

УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

УДК 330

С. Й. Воробець, О. Ю. Лесюк
Національний університет “Львівська політехніка”

ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ РОЗВИТКУ КРАЇН ЄВРОПИ В КОНТЕКСТІ МОДЕЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

<http://doi.org/>

©Воробець С. Й., Лесюк О. Ю., 2019

Розглядаються методико-прикладні інструменти, базовані на використанні теорії нечітких множин, для оцінювання досягнення цілей в контексті реалізації моделі сталого розвитку. Побудована система кластерів, які визначають нинішній рівень розвитку європейських країн, в системі визначеної множини довгострокових цілей. Проведено їх рейтингове оцінювання на основі розрахованої для кожної з них інтегральної оцінки. Представлено модель впливу окремих індикаторами на темпи приросту валового внутрішнього продукту, яку пропонується використати при розгляді окремих сценаріїв стратегічного розвитку України.

Ключові слова. Модель сталого розвитку, індикатори, нечіткі множини, функція належності, лінгвістична змінна, база знань, метод нечітких к-середніх, методи нечіткого логічного виводу, нейромережі.

Актуальність

В 2015 році Організації Об'єднаних Націй (ООН) визначила нові цілі сталого розвитку світової спільноти. Ця концепція об'єднує різні, але взаємопов'язані області людського розвитку, починаючи від захисту навколишнього середовища, вплив на нього сталих темпів економічного росту, до ключових тенденцій соціальної інтеграції. Її реалізація відіграє все важливішу роль в контексті визначення ключових напрямків державної політики як на національному так і глобальному рівнях. Все це вимагає інтенсивних наукових досліджень в плані побудови ефективних моделей стратегічного розвитку як окремих національних держав так і всієї світової спільноти у контексті визначених стратегічних цілей. Для окремої країни такі моделі можуть бути використані як інструмент розробки планів стратегічного розвитку.

Виклад основного матеріалу

Дослідження проведено на основі даних, представлених ООН та іншими міжнародними організаціями у розрізі системи індикаторів, які визначені цими організаціями для моніторингу виконання стратегії досягнення цілей сталого світового розвитку. Система моніторингу реалізації стратегії сталого розвитку світу визначається як ієрархічна система показників. Її можна формально представити в виді взаємозв'язаної системи цілей, завдань і відповідної множини індикаторів (рис. 1).

Для дослідження вибрано 47 країн Європи. Джерелом вхідної інформації послужив репозитарій ООН. Детальне опрацювання даних з цього джерела інформації на початковому етапі дослідження дозволило виділити 150 вхідних індикаторів, кожен з яких в обов'язковій мірі належать до однієї з 17 цілей моделі сталого розвитку країн [1, 9, 10, 11].



Рис. 1. Цілі сталого розвитку України до 2030 р.

(джерело офіційний сайт “Цілі сталого розвитку в Україні” представництво ООН в Україні)

У якості теоретичної бази дослідження вибрано методи теорії нечітких множин, а саме, методи нечіткої кластеризації на основі базового алгоритму нечітких с-середніх, методи нечіткого логічного виводу Мамдані і Сугено. Інструментом реалізації цих методів обрано спеціалізоване програмне забезпечення MatLab [2, 3].

Згідно з визначеною метою дослідження вибрано систему цілей, їх підцілей і визначених для них множин індикаторів. На наш погляд – це пріоритетні цілі, які визначають динаміку економічного розвитку країн (рис. 2).

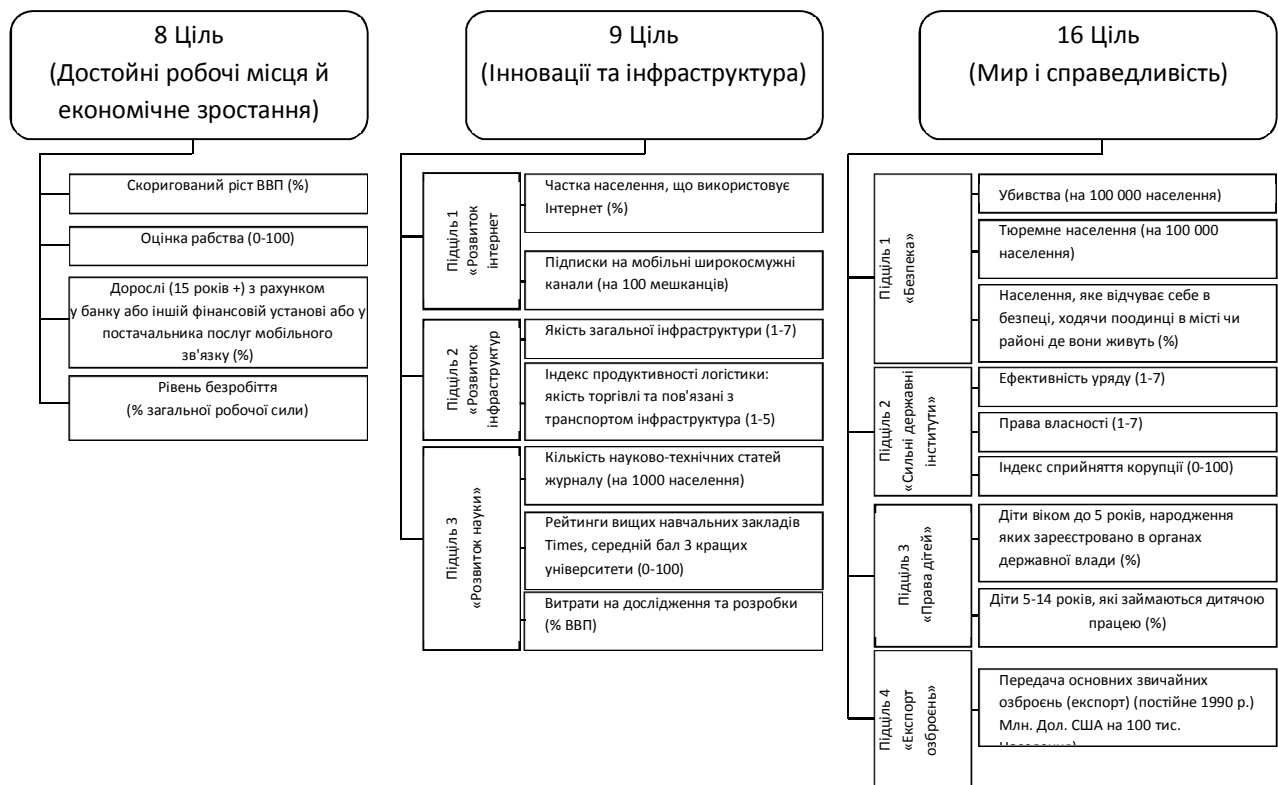


Рис. 2. Вибір цілей та індикаторів сталого розвитку для дослідження

Для ідентифікації поточного рівня України реалізації цілей моделі сталого розвитку, вибрано сучасні методик і технології, які базуються на теорії нечітких множин. Використання таких методик пояснюється тим, що властивості складних соціально-економічних систем у значній мірі є неоднозначними, а отже нечіткими. Нечіткість – це така властивість об'єктів або явищ, коли не виконується відношення еквівалентності: об'єкт одночасно може певною мірою належати даній

множин, або не належати їй. Невизначеність такого типу описується за допомогою функції належності; значення цієї функції виражає ступінь упевненості, з якою ми відносимо даний об'єкт до зазначеної множини. Сама множина є не обумовленою однозначно і називається нечіткою множиною [4, 5, 6,7].

Нечіткою множиною \tilde{A} на універсальній множині U називається сукупність пар $(\mu_A(u), u)$, де $\mu_A(u)$ – ступінь приналежності елемента $u \in U$ нечіткій множині \tilde{A} . Ступінь приналежності – це число з діапазону $[0,1]$. Чим вище ступінь приналежності, тим більшою мірою елемент універсальної множини відповідає властивостям нечіткої множини.

Функцією належності називається функція, яка дозволяє для довільного елемента універсальної множини обчислити ступінь його приналежності нечіткій множині. Якщо універсальна множина є скінченна $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$, тоді нечітка множина \tilde{A} записується так:

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^k \mu_A(u_i)/u_i \text{ або } \tilde{A} = (\mu_A(u_1)/u_1, \mu_A(u_2)/u_2, \dots, \mu_A(u_k)/u_k) \quad (1)$$

Через функції належності описуються лінгвістичні терми (“низький”, “середній”, “високий” і т.п.). Завдання побудови функцій належності ставиться наступним чином. Дано дві множини: множина термів $L = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$ і універсальна множина $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$. Нечітка множина \tilde{l} для задання лінгвістичного терма l_j на універсальній множині U представляється у вигляді:

$$\left(\frac{\mu_{l_j}(u_1)}{u_1}, \frac{\mu_{l_j}(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{\mu_{l_j}(u_n)}{u_n} \right), j = \overline{1, m} \quad (2)$$

Необхідно визначити ступені належності елементів множини U до елементів з множини L , тобто знайти $\mu_{l_j}(u_i)$ для всіх $j = \overline{1, m}$ та $i = \overline{1, n}$.

Лінгвістичною змінною називається змінна, яка приймає значення з множини слів або словосполучень деякого природної мови. Поняття лінгвістичної змінної грає важливу роль в нечіткому логічному виведенні і в прийнятті рішень на основі наближених міркувань. Формально лінгвістична змінна описується наступною п'ятіркою:

$$\langle x, T, U, G, M \rangle, \quad (3)$$

де x – ім'я змінної; T – терм-множина, кожен елемент якої задається нечіткою множиною на універсальній множині U ; G – синтаксичні правила (часто у вигляді граматики), які породжують назву термів; M – семантичні правила, які задають функції приналежності нечітких термів, породжених синтаксичними правилами з G .

Із використанням моделі, яка базується на нечітких множинах, будується система кластерів для обраних ключових цілей, які характеризують рівень розвитку України. А саме: 8 Ціль (Достойні робочі місця й економічне зростання); 9 Ціль (Інновації та інфраструктура); 16 Ціль (Мир і справедливість)

Система кластерів будується на основі алгоритму нечітких с-середніх. Головна суть алгоритму нечітких с-середніх зводиться до того, що як результат нечіткі кластери представляються наступною матрицею нечіткого розбиття [3]:

$$F = [\mu_{ki}], \quad \mu_{ki} \in [0,1], \quad k = \overline{1, M}, \quad i = \overline{1, c}, \quad (4)$$

в якій k -ий рядок містить ступені належності об'єкта $X = (x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn})$ до кластерів A_1, A_2, \dots, A_c . При нечіткому розбитті ступінь належності об'єкта до кластеру приймає значення з інтервалу $[0, 1]$. При цьому умови для матриці нечіткого розбиття записуються:

$$\sum_{i=\overline{1, c}} \mu_{ki} = 1, \quad k = \overline{1, M}; \quad (5)$$

$$0 < \sum_{k=\overline{1, M}} \mu_{ki} < M, \quad i = \overline{1, c}. \quad (6)$$

Для 8 цілі побудована система кластерів досліджуваних країн представлена на рисунку 3. Центри кластерів відображено у таблиці 1.

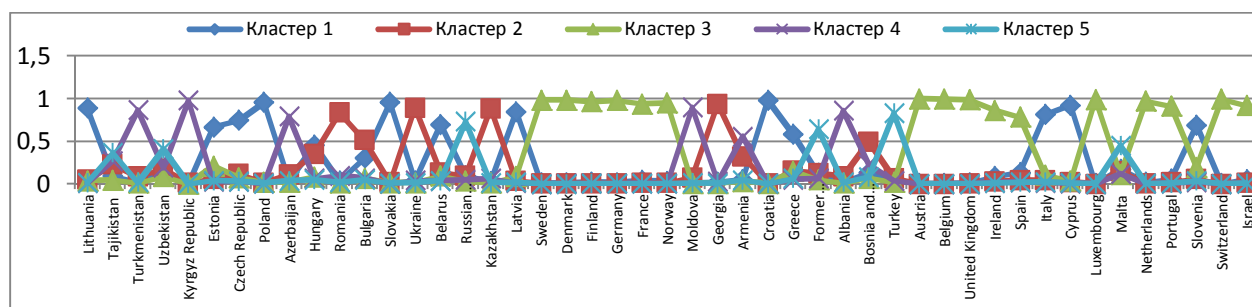


Рис. 3. Кластери країн за 8 ціллю

Таблиця 1

**Центри кластерів (координати в розрізі індикаторів)
за показниками 8 цілі (Достойні робочі місця й економічне зростання)**

Центри кластерів (координати в розрізі індикаторів) SDG8	Скоригований ріст ВВП (%)	Оцінка рабства (0-100)	Дорослі (15 років +) з рахунком у банку або іншій фінансовій установі або у постачальника послуг мобільного зв'язку (%)	Рівень безробіття (% загальної робочої сили)
№ кластеру	1	2	3	4
1	-1,12	79,51	87,19	7,44
2	-1,24	78,40	61,38	8,90
3	-0,58	99,62	97,36	5,94
4	-1,46	78,53	40,46	8,12
5	-0,50	41,91	70,80	10,76

Як видно з рисунка 3, Україна знаходиться в кластері №2, і найближча за показниками 8 цілі до Румунії, Казахстану, Грузії та Болгарії. В той же час найрозвиненіші країни Європи, а саме: Швеція, Данія, Німеччина, Бельгія, Норвегія Велика Британія і т.д., утворюють кластер №3. Оцінити різницю в показниках різних кластерів, а також визначити напрям розвитку країни за кожним показником задля досягнення бажаного рівня розвитку можна з таблиці 1. В країнах кластеру №2, в якому знаходиться Україна, спостерігається нижчий скоригований ріст ВВП, ніж у кластері №3, в якому знаходяться найбільш розвинені країни Європи (-1,24% проти -0,58%). Також є нижчий рівень рабства, значно більша кількість населення користується банківськими послугами (на 35,98%-п) і є значно нижчий рівень безробіття (на 2,96%-п).

Кластеризація країн за індикаторами 9 цілі зображена на рисунку 4. Центри кластерів відображено у таблиці 2.

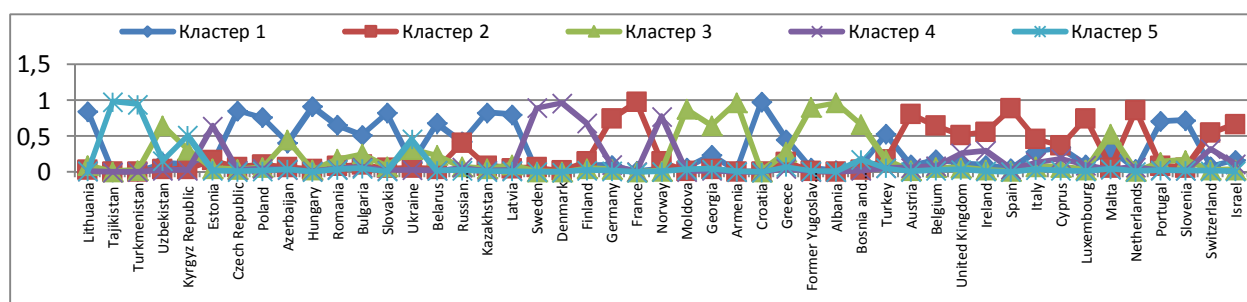


Рис. 4. Кластери країн за 9 ціллю

Таблиця 2

Центри кластерів (за індикаторами 9 цілі (Інновації та інфраструктура))

№ кластеру	Частка населення, що використовує Інтернет (%)	Підписки на мобільні широкопasmові канали (на 100 мешканців)	Якість загальної інфраструктури за міжнародними стандартам	Індекс продуктивності логістики: якість торгівлі та пов'язані з транспортом інфраструктура	Рейтинги вищих навчальних закладів Times, середній бал 3 кращих університети (0-100)	Кількість науково-технічних статей журналу (на 1000 населення)	Витрати на дослідження та розробки (% ВВП)
1	73,51	74,44	4,24	2,93	27,01	0,80	1,06
2	85,35	86,02	5,51	3,95	59,19	1,36	2,15
3	65,29	55,00	3,68	2,29	3,68	0,21	0,37
4	91,74	121,56	5,58	3,88	56,16	1,94	2,58
5	25,25	21,19	2,41	2,22	1,65	0,03	0,12

З рисунка 4 можна зробити висновок, що Україна найбільш відповідає розвитку країн з кластеру №5, і найближча за показниками 9 цілі до Киргизстану, Узбекистану, Туркменістану і Таджикистану. А найрозвиненіші країни Європи утворюють кластер №4. З таблиці 2 можна зробити висновок, що країни кластеру №5, в якому знаходиться Україна, значно відстає по всіх показниках розвитку інтернет технологій, інфраструктури та науки.

Загальна кластеризація 16 цілі зображена на рисунку 5. Центри кластерів відображено у таблиці 3.

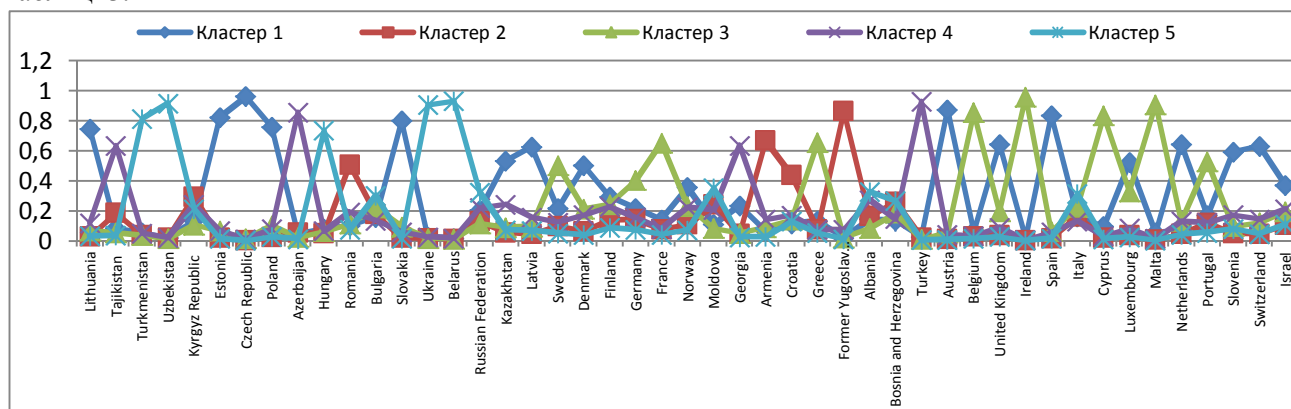


Рис 5. Кластери країн за 16 ціллю

Таблиця 3

Центри кластерів (координати в розрізі індикаторів) за показниками 16 цілі (Мир і справедливість)

№ кластеру	SDG161	SDG 162	SDG 163	SDG 164
1	2	3	4	5
1	18,21	16,66	18,53	2,73
2	21,46	14,19	10,03	1,89
3	23,27	17,08	18,41	2,69
4	17,15	15,96	13,65	2,08
5	17,19	6,75	17,44	2,58

З рисунка 5 можна зробити висновок, що Україна схожа за рівнем розвитку країн з кластеру №5, і найближча за показниками 16 цілі до Узбекистану, Туркменістану, Угорщини та Білорусі. А

найрозвиненіші країни Європи утворюють кластер №1 та №3. З таблиці 3 можна зробити висновок, що країни кластеру №5, в якому знаходиться Україна, значно відстає по всіх показниках розвитку безпеки, сильних інститутів, прав дітей та експорту озброєнь.

Порівняння досягнутого рівня кожної з досліджуваних в контексті моделі сталого розвитку проведено через визначення їх інтегральні оцінки за значеннями вхідних індикаторів в розрізі визначених підцілей і цілей. Така інтегральна оцінка реалізована через застосування системи нечіткого логічного виводу. Нечіткий логічний вивід слід розуміти, як апроксимацію залежності <вхід – вихід> на основі попередньо визначених – по-перше системи лінгвістичних висловлювань, а по-друге логічних операцій над нечіткими множинами [2]. Елементами такої системи є:

- ✓ фазифікатор, який представляє вектор значень вхідних факторів (X) в вектор нечітких множин \tilde{X} , які в подальшому беруть безпосередню участь у нечіткому вивченні;
- ✓ нечітка база знань, яка формалізує залежність $Y = f(X)$ і представляється як система лінгвістичних правил <якщо – то>;
- ✓ функції належності, представляють лінгвістичні терми у вигляді нечітких множин;
- ✓ машина нечіткого логічного виводу на основі системи правил бази знань визначає значення вихідної змінної у вигляді нечіткої множини \tilde{Y} , яка відповідної нечітким значенням вхідних змінних (\tilde{X});
- ✓ дефазифікатор перетворює вихідну нечітку множину \tilde{Y} в чітке число Y .

В нашому дослідженні при визначенні індивідуальних значень інтегральних оцінок кожної з досліджуваних країн використано алгоритм нечіткого виводу Мамдані [7]. Нечіткий вивід Мамдані реалізується на базі знань, правила якої формалізується наступним чином:

$$(x_1 = \tilde{a}_{1j} \theta_j x_2 = \tilde{a}_{2j} \theta_j \dots \theta_j x_n = \tilde{a}_{nj} \text{ з вагою } w_j) \Rightarrow y = d_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (7)$$

де x_1, \dots, x_n - значення вхідних індикаторів у системі досліджуваної цілі сталого розвитку, y – її інтегральна оцінка, \tilde{a}_{ij} - нечіткий терм, яким оцінюється i – *ий* індикатор в j -ому правилі бази знань, θ_j - логічна операція, яка зв'язує окремі частини антецедента в j -ому правилі. В нашому випадку використовувалась виключно логічна операція AND. Результат нечіткого виведення отриманий за алгоритмом Мамдані представляється як множина нечітких термів $\{\tilde{d}_1, \tilde{d}_2, \dots, \tilde{d}_m\}$

$$\tilde{y}^* = \left(\frac{\mu_1(X^*)}{\tilde{d}_1}, \frac{\mu_2(X^*)}{\tilde{d}_2}, \dots, \frac{\mu_m(X^*)}{\tilde{d}_m} \right) \quad (8)$$

Для відображення одержаної нечіткої множини інтегрального показника \tilde{y}^* окремої цілі на визначеній для нього універсальній множині значень $[y, \bar{y}]$, послідовно виконуються операції імплікації (*imp*) і агрегування (*agg*). Нечітке значення вихідної змінної y , як результат логічного висновку по j -му правилу бази знань представляється наступним чином:

$$\tilde{d}_j^* = \int_{y_i \in [y_i, \bar{y}_i]} \text{imp}(\tilde{d}_j, \mu_j(X^*)), \quad j = \overline{1, m}, \quad (9)$$

Імплікація реалізується операцією мінімуму – “зрізанням” функції приналежності $\mu_{d_j}(y)$ за рівнем $\mu_j(X^*)$.

По всій базі знань інтегральний показник як нечітке значення в системі нечіткого логічного виводу реалізується через операцію агрегування, тобто операцією максимуму.

$$\tilde{y}^* = \text{agg}(\tilde{d}_1^*, \tilde{d}_2^*, \dots, \tilde{d}_m^*) \quad (10)$$

За вищевикладеною нечіткою логікою, реалізованою з використанням алгоритму Мамдані, отримано рейтинг країн через розрахунок їх інтегральних показників за цілями 8 (Достойні робочі місця й економічне зростання), 9 (Інновації та інфраструктура) і 16 (Мир і справедливість). Отримані результати рейтингового оцінювання по кожній з цих цілей зображено на рисунках 6-8 відповідно.

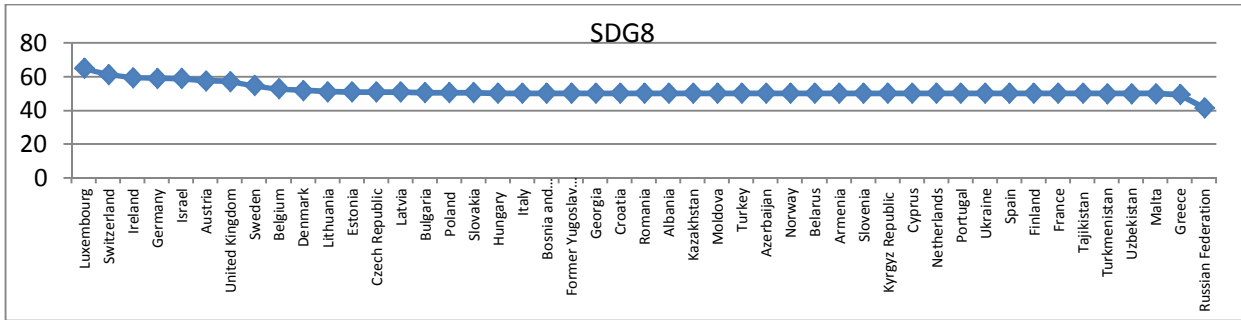


Рис. 6. Рейтинг країн за 8 ціллю (Достойні робочі місця й економічне зростання)

Діапазон значень рейтингової оцінки лежить в числовому інтервалі від 0 до 100 по кожній з досліджуваних цілей. З рисунка 7 видно, що Україна в рейтингу країн за ціллю 8 “Достойні робочі місця й економічне зростання” займає 38 місце з 47 і знаходиться поруч з Португалією та Іспанією. Також варто зазначити, що розмах значень оцінки досліджуваних країн є невеликим найменше – 41,62 , найбільше – 65,04 , що говорить про невелику різницю між країнами в темпах економічного зростання.

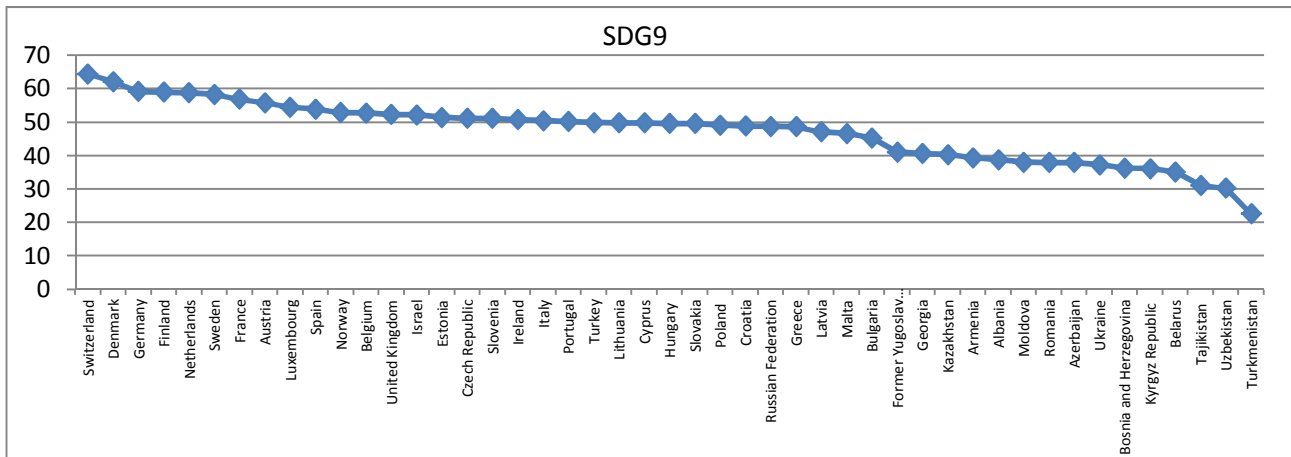


Рис. 7. Рейтинг країн за 9 ціллю

В рейтингу за ціллю 9 “Інновації та інфраструктура” Україна займає 41 місце з 47 досліджуваних країн і знаходиться поруч з Азербайджаном та Боснією та Герцеговиною.

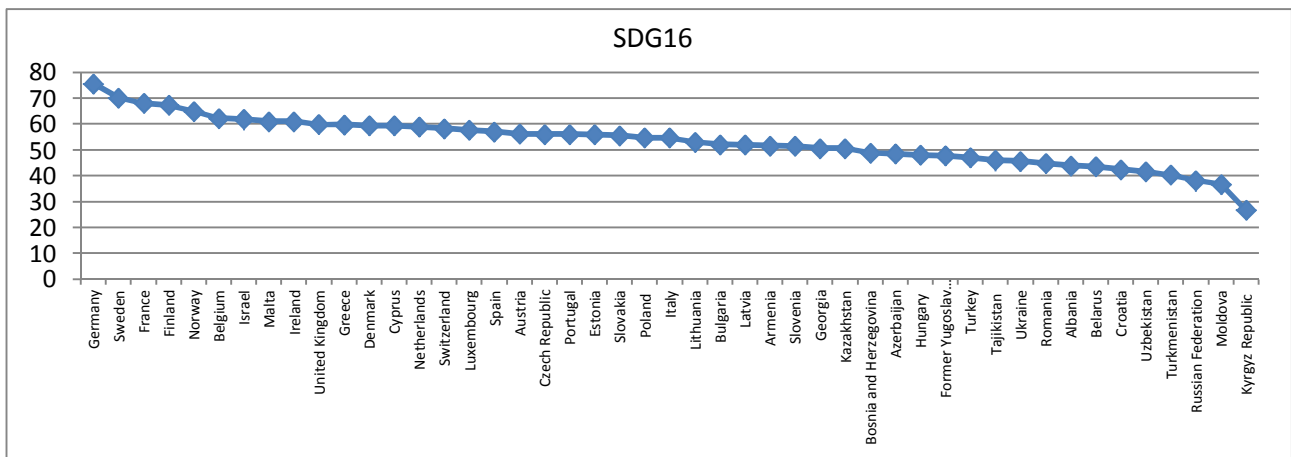


Рис. 8. Рейтинг країн за 16 ціллю

В рейтингу за ціллю 16 “Мир і справедливість” Україна займає 38 місце з 47 країн і знаходиться поруч з Таджикистаном і Румунією.

Після того як ідентифіковано відносний рівень України в контексті досягнення визначених цілей сталого розвитку через використання методів нечіткої кластеризації і рейтингового оцінювання будується модель багатомірної залежності в рамках вибраної нами множини індикаторів, яку назвемо моделлю зв’язків <входи – виходи>. Зокрема в якості виходу такої моделі визначимо індикатор <Скориговане значення росту ВВП>, який входить у 8-му ціль. А в якості входів вибрано підціль 92 – <Розвиток інфраструктури>, підціль 93 <Розвиток науки> і підціль 162 <Сильні державні інститути>. Побудуємо модель залежності росту ВВП від розвитку інфраструктури, науки і ефективності функціонування владних інституцій. В основу такої моделі покладено модель нечіткого логічного виводу Сугено [6]. Нечіткий логічний вивід Сугено виконується за нечіткою базою знань, окреме правило якої можна представити наступним чином:

де a_i – деякі дійсні числа. Така база знань аналогічна базі знань Мамдані, яка розглядалась вище, за винятком висновків правил, які задаються лінійною функцією від входів:

Міра належності $\mu_{A_i}(x)$ вхідного вектора x до значень a_i розраховуються за формулою:

Таким чином, реалізована модель зв’язку індикатора Ріст ВВП, з підцілями SDG92, SDG93 і SDG162 реалізована в Fuzzy Logic на програмній платформі MatLab. Реалізація моделі передбачає знаходження множин параметрів (P і B). Множина P включає параметри функцій належності термів вхідних змінних, а множина B – коефіцієнти лінійних функцій у висновках правил бази знань [6]. Така параметрична ідентифікація нечіткої бази знань Сугено зводиться до вирішення задачі математичного програмування – знаходження таких множин P і B, які б мінімізували значення функції (14),

де y_r – фактичні значення приросту ВВП для кожної з досліджуваних країн, y_t – теоретичні його значення, розраховані на основі визначених значень параметрів нечіткої бази знань, які входять у множини P і B. M – число досліджуваних країн (в нашому випадку воно рівне 47).

Знаходження оптимальних параметрів множин значень P і B було реалізовано з використанням ANFIS-алгоритму, оснований на навчанні попередньо побудованої в системі нейромережі. Загальний вид такої нейромережі і процес її навчання представлено на рис. 9–10.

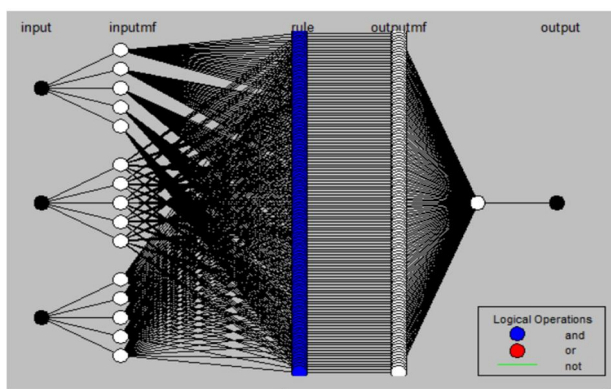


Рис. 9. Загальний вид нейромережі для знаходження оптимальних параметрів нечіткої бази знань Сугено

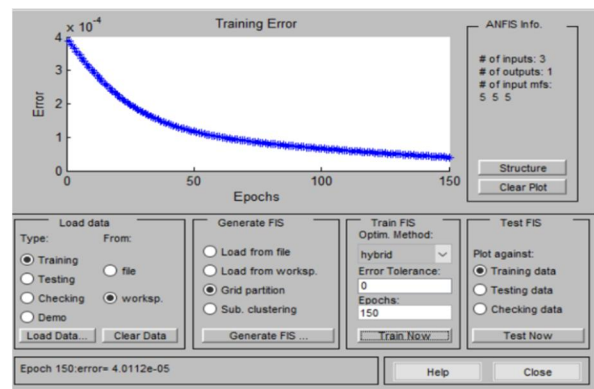


Рис. 10. Процес навчання нейромережі при відшукуванні оптимальних параметрів нечіткої бази знань Сугено

Як результати оптимізації параметрів нечіткої бази знань Сугено добре демонструє рис. 11, на якому представлені функції належності для однієї з вхідних змінних моделі з визначеними оптимальними їх параметрами.

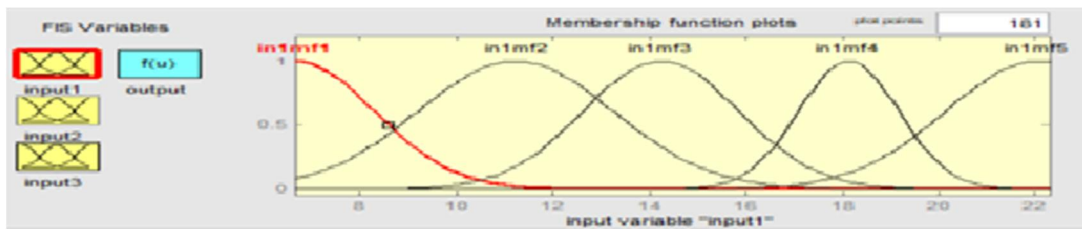


Рис. 11. Функції належності для лінгвістичних значень вхідної змінної моделі SDG92 з визначеними для неї оптимальними параметрами

В рамках визначеної моделі, були розраховані індивідуальні теоретичні значення скоригованого приросту ВВП для кожної з досліджуваних країн, які представлені в табл.4.

Таблиця 4

Фактичні і теоретичні значення вихідної змінної (скориговане значення росту ВВП)

Назва країни	Скоригований ріст ВВП (%)	Теоретичні значення скоригованого росту ВВП	Відхилення фактичного значення від теоретичного значення	Квадрат відхилення фактичного від теоретичного значення	Назва країни	Скоригований ріст ВВП (%)	Теоретичні значення скоригованого росту ВВП	Відхилення фактичного значення від теоретичного значення	Квадрат відхилення фактичного від теоретичного значення
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Литва	1,400	1,400	0,000	0,000	Молдова	-1,700	-1,700	0,000	0,000
Таджикистан	-1,500	-1,500	0,000	0,000	Грузія	0,600	0,600	0,000	0,000
Туркменістан	3,300	1,322	1,978	3,912	Вірменія	-1,200	0,245	-1,445	2,088
Узбекистан	1,200	1,200	0,000	0,000	Хорватія	-1,800	-1,800	0,000	0,000
Киргизстан	-3,200	-3,200	0,000	0,000	Греція	-3,500	-3,500	0,000	0,000
Естонія	-0,100	0,671	-0,771	0,594	Македонія	0,000	9,687	-9,687	93,837
Чехія	0,000	0,000	0,000	0,000	Албанія	-2,900	-2,900	0,000	0,000
Польща	-0,500	-0,500	0,000	0,000	Боснія і Герцеговина	-1,200	-1,200	0,000	0,000
Азербайджан	-2,900	-2,443	-0,457	0,209	Туреччина	0,800	2,832	-2,032	4,129
Угорщина	-1,000	-1,000	0,000	0,000	Австрія	-0,500	-0,500	0,000	0,000
Румунія	0,500	0,500	0,000	0,000	Бельгія	-0,900	-0,900	0,000	0,000
Болгарія	-0,500	-2,646	2,146	4,606	Велика Британія	-0,300	1,650	-1,950	3,803
Словаччина	-0,600	-0,600	0,000	0,000	Ірландія	6,500	6,500	0,000	0,000
Україна	-5,700	-5,700	0,000	0,000	Іспанія	-1,100	-1,100	0,000	0,000
Білорусь	-3,500	0,327	-3,827	14,649	Італія	-2,300	-1,068	-1,232	1,517
Росія	-3,700	-3,700	0,000	0,000	Кіпр	-3,900	-3,900	0,000	0,000

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Казахстан	-0,700	-0,700	0,000	0,000	Люксембург	0,100	0,100	0,000	0,000
Латвія	0,900	1,465	-0,565	0,319	Мальта	2,000	2,272	-0,272	0,074
Швеція	-0,900	-0,900	0,000	0,000	Нідерланди	-1,200	-1,200	0,000	0,000
Данія	-1,100	-1,100	0,000	0,000	Португалія	-1,200	-1,200	0,000	0,000
Фінляндія	-2,000	-1,301	-0,699	0,488	Словенія	-1,200	-4,427	3,227	10,412
Німеччина	-0,500	-0,500	0,000	0,000	Швейцарія	-0,200	-0,200	0,000	0,000
Франція	-1,400	-1,400	0,000	0,000	Ізраїль	0,300	0,300	0,000	0,000
Норвегія	-3,700	-2,044	-1,656	2,743			Середнє значення помилки=	1,746	

Середнє значення помилки складає 1,74 %, що на перший погляд не є прийнятний. Але якщо проаналізувати індивідуальні значення відхиленя по кожній з країн, то тільки по небагатьох з них має місце недопустиме значення помилки. І це такі країни як Македонія, Білорусь, Болгарія, Туркменістан. Саме ці країни вносять суттєвий вплив в величину помилки, отриманої за розрахунками значень скоригованого валового продукту для досліджуваних країн, на основі побудованої моделі залежності економічного росту, який ідентифікується через значення ВВП і визначеної множини факторів впливу. Саме такі моделі можуть успішно використовуватись при розгляді різних сценаріїв стратегічного розвитку країни.

Висновки

1. Елементи моделі сталого розвитку країн і зв'язки між ними в значній мірі є неоднозначними. Для їх формалізованого опису вимагається адекватний методико-прикладний інструментарій, в якості якого при дослідженні використано методи нечітких множин.

2. Для оцінювання соціально-економічного розвитку України вибрано три головні цілі, визначені в моделі сталого розвитку. Саме в межах цих цілей ідентифіковано рівень їх досягнення через попередню кластеризацію і визначення інтегральної оцінки для кожної з досліджуваних країн і побудову рейтингового ряду для них.

3. На прикладі окремої множини індикаторів, які є ключовими при оцінюванні рівня соціально-економічного розвитку для країни, побудовано модель їх зв'язку, параметри якої оптимізовано з використанням нейромережових технологій. І таку модель пропонується використовувати при розгляді різних сценаріїв, оцінюючи стратегію її розвитку.

Список літератури

1. ESSNet-Culture European Statistical System Network Culture, Фінальний звіт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ec.europa.eu/assets/eac.culture/library/report/ess-net-report_en.pdf
2. Проекування нечітких систем засобами MATLAB/ С.Д. Штовба – Москва, 2007.
3. Штовба С.Д. Классификация объектов на основе нечеткого вывода // Exponenta Pro: Математика в приложениях. – 2004. – №1 – с. 68–69.
4. Заде Л. Понятие лингвистическом переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
5. Нечіткі множини. – 2011.- Режим доступу до статті: https://otherreferats.allbest.ru/mathematics/00123125_0.html
6. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control // IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics. – 1985. –Vol. 15. –№1.–P. 116–132.

7. Mamdani E.H., Assilian S. An Experiment in Linguistic Synthesis with Fuzzy Logic Controller // Int. J. Man–Machine Studies. – 1975. – Vol. 7. – №1. – P. 1–13.
8. Україна 2030: Доктрина збалансованого розвитку. Видання друге. – Львів: Кальварія, 2017 – 164 с.
9. Показники для моніторингу стану досягнення Цілей сталого розвитку: методологія збору та розрахунку даних Аналітичний звіт. Вересень 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/library/sustainable-development-report/Mapping-SDG-indicators-report.html>
10. Цілі сталого розвитку: Україна Завдання та індикатори. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.un.org.ua/images/documents/3615/D1%86%D1%96%D0%BB%D1%96_web\(2\).pdf](http://www.un.org.ua/images/documents/3615/D1%86%D1%96%D0%BB%D1%96_web(2).pdf)
11. Carlo Cavicchia, Maurizio Vichi. Model-Based synthesis of indicators. Statistical Composite Indicators to convey consistent policy messages. Department of Statistical Sciences .Sapienza University of Rome. Workshop: 9-10 November 2017

S. Y. Vorobets, O. Y. Lesiuk
Lviv Polytechnic National University

**ASSESSMENT OF THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF EUROPEAN COUNTRIES
IN THE CONTEXT OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT MODEL
WITH THE APPLICATION OF FUZZY SETS THEORY METHODS**

©Vorobets S.Y., Lesiuk O.Y., 2019

To assess the achievement of goals in the context of implementing a sustainable development model, we are considering the methodical and applied tools based on the use of the theory of fuzzy sets and the technology of implementing the model of communication between its individual indicators, which should be used in developing scenarios of strategic development of Ukraine

Topicality. In 2015, the United Nations (UN) has identified new goals for the sustainable development of the world community. This concept combines different but interrelated areas of human development, from the protection of the environment, the impact on it of sustained economic growth to the key trends of social integration. Its implementation plays an increasingly important role in the context of defining key areas of government policy at both the national and global levels. All this requires intensive research in terms of building effective models of strategic development as separate national states and the entire world community in the context of defined strategic objectives. For a specific country, such models can be used as a tool for developing strategic development plans.

The aim of the study. Identify the place of Ukraine among European states on the basis of defined indicators of the implementation of the strategy of sustainable development for goals in the branches such as science, decent work and economic growth, innovation and infrastructure, peace and justice, building a communication model between indicators, which determine the pace of socio-economic development of countries.

Task.

- substantiate the choice of methodical and applied tools for solving the main tasks determined by the research topic;

- to allocate the main clusters (groups) of European countries at the current stage of implementation of the model of sustainable development in a certain set of purposes by means of selected methodical and applied research tools;

- to determine an integral indicator for each country within the defined set of goals, build a ranking row based on those goals and estimate the place of Ukraine in it;

- to construct a model of the interconnection of the system of indicators for various purposes, which essentially determine the rates of economic development of the countries and which should be used in the development of scenarios of strategic development of Ukraine.

Research methods. The study we conducted is a coherent sequence of steps, each of which involves the use of specific methods for their implementation:

- 1) the theory of fuzzy sets is chosen as the methodological basis of the study;
- 2) clustering methods based on the fuzzy s-average algorithm;
- 3) the rating assessment of achievement of goals in the model of sustainable development is realized using the model of the fuzzy output of Mamdani;
- 4) construction of the model of the interconnection of the system of indicators, which are decisive in terms of the pace of economic development of countries with the help of a model of fuzzy derivation of Sugeno on the basis of the existing knowledge base in the form of a system of rules whose parameters are found as the result of optimization using neural network technologies.