

УДК 519.86

DOI [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.45\(2\).230-237](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.45(2).230-237)**В. В. Поліщук¹, І. В. Поліщук², А. А. Матей³, Ю. Ю. Феделеш⁴**

¹ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
професор кафедри програмного забезпечення систем,
доктор технічних наук, професор
volodymyr.polishchuk@uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4586-1333>

² ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
асистент кафедри програмного забезпечення систем
inna.polishchuk@uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6395-4744>

³ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
аспірант кафедри програмного забезпечення систем
andrej.matey@uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0280-1763>

⁴ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
аспірант кафедри програмного забезпечення систем
yurii.fedeleash@uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8512-4358>

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ МІЖНАРОДНИХ ТА ТРАНСКОРДОННИХ ПРОЦЕСІВ СПІВРОБІТНИЦТВА З УРАХУВАННЯМ РИЗИКОВИХ ФАКТОРІВ

Проведено дослідження актуальної задачі розроблення нечіткої моделі оцінки безпеки міжнародних та транскордонних процесів співробітництва, з урахуванням ризикових факторів та експертних висновків щодо можливості досягнення мети стосовно гарантування національних безпек країн-партнерів.

В основу дослідження покладений апарат нечітких множин, що базується на інтервалах оцінок. Кожен ризик-орієнтований фактор впливу на виконання міжнародних та транскордонних процесів співробітництва оцінюється лінгвістичним висновком експерта щодо рівня ймовірності настання ризикової ситуації, описану відповідним критерієм та числа впевненості міркувань експерта для такого висновку. Новаторською особливістю моделі є врахування експертного висновку щодо можливості досягнення мети стосовно гарантування національних безпек країн-партнерів при міжнародному або транскордонному співробітництві. Модель розкриває нечіткість вхідних оцінок, здатна вивести лінгвістичне значення рівня безпеки міжнародних та транскордонних процесів співробітництва та його оцінку достовірності, чим підвищує ступінь обґрунтованості прийняття подальших управлінських рішень.

Подальше дослідження проблематики вбачаємо в розробленні математичних моделей та програмної підтримки для оцінювання проектів транскордонного співробітництва за умов гарантування національних безпек країн-партнерів при реалізації проекту.

Ключові слова: нечітка модель, прийняття рішень, оцінювання ризиків, національна безпека, транскордонне співробітництво, міжнародне співробітництво.

1. Вступ. У сучасних умовах глобалізації транскордонне співробітництво є важливим інструментом для розвитку економіки та підвищення рівня життя громадян. Оцінка безпеки таких процесів дозволяє ефективно інтегруватися у світову економіку, зменшувати ризики для національної безпеки та оптимізувати співпрацю з іншими країнами.

Україна активно рухається до європейської інтеграції. Важливим аспектом цього процесу є розвиток транскордонного співробітництва з сусідніми країнами ЄС. Участь у міжнародних та транскордонних проектах може бути пов'язана з різноманітними ризиками, такими як політична нестабільність, корупція, кіберзагрози тощо. Дослідження цих ризиків дозволить Україні більш точно оцінювати потенційні загрози та розробляти стратегії для їх мінімізації. Також, оцінка ризиків сприятиме більш ефективному та безпечному входженню в європейський простір.

Безпечна взаємодія з міжнародними партнерами є критично важливою для збереження суверенітету та стабільності держави. Оцінка безпеки таких процесів сприяє захисту національних інтересів у міжнародній співпраці. Таким чином, актуальність проведеного дослідження визначається необхідністю безпечної та ефективної міжнародної інтеграції, мінімізації ризиків у транскордонному співробітництві та забезпечення національної безпеки.

Основною метою даного дослідження є розроблення нечіткої моделі оцінки безпеки міжнародних та транскордонних процесів співробітництва з урахуванням ризикових факторів та експертних висновків щодо можливості досягнення мети стосовно гарантування національних безпек країн-партнерів.

2. Огляд літератури. Транскордонне співробітництво — це одна з форм сприяння регіональному розвитку, що виникає в результаті стратегічних зусиль різних учасників, заснованих на довірі, взаєморозумінні та бажанні до співпраці. У роботі [1] досліджуються різноманітні моделі та доводиться факт, що в ЄС не існує єдиної найкращої стратегії транскордонного співробітництва. Багато авторів зосереджують увагу на розв'язання чітких прикладних проблем шляхом міжнародного або транскордонного співробітництва [2–4]. Перешкоди для розвитку транскордонного співробітництва існують у кількох вимірах. Внутрішні бар'єри впливають найбільше на соціальні цілі співпраці. Їх можна подолати через політику муніципалітетів та підприємців [5]. Зовнішні бар'єри характерні для периферійних регіонів, які віддалені від національних та регіональних центрів прийняття рішень, що призводить до ряду негативних наслідків. Ефективним інструментом їх подолання може бути транскордонне співробітництво. А для можливості оцінювання таких процесів потрібно сучасні системи підтримки прийняття рішень [4].

Методи, що базуються на теорії нечіткої математики, можуть забезпечити аналітичну підтримку для якісних процесів прийняття рішень на будь-якому рівні управління [6]. Для успішного розвитку регіонів потрібно розробляти інноваційні інструменти та системи знань, які підтримуватимуть їхню сталість, з метою забезпечення інформаційної безпеки та в інтересах національних безпек країн-партнерів. Для відображення знань про об'єкт дослідження варто використовувати теорію нечітких множин [7] та сучасні підходи до використання інтелектуального аналізу знань у системах підтримки прийняття рішень [8].

Таким чином, існує актуальність розробки моделей оцінки безпеки міжнародних та транскордонних процесів співробітництва з урахуванням ризикових факторів.

3. Матеріали та методи. Нехай системну теоретико-множинну модель задачі оцінювання безпеки міжнародних та транскордонних процесів співробі-

тництва, представимо наступним чином:

$$\{P, K_R, M_R, L | Y(f)\}. \quad (1)$$

P — деякий процес міжнародного або транскордонного співробітництва. Процес транскордонного співробітництва — це форма взаємодії між прикордонними регіонами різних держав, спрямована на спільне вирішення економічних, соціальних, екологічних, культурних та інших проблем, які виникають у прикордонних зонах. Таке співробітництво сприяє покращенню взаєморозуміння між країнами, розвитку інфраструктури, торгівлі, науки, а також зміцненню миру та стабільності в регіонах, що межують.

K_R — інформаційна модель критеріїв оцінювання ризик-орієнтованих факторів впливу, які впливають на успішність досягнення мети процесу міжнародного та транскордонного співробітництва.

M_R — нечітка математична модель оцінювання ризиків для гарантування безпеки у процесі міжнародного та транскордонного співробітництва.

L — експертні висновки щодо можливості досягнення мети стосовно гарантування національних безпек країн-партнерів при міжнародному або транскордонному співробітництві.

В результаті отримуємо вихідну оцінку $f = \mu_Y(f(m_r))$ та рівень Y , що містить зміст рівня безпеки міжнародних та транскордонних процесів співробітництва.

K_R — інформаційна модель критеріїв оцінювання ризик-орієнтованих факторів впливу, які впливають на успішність досягнення мети процесу міжнародного та транскордонного співробітництва.

Питання оцінювання ризик-орієнтованих факторів впливу на успішність досягнення мети виконання будь-якого процесу дуже складне. В залежності від процесу потрібно набудовувати різні показники ризиків. Наприклад, у процесі транскордонного співробітництва можуть виникати такі ризики:

K_{R1} — політична нестабільність.

Зміни урядів, політичні конфлікти або напруженість між країнами можуть перешкоджати реалізації спільних проектів або повністю їх зупинити.

K_{R2} — економічні ризики.

Відмінності у рівні економічного розвитку країн-партнерів, різниця в системах оподаткування, митні бар'єри та нестабільність валютних курсів можуть ускладнювати співпрацю.

K_{R3} — правові та адміністративні перешкоди.

Різні правові системи, законодавчі вимоги, а також бюрократичні процедури в кожній країні можуть гальмувати спільні ініціативи.

K_{R4} — культурні та соціальні відмінності.

Нерозуміння міжкультурних відмінностей або соціальних традицій може призвести до конфліктів або труднощів у комунікації між партнерами.

K_{R5} — екологічні ризики.

Транскордонні проекти, пов'язані з інфраструктурою, можуть мати негативний вплив на довкілля, якщо не врахувати екологічних стандартів і потреб регіонів.

K_{R6} — невідповідність інтересів.

Партнери з різних країн можуть мати різні пріоритети та очікування від

співпраці, що ускладнює узгодження спільних планів і цілей.

K_{R7} — корупція та непрозорість.

Корупційні практики в окремих країнах можуть створювати додаткові труднощі в реалізації проектів, знижуючи ефективність та прозорість використання фінансових ресурсів.

K_{R8} — безпекові ризики.

Загрози тероризму, організованої злочинності, контрабанди, нелегальної міграції можуть негативно вплинути на стабільність регіонів і успішність співпраці.

M_R — нечітка математична модель оцінювання ризиків для гарантування безпеки у процесі міжнародного та транскордонного співробітництва.

Нехай задано процес P міжнародного або транскордонного співробітництва по якому потрібно визначити рівень безпеки. Процес будемо оцінювати згідно запропонованої інформаційної моделі критеріїв K_R , відповідно по критеріях $\widetilde{K}_R = (K_{R1}, K_{R2}, \dots, K_{Rk_R})$. Кожен ризик-орієнтований фактор впливу (критерій ризику) буде оцінюватись гібридним чином, а саме:

- висновків щодо рівня ймовірності настання ризикової ситуації, описану відповідним критерієм $\widetilde{K}_R$. Такі висновки пропонуємо уніфікувати за допомогою одного із термів наступної терм-множини: $T = \{t_1(\text{низький рівень ризику}); t_2(\text{рівень ризику нижче середнього}); t_3(\text{середній рівень ризику}); t_4(\text{рівень ризику вище середнього}); t_5(\text{високий рівень ризику})\}$;
- числа ε впевненості міркувань експерта з інтервалу $[0; 1]$, для кожного висновку за відповідним критерієм $\widetilde{K}_R$. Покладаючи наступний зміст: 0 — мінімальна впевненість у своїх висновках, а 1 відповідно — максимальна.

Представимо нечітку модель оцінювання ризиків для гарантування безпеки у процесі міжнародного та транскордонного співробітництва у вигляді оператора:

$$\eta(t; \varepsilon) \rightarrow m_r. \quad (2)$$

де η — оператор, що ставить у відповідність вихідне нормоване значення ризиків виконання процесу m_r , при вхідних змінних $t; \varepsilon$.

На першому етапі здійснимо фазифікацію вхідних гібридних даних.

Для фазифікації вхідних гібридних даних $(t_u; \varepsilon_u)$, $u = \overline{1, k_R}$ використаємо підхід моделювання нечітких знань у багатовимірному просторі [8]. Наприклад, застосуємо конусоподібну функцію належності двох змінних для об'єднання висновків щодо рівня ймовірності настання ризикової ситуації та числа впевненості міркувань експерта щодо надання свого висновку:

$$O_u = \begin{cases} 100 - 20 \cdot \varepsilon_u, & \text{якщо висновок } t_1; \\ 100 - 40 \cdot \varepsilon_u, & \text{якщо висновок } t_2; \\ 100 - 60 \cdot \varepsilon_u, & \text{якщо висновок } t_3; \\ 100 - 80 \cdot \varepsilon_u, & \text{якщо висновок } t_4; \\ 100 - 100 \cdot \varepsilon_u, & \text{якщо висновок } t_5. \end{cases} \quad (3)$$

$$\omega_u = \sqrt{\frac{(O_u - 100)^2}{100}} + (\varepsilon_u - 1)^2. \quad (4)$$

$$\mu(K_{Ru}) = \begin{cases} 1 - \omega_u, & \text{якщо } \omega_u < 1, \\ 0, & \text{якщо } \omega_u \geq 1. \end{cases} \quad (5)$$

O_u, ε_u — значення u -го критерію $u = \overline{1, k_R}$.

Зміст значення функції належності $\mu(K_{Ru})$ показує рівень критерію, тобто чим більше значення $\mu(K_{Ru})$ тим вищий рівень. А представлення вхідних даних у вигляді лінгвістичної оцінки та впевненості її присвоєння дозволяє більш якісно розкрити міркування експертів.

На другому етапі особа, що приймає рішення (ОПР) вводить вагові коефіцієнти за кожним ризик-орієнтованим фактором впливу (критерієм) на виконання процесу.

Позначимо вагові коефіцієнти $v_u, u = \overline{1, k_R}$, з деякого інтервалу $[1; 10]$. В іншому випадку, критерії ризику можуть бути рівно важливими. Оскільки працюємо у просторі оцінок $[0; 1]$, тоді, аналогічно, потрібно нормувати вагові коефіцієнти:

$$\overline{v}_u = \frac{v_u}{\sum_{u=1}^{k_R} v_u}, \quad u = \overline{1, k_R}. \quad (6)$$

На третьому етапі виведемо агреговану оцінку ризику. Для цього побудуємо функцію належності, як одну із запропонованих згорток, в залежності від побажань ОПР. Не зменшуючи загальності, наприклад, візьмемо середню згортку:

$$m = \sum_{u=1}^{k_R} \overline{v}_u \cdot \mu(K_{Ru}). \quad (7)$$

Отримане значення несе у собі наступний зміст: чим більша агрегована оцінка $m_r \in [0; 1]$, тим менші ризики виконання процесу.

Таким чином, відбувся перехід від висновків щодо рівня ймовірності настання ризикової ситуації та числа впевненості міркувань експерта з цього приводу, до кількісної оцінки, що підвищує ступень обґрунтованості майбутніх рішень.

Нехай експерти, що оцінюють безпеку міжнародних та транскордонних процесів співробітництва висловлюють висновки щодо можливості досягнення мети стосовно гарантування національних безпеки країн-партнерів при міжнародному або транскордонному співробітництві. Для такого висновку введемо лінгвістичну змінну можливості досягнення мети стосовно гарантування національних безпеки країн-партнерів при міжнародному або транскордонному співробітництві $L = \{L_1; L_2; \dots; L_5\}$, де: L_1 — висока можливість; L_2 — можливість вище середнього; L_3 — середня можливість; L_4 — низька можливість; L_5 — дуже низька можливість.

Для інтерпретації залежності вихідної оцінки m_r та експертного висновку L щодо можливості досягнення мети стосовно гарантування національних безпеки країн-партнерів при міжнародному або транскордонному співробітництві, пропонуємо наступну функцію належності [8]:

$$f(m_r) = \begin{cases} 0, & m_r < 0; \\ (m_r)^k, & 0 \leq m_r < 1; \\ 1, & m_r \geq 1. \end{cases} \quad (8)$$

де k — поріг можливості досягнення мети. Значення даного порогу змінюється в залежності експертного висновку L . Наприклад, експериментально поставимо: $k = \frac{2}{9}$ коли маємо експертний висновок L_1 ; $k = \frac{7}{9} - L_2$; $k = \frac{4}{9} - L_3$; $k = \frac{5}{9} - L_4$; $k = \frac{3}{2} - L_5$.

Таким чином, отримано агреговану нормовану оцінку $f(m_r)$ з інтервалу $[0; 1]$.

Рівні Y безпеки міжнародних та транскордонних процесів співробітництва, представимо наступним чином: y_1 — дуже низький рівень; y_2 — низький рівень; y_3 — середній рівень; y_4 — високий рівень; y_5 — дуже високий рівень. Рівні прийняття рішень Y можна розглядати за допомогою трикутних функцій належності. Це обумовлюється тим, що вони будуть мати перетини вихідних значень, а це дозволить розширити можливості прийняття рішень:

$$\mu_{y_1} = \begin{cases} 1, & f(m_r) \leq \delta - \frac{\delta}{2}; \\ \frac{3\delta - 4 \cdot f(m_r)}{\delta}, & \delta - \frac{\delta}{2} < f(m_r) \leq \delta - \frac{\delta}{4}. \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_{y_2} = \begin{cases} \frac{4 \cdot f(m_r) - 2\delta}{\delta}, & \delta - \frac{\delta}{2} < f(m_r) \leq \delta - \frac{\delta}{4}; \\ \frac{4\delta - 4 \cdot f(m_r)}{\delta}, & \delta - \frac{\delta}{4} < f(m_r) \leq \delta. \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{y_3} = \begin{cases} \frac{4 \cdot f(m_r) - 3\delta}{\delta}, & \delta - \frac{\delta}{4} < f(m_r) \leq \delta; \\ \frac{5\delta - 4 \cdot f(m_r)}{\delta}, & \delta < f(m_r) \leq \delta + \frac{\delta}{4}. \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{y_4} = \begin{cases} \frac{4 \cdot f(m_r) - 4\delta}{\delta}, & \delta < f(m_r) \leq \delta + \frac{\delta}{4}; \\ \frac{6\delta - 4 \cdot f(m_r)}{\delta}, & \delta + \frac{\delta}{4} < f(m_r) \leq \delta + \frac{\delta}{2}. \end{cases} \quad (12)$$

$$\mu_{y_5} = \begin{cases} \frac{4 \cdot f(m_r) - 5\delta}{\delta}, & \delta + \frac{\delta}{4} < f(m_r) \leq \delta + \frac{\delta}{2}; \\ 1, & f(m_r) \geq \delta + \frac{\delta}{2}. \end{cases} \quad (13)$$

В залежності від того, в який інтервал попадає значення $f(m_r)$, вибираємо ту чи іншу функцію належності μ_y відносно ступеня δ . Ступінь δ належить з інтервалу $[0; 1]$ та налаштовується ОПР, причому при потребі його можна змінювати. Таке налаштування має переваги в тому, що модель легко адаптується для різних процесів транскордонного співробітництва. Оскільки побудовані функції належності мають перетини, то при оцінюванні процесів отримується або один, або два рівні прийняття рішень Y і відповідно таку ж кількість для них достовірностей.

В результаті обчислення, отримаємо Y лінгвістичне значення рівня безпеки міжнародних та транскордонних процесів співробітництва, а також його оцінку достовірності. Тобто, достовірність того, що оцінка належить до одного, або іншого рівня. ОПР на основі вихідних даних приймає подальші рішення щодо зниження загроз безпеки виконання процесів міжнародних та/або транскордонних процесів співробітництва.

Переваги моделі аргументуються тим, що на основі вхідних гібридних даних розкривається нечіткість вхідних оцінок. Покращується ефективність отримання вхідних оцінок використовуючи досвід, знання та компетенції експертів. Модель здатна вивести кількісне та лінгвістичне значення рівня безпеки міжнародних та транскордонних процесів співробітництва, чим підвищує ступінь обґрунтованості прийняття подальших управлінських рішень.

4. Висновки та перспективи подальших досліджень. У роботі побудована нечітка модель оцінки безпеки міжнародних та транскордонних процесів співробітництва з урахуванням ризикових факторів. Особливістю моделі є те, що вхідні дані є гібридними, а відповідно мають вищу якість. В основу дослідження покладений апарат нечітких множин, що базується на інтервалах оцінок, показуючи коридор значень прогнозних параметрів. Кожен ризик-орієнтований фактор впливу на виконання міжнародних та транскордонних процесів співробітництва оцінюється лінгвістичним висновком експерта щодо рівня ймовірності настання ризикової ситуації, описану відповідним критерієм та числа впевненості міркувань експерта для такого висновку. Новаторською особливістю моделі є врахування експертного висновку щодо можливості досягнення мети стосовно гарантування національних безпек країн-партнерів при міжнародному або транскордонному співробітництві. Модель розкриває нечіткість вхідних оцінок, здатна вивести лінгвістичне значення рівня безпеки міжнародних та транскордонних процесів співробітництва та його оцінку достовірності, чим підвищує ступінь обґрунтованості прийняття подальших управлінських рішень.

Отримані результати демонструють наукову та прикладну цінність проведеного дослідження. Подальше дослідження проблематики вбачаємо в розробленні математичних моделей та програмної підтримки для оцінювання проєктів транскордонного співробітництва за умов гарантування національних безпек країн-партнерів при реалізації проєкту.

5. Подяка. Наукове дослідження та підготовка статті відбулося в рамках наукового проєкту молодих вчених "Захист інформаційної безпеки при управлінні проєктами міжнародного співробітництва на засадах гарантування національної безпеки України" (ДБ-921М) за фінансової підтримки Міністерства освіти і науки України.

Список використаної літератури

1. Durand A., Decoville A. Multidimensional measurement of the integration between European border regions. *J. Eur. Integrat.* 2020. Vol. 42, No. 2. P. 163–178. DOI: <https://doi.org/10.1080/07036337.2019.1657857>
2. Yue S., Yang X. Establishing a mechanism for international cooperation for Fukushima nuclear-contaminated water monitoring. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment.* 2024. Vol. 22, No. 1. P. 20–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2024.03.003>
3. Wang Q., Ren F., Li R. Assessing the impact of geopolitics on international scientific cooperation — The case of US-China marine pollution research. *Marine Policy.* 2023. Vol. 155. 105723. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105723>
4. Skare M., Gavurova B., Polishchuk V. Fuzzy multicriteria evaluation model of cross-border cooperation projects under resource curse conditions. Part B. *Resources Policy.* 2023. Vol. 85. 103871. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103871>
5. Kurowska-Pysz J., Castanho R. A., Naranjo Gómez J. M. Cross-border cooperation: the barriers analysis and the recommendations. *Polish Journal of Management Studies.* 2018. Vol. 17, No. 2. P. 134–147. DOI: <https://doi.org/10.17512/pjms.2018.17.2.12>
6. Sir G. D. B., Çalışkan E. Assessment of development regions for financial support allocation with fuzzy decision making: a case of Turkey. *Soc. Econ. Plann. Sci.* 2019. Vol. 66. P. 161–169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.02.005>
7. Wenshun Lv., Park Ju. H., Lu Ju., Guo R. Adaptive fuzzy output feedback control for a class of uncertain nonlinear systems in the presence of sensor attacks. *Journal of the Franklin Institute.* 2022. Vol. 360, No. 3. P. 2326–2343. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2022.10.047>
8. Polishchuk V., Kelemen jr. M., Polishchuk I., Kelemen M. Decision Support System Regarding

the Possibility of Financing Cross-Border Cooperation Projects. *Proceedings of The Seventh International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems. CEUR Workshop Proceedings*. 2024. Vol. 3702. P. 58–71. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3702/paper6.pdf> (date of access: 18.05.2024).

Polishchuk V., Polishchuk I., Matei A., Fedelezh Yu. A fuzzy model of security assessment of international and cross-border cooperation processes considering risk factors.

Research has been carried out on the urgent task of developing a vague model for assessing the security of international and cross-border cooperation processes, considering risk factors and expert opinions on the possibility of achieving the goal of guaranteeing the national security of partner countries.

The research is based on the apparatus of fuzzy sets, which are based on evaluation intervals. Each risk-oriented factor of influence on the implementation of international and cross-border cooperation processes is evaluated by the expert's linguistic conclusion regarding the level of probability of the occurrence of a risk situation, described by the corresponding criterion and the number of confidences of the expert's reasoning for such a conclusion. An innovative feature of the model is the consideration of an expert opinion on the possibility of guaranteeing the national security of partner countries during international or cross-border cooperation. The model reveals the vagueness of the input estimates and can derive the linguistic meaning of the level of security of international and cross-border cooperation processes and its credibility assessment, which increases the degree of validity of further management decisions.

Further research of the problem is seen in the developed mathematical models and software support for evaluating cross-border cooperation projects under the conditions of guaranteeing the national security of the partner countries during project implementation.

Keywords: fuzzy model, decision-making, risk assessment, national security, cross-border cooperation, international cooperation.

References

1. Durand, A., & Decoville, A. (2020). Multidimensional measurement of the integration between European border regions. *J. Eur. Integrat.*, 42(2), 163–178. <https://doi.org/10.1080/07036337.2019.1657857>
2. Yue, S., & Yang, X. (2024). Establishing a mechanism for international cooperation for Fukushima nuclear-contaminated water monitoring. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 22(1), 20–33. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2024.03.003>
3. Wang, Q., Ren, F., & Li, R. (2023). Assessing the impact of geopolitics on international scientific cooperation — The case of US-China marine pollution research. *Marine Policy*, 155, 105723. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105723>
4. Skare, M., Gavurova, B., & Polishchuk, V. (2023). Fuzzy multicriteria evaluation model of cross-border cooperation projects under resource curse conditions. Part B. *Resources Policy*, 85, 103871. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103871>
5. Kurowska-Pysz, J., Castanho, R. A., & Naranjo Gómez, J. M. (2018). Cross-border cooperation: the barriers analysis and the recommendations. *Polish Journal of Management Studies*, 17(2), 134–147. <https://doi.org/10.17512/pjms.2018.17.2.12>
6. Sir, G. D. B., & Çalışkan, E. (2019). Assessment of development regions for financial support allocation with fuzzy decision making: a case of Turkey. *Soc. Econ. Plann. Sci.*, 66, 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.02.005>
7. Wenshun, Lv., Park, Ju. H., Lu, Ju., & Guo, R. (2022). Adaptive fuzzy output feedback control for a class of uncertain nonlinear systems in the presence of sensor attacks. *Journal of the Franklin Institute*, 360(3), 2326–2343. <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2022.10.047>
8. Polishchuk, V., Kelemen, jr. M., Polishchuk, I., & Kelemen, M. (2024). Decision Support System Regarding the Possibility of Financing Cross-Border Cooperation Projects. *Proceedings of The Seventh International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems. CEUR Workshop Proceedings*, 3702, 58–71. Retrieved from <https://ceur-ws.org/Vol-3702/paper6.pdf>

Одержано 14.09.2024