vee \\ & \vee \mu_{Bc(y1)} \wedge \mu_{Hc(y2)} \wedge \mu_{Hc(y3)} \wedge \mu_{Hc(y4)} \wedge \mu_{Hc(y5)} \wedge \mu_{B(y6)} \wedge \mu_{H(y7)} \wedge \mu_{H(y8)}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_B(Y) = & \mu_{Bc(y1)} \wedge \mu_{Hc(y2)} \wedge \mu_{Hc(y3)} \wedge \mu_{Hc(y4)} \wedge \mu_{H(y5)} \wedge \mu_{B(y6)} \wedge \mu_{H(y7)} \wedge \mu_{H(y8)} \vee \\ & \vee \mu_{Bc(y1)} \wedge \mu_{H(y2)} \wedge \mu_{H(y3)} \wedge \mu_{H(y4)} \wedge \mu_{H(y5)} \wedge \mu_{B(y6)} \wedge \mu_{H(y7)} \wedge \mu_{H(y8)} \vee \\ & \vee \mu_B(y1) \wedge \mu_{H(y2)} \wedge \mu_{H(y3)} \wedge \mu_{H(y4)} \wedge \mu_{H(y5)} \wedge \mu_{B(y6)} \wedge \mu_{H(y7)} \wedge \mu_{H(y8)}. \end{aligned}$$

Система нечітких логічних рівнянь, які базуються на базі знань (таблиця 4):

Таблиця 4. Бази знань і системи нечітких логічних рівнянь для залежності 5

| ЯКЩО   |  | ТО                    |
|--|--|-----------------------|
| Питома вага осіб, які підвищили свою кваліфікацію (у % до СОЧП), (z <sub>1</sub> ) | Питома вага працівників з вищою освітою у % до СОЧП, (z <sub>2</sub> ) | Освітні фактори       |
| Низька (Н)   | Низька (Н)   | Низькі (Н)            |
| Низька (Н)   | Низька (Н)   |                       |
| Низька (Н)   | Низька (Н)   |                       |
| Низька (Н)   | Низька (Н)   |                       |
| Середня (С)  | Низька (Н)   | Нижче середнього (Hc) |
| Середня (С)  | Низька (Н)   |                       |
| Середня (С)  | Середня (С)  | Середні (С)           |
| Середня (С)  | Висока (В)   |                       |
| Середня (С)  | Висока (В)   |                       |
| Висока (В)   | Висока (В)   | Вище середнього (Bc)  |
| Висока (В)   | Висока (В)   |                       |
| Висока (В)   | Висока (В)   | Високі (В)            |
| Висока (В)   | Висока (В)   |                       |
| Висока (В)   | Висока (В)   |                       |

Джерело: побудовано автором.

$$\mu_H(Z) = \mu_{H(z1)} \wedge \mu_{H(z2)} \vee \mu_{H(z1)} \wedge \mu_{H(z2)} \vee \mu_{H(z1)} \wedge \mu_{H(z2)};$$

$$\mu_{Hc}(Z) = \mu_{H(z1)} \wedge \mu_{H(z2)} \vee \mu_{C(z1)} \wedge \mu_{H(z2)} \vee \mu_{C(z1)} \wedge \mu_{H(z2)};$$

$$\mu_C(Z) = \mu_{C(z1)} \wedge \mu_{H(z2)} \vee \mu_{C(z1)} \wedge \mu_{C(z2)} \vee \mu_{C(z1)} \wedge \mu_{B(z2)};$$

$$\mu_{Bc}(Z) = \mu_{C(z1)} \wedge \mu_{B(z2)} \vee \mu_{B(z1)} \wedge \mu_{B(z2)} \vee \mu_{B(z1)} \wedge \mu_{B(z2)};$$

$$\mu_B(Z) = \mu_{B(z1)} \wedge \mu_{B(z2)} \vee \mu_{B(z1)} \wedge \mu_{B(z2)} \vee \mu_{B(z1)} \wedge \mu_{B(z2)}.$$

Детальніше розглянемо побудову функцій належності на прикладі фактора  $x_1$  – «Питома вага осіб у працездатному віці, %». Для лінгвістичної оцінки фактора  $x_1$  використовується множина нечітких термів («низька», «нижче середньої», «середня», «вище середньої», «висока»). Універсальна множина, на якій задається параметр  $x_1$ ,  $U_{(x_1)} = (15-75)\%$ . Матриця, що відображає парні порівняння різних значень питомої ваги осіб у працездатному віці з точки зору їх близькості до терма «низька», має такий вигляд:

$$A^H(x_1) = \begin{matrix} & U_1 & U_2 & U_3 & U_4 & U_5 \\ \begin{matrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \\ U_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 7/9 & 5/9 & 3/9 & 1/9 \\ 9/7 & 1 & 5/7 & 3/7 & 1/7 \\ 9/5 & 7/5 & 1 & 3/5 & 1/5 \\ 9/3 & 7/3 & 5/3 & 1 & 1/3 \\ 9 & 7 & 5 & 3 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Елементи останнього рядка даної матриці визначались експертним шляхом, решта

елементів – відповідно до правил, наведених в роботі [16], де також наведений розрахунок ступеня належності елементів  $u_1, \dots, u_5$  терму «низька» ( $\mu(u_i)$ ), значення яких наведено в таблиці 3.1. Аналогічно будуються матриці парних порівнянь для решти термів, кінцеві результати ступенів належності елементів до яких для фактора ( $x_1$ ) також наведені в таблиці 5.

Отримані результати функцій належності нормуються шляхом ділення на найбільший ступінь належності. В результаті цього фактор «Питома вага осіб у працездатному віці» поданий у вигляді різних нечітких множин. Наведемо приклад розрахунку для терма «низька»:

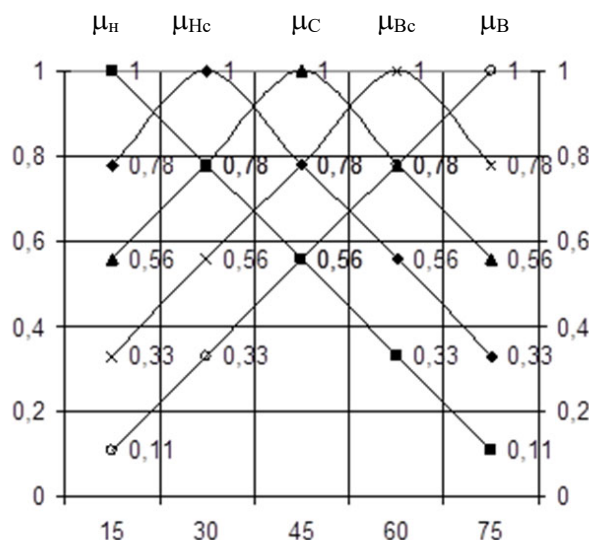
$$\left( \frac{1}{15}; \frac{0,78}{30}; \frac{0,56}{45}; \frac{0,33}{60}; \frac{0,11}{75} \right)$$

Приклад функцій належності параметра  $x_1$  – «Питома вага осіб у працездатному віці» наведений на рис. 2.

**Таблиця 5.** Ступені належності елементів до термів

| Ступені належності елементів до термів (фактор $x_1$ ) | Елементи |       |       |       |       |
|--|----------|-------|-------|-------|-------|
|  | $u_1$    | $u_2$ | $u_3$ | $u_4$ | $u_5$ |
| $\mu$  | 0,36     | 0,28  | 0,20  | 0,12  | 0,04  |
| $\mu$  | 0,226    | 0,29  | 0,226 | 0,161 | 0,097 |
| $\mu$  | 0,152    | 0,212 | 0,273 | 0,212 | 0,152 |
| $\mu$  | 0,097    | 0,161 | 0,226 | 0,29  | 0,226 |
| $\mu$  | 0,04     | 0,12  | 0,20  | 0,28  | 0,36  |

Джерело: авторські розрахунки.



**Рис. 2.** Функції належності параметра  $x_1$  – «Питома вага осіб у працездатному віці»

Джерело: авторські розрахунки.

Розрахунок нечіткої логічної множини  $D^*$  наведений в роботі [16] для показника комплексної оцінки рейтингу трудового потенціалу в заданій точці факторного простору. Тоді згідно з принципом центра ваги дефазифікація нечіткої множини дає кількісну оцінку  $D^*$  – ранг показника комплексної оцінки рейтингу трудового потенціалу при заданих вхідних факторах (формула 1). Фрагмент розрахунку аналітичних моделей функцій належності параметра  $x_1$  – «Питома вага осіб у працездатному віці» наведений в таблиці 6.

#### Обговорення отриманих результатів.

З метою визначення реального стану ефективності використання трудового потенціалу України (ТПУ), його збереження і розвитку була запропонована експертно-моделююча математична модель, яка ґрунтується на тео-

рії нечіткої логіки. В структуру даної моделі включаються три групи факторів медико-демографічні, соціально-економічні і освітні, які дозволили сформувати базу знань і побудувати систему нечітких логічних рівнянь для оцінювання стану ТПУ.

**Висновки.** Використовуючи систему нечітких логічних рівнянь та здійснивши відповідні математичні розрахунки можна отримати узагальнене кількісне значення оцінювання трудового потенціалу України. Запропонований підхід моделювання трудового потенціалу України здатний підвищити ефективність системи державних управлінських рішень в напрямку збереження, розвитку трудового потенціалу, підвищення ефективності функціонування ринку праці та економіки в цілому.

**Таблиця 6.** Параметри рівнянь моделей функцій належності на рівні медико-демографічних факторів впливу

| Фактор впливу | $\mu_T(U^*)$   | $U^* \in (U_i, U_{i+1})$ |           | $\mu_T(U^*) \in (m_i, m_{i+1})$ |             | $\mu_T(U^*) = (a U^* + b) / c$ |       |    |
|---------------|----------------|--------------------------|-----------|---------------------------------|-------------|--------------------------------|-------|----|
|               |                | $U_i$                    | $U_{i+1}$ | $\mu_i$                         | $\mu_{i+1}$ | a                              | b     | c  |
| $X_1$         | $\mu_{H(x1)}$  | 15                       | 30        | 1                               | 0,78        | -0,22                          | 18,3  | 15 |
|               |                | 30                       | 45        | 0,78                            | 0,56        | -0,22                          | 18,3  | 15 |
|               |                | 45                       | 60        | 0,56                            | 0,33        | -0,23                          | 18,75 | 15 |
|               |                | 60                       | 75        | 0,33                            | 0,11        | -0,22                          | 18,15 | 15 |
|               | $\mu_{HC(x1)}$ | 15                       | 30        | 0,78                            | 1           | 0,22                           | 8,4   | 15 |
|               |                | 30                       | 45        | 1                               | 0,78        | -0,22                          | 21,6  | 15 |
|               |                | 45                       | 60        | 0,78                            | 0,56        | -0,22                          | 21,6  | 15 |
|               |                | 60                       | 75        | 0,56                            | 0,33        | -0,23                          | 22,2  | 15 |
|               | $\mu_{C(x1)}$  | 15                       | 30        | 0,56                            | 0,78        | 0,22                           | 5,1   | 15 |
|               |                | 30                       | 45        | 0,78                            | 1           | 0,22                           | 5,1   | 15 |
|               |                | 45                       | 60        | 1                               | 0,78        | -0,22                          | 24,9  | 15 |
|               |                | 60                       | 75        | 0,78                            | 0,56        | -0,22                          | 24,9  | 15 |
|               | $\mu_{Bc(x1)}$ | 15                       | 30        | 0,33                            | 0,56        | 0,23                           | 1,5   | 15 |
|               |                | 30                       | 45        | 0,56                            | 0,78        | 0,22                           | 1,8   | 15 |
|               |                | 45                       | 60        | 0,78                            | 1           | 0,22                           | 1,8   | 15 |
|               |                | 60                       | 75        | 1                               | 0,78        | -0,22                          | 28,2  | 15 |
|               | $\mu_{B(x1)}$  | 15                       | 30        | 0,11                            | 0,33        | 0,22                           | -1,65 | 15 |
|               |                | 30                       | 45        | 0,33                            | 0,56        | 0,23                           | -1,95 | 15 |
|               |                | 45                       | 60        | 0,56                            | 0,78        | 0,22                           | -1,5  | 15 |
|               |                | 60                       | 75        | 0,78                            | 1           | 0,22                           | -1,5  | 15 |

Джерело: авторські розрахунки.

#### Список літератури

- [1] Пирожков С.С. Демографічний і трудовий потенціал. Київ : КНЕУ, 2008. 934 с.
- [2] Богиня Д.П., Грішнова О.А. Основи економіки праці : навчальний посібник. Київ : Знання-Прес, 2001. 313 с.
- [3] Трудовий потенціал і зайнятість: теоретичні основи та регіональні особливості / за ред. М.І. Долішнього. Львів : Інститут регіональних досліджень НАН України, 1997. 422 с.
- [4] Ільч Л.М. Трудовий потенціал України та ефективність його використання : дис. ... канд. екон. наук : 08.09.01. Київ, 2006. 223 с.

- [5] Курило І.О. Про медико-демографічні чинники формування і відтворення трудового потенціалу населення України. Україна: аспекти праці. 2001. № 8. С. 35–42.
- [6] Лібанова Е.М. Смертність населення України у трудоактивному віці : монографія. Київ, Ін-т демографії та соціальних досліджень НАН України, 2007. 211 с.
- [7] Онікієнко В.В. Основні тенденції формування трудових ресурсів і зайнятості населення України у довгостроковій перспективі. Міжвід. наук. зб. НАН та Мінпраці України. 1998. Вип. 8. С. 8–57.
- [8] Шаульська Л. Умови розвитку трудового потенціалу. Економіст. 2005. № 7. С. 58–62.
- [9] Заюков І.В. Вплив соціально-економічного статусу зайнятих громадян України на людський капітал здоров'я. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2017. № 5. С. 31–37.
- [10] Гринкевич С.С. Формування трудового потенціалу: проблеми та напрями забезпечення його розвитку. Зб. наук.-техн. пр. Нац. лісотехнічного ун-ту України. 2006. Вип. 16.3. С. 168–171.
- [11] Обуховська І.О. Трудовий потенціал як дефініція управлінської категорії. Вісник Хмельницького нац. ун-ту. 2010. № 3. Т. 3. С. 166–168.
- [12] Управління трудовим потенціалом : навч. посібник / В.С. Васильченко та ін. Київ : КНЕУ, 2005. 403 с.
- [13] Заюков І.В. Самозбереження здоров'я зайнятого населення України: теоретико-методологічні та прикладні аспекти забезпечення : монографія. Вінниця : ПП «ТД Едельвейс і К», 2019. 388 с.
- [14] Сідоренко В.В. Інтегральна оцінка трудового потенціалу машинобудівних підприємств. Вісник Хмельницького нац. ун-ту. 2011. Т. 1, № 5. С. 106–110.
- [15] Чаленко О.Ю. Інституційна гіпотеза про ринок, трансакційні витрати та посередництво. Економіка України: політкоекономічний журнал. 2012. № 12. С. 30–40.
- [16] Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. Москва : Мир, 1976. 176 с.
- [17] Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. 320 с.
- [18] Harmider L.D., Taranenko I.V., Korotka L.I., Begma P.O. Methodological approach to labor potential assessment based on the use of fuzzy sets theory. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2019. № 6. p. 144–149.

---

© Заюков І. В.

Дата надходження статті до редакції: 22.07.2022

Дата затвердження статті до друку: 19.08.2022