

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2026-350-81>

УДК 330.3:004.9:005.334

JEL classification: C44; D81; H12

ПРОТОПОПОВА Наталія

Дніпровський державний університет внутрішніх справ

<https://orcid.org/0000-0002-0207-9301>

e-mail: n.protopopova03@gmail.com

КОМПЛЕКСНА НЕЧІТКО-ЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ДОСКОНАЛОСТІ ЗАХИСТУ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

У статті розроблено комплексну нечітко-логічну модель оцінювання рівня досконалості механізму захисту соціально-економічних систем (LPMM) в умовах трансформацій та воєнних викликів. Модель використовує виведення Мамдані та функції належності $gbellmf$, реалізовані в Fuzzy Logic Toolbox Matlab R2021A. Вхідні змінні: FS (фінансова стабільність), LETA (адаптивність до зовнішніх загроз), SIS (соціально-інституційна захищеність); кожна має 2 терми, тому використано 8 логічних правил. Верифікація у періоді 2021–2025 рр. показала досягнення мінімуму цільового показника у 2022 р. та подальше поступове його покращення, що відображає вплив кризових факторів і потенціал відновлення. Модель придатна для інтегральної діагностики, порівняння сценаріїв і відбору управлінських заходів, забезпечує підтримку прогнозування ризиків. Окреслено можливості застосування результатів у системі моніторингу стійкості, раннього попередження загроз та підвищення якості управлінських рішень.

Ключові слова: комплексна нечітко-логічна модель; механізм захисту соціально-економічних систем; оцінювання рівня досконалості (LPMM); нечітке логічне виведення Мамдані; функції належності $gbellmf$; фінансова стабільність (FS); адаптивність до зовнішніх загроз (LETA); соціально-інституційна захищеність (SIS).

ПРОТОПОПОВА Nataliia

Dnipro State University of Internal Affairs

COMPREHENSIVE FUZZY-LOGIC MODEL FOR ASSESSING THE LEVEL OF EXCELLENCE OF PROTECTION OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

This paper presents a comprehensive fuzzy-logical model for assessing Level of Protection Mechanism Maturity (LPMM) of socio-economic systems under conditions of high uncertainty, wartime pressures and accelerated transformation. The approach builds on Mamdani-type fuzzy inference and formalizes heterogeneous economic and institutional signals as linguistic variables in order to reduce information loss and to avoid strong distributional assumptions. The construct includes three input dimensions selected for their integrative role in the protective mechanism: Financial Stability (FS), Level of Adaptability to External Threats (LETA), and Social and Institutional Security (SIS), which jointly determine an integral output indicator LPMM. Each input variable is described by two terms (low/high) and mapped to generalized bell-shaped membership functions $\mu(x)=gbellmf(x,[a,b,c])$, allowing flexible curvature and data-sensitive calibration. With $\omega = 3$ inputs and $z = 2$ terms per input, the rule base contains $r = 2^3 = 8$ if-then rules, ensuring structural completeness and transparent expert interpretation. The model is implemented in Matlab using Fuzzy Logic Toolbox (version R2021A) with a standard defuzzification workflow. Empirical verification for 2021–2025 demonstrates high sensitivity of the integral indicator: a clear LPMM decline in 2022 reflects the effect of external shocks and crisis factors, whereas consistent growth in 2023–2025 indicates gradual recovery and improved adaptation capacity. These results support the practical use of the framework for monitoring resilience, comparing scenarios, ranking policy options, and designing targeted interventions across financial, security, and institutional domains. Because knowledge is encoded as a rule base, the model can be updated as new risks or structural changes emerge, and integrated into automated monitoring and risk-forecasting pipelines. The framework strengthens methodological rigor by combining quantitative inputs with qualitative judgments in a single semantic space, and by providing interpretable outputs suitable for stakeholder communication. It is recommended for use in state design of economic security policy and strategic planning where fast decisions are made under incomplete information.

Keywords: comprehensive fuzzy-logic model; protection mechanism of socio-economic systems; assessment of the level of maturity (LPMM); Mamdani fuzzy inference; $gbellmf$ membership functions; financial stability (FS); adaptability to external threats (LETA); socio-institutional security (SIS).

Стаття надійшла до редакції / Received 24.12.2025

Прийнята до друку / Accepted 20.01.2026

Опубліковано / Published 29.01.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Протопопова Наталія

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Сучасні соціально-економічні системи функціонують в умовах багатофакторної нестабільності, спричиненої воєнними ризиками, посиленням зовнішніх загроз, розривами логістичних ланцюгів, структурними деформаціями ринків, міграційними процесами та інституційними трансформаціями. У таких обставинах ключового значення набуває здатність держави, регіонів і суб'єктів господарювання забезпечувати належний рівень захисту, зберігати фінансову стійкість, швидко адаптуватися до змін середовища та підтримувати соціально-інституційну стабільність.

Наявні підходи до оцінювання безпеки та стійкості переважно спираються на жорсткі кількісні критерії, лінійні агрегування індикаторів або експертні судження без формалізованої процедури узгодження, що знижує їхню придатність для аналізу складних систем у кризових режимах. Водночас практична потреба полягає у побудові інтегрального показника рівня досконалості механізму захисту, який би поєднував фінансові, адаптивні та соціально-інституційні компоненти, дозволяв коректно працювати з лінгвістичними оцінками, відображав нелінійність впливів і забезпечував інтерпретованість результатів для підтримки управлінських рішень. Отже, актуальною є розробка комплексної нечітко-логічної моделі оцінювання рівня досконалості механізму захисту соціально-економічних систем (LPMM) на основі нечіткого виведення, здатної забезпечити інтегральну діагностику стану системи та підвищити обґрунтованість вибору заходів реагування в умовах невизначеності.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Аналіз сучасних наукових публікацій свідчить про зростання уваги дослідників до проблематики захисту та оцінювання стану соціально-економічних систем в умовах трансформаційних змін, цифровізації та посилення глобальних і регіональних загроз. Значний внесок у розвиток цього напрямку зроблено в працях вітчизняних науковців, які розглядають соціально-економічні системи як складні багаторівневі утворення, що потребують комплексного підходу до аналізу та моделювання.

У роботі Діденко А. В. та Протопопової Н. А. акцент зроблено на теоретико-методологічних засадах захисту соціально-економічних систем, зокрема через поєднання аналітичних методів і моделювання [1]. Подальший розвиток цього напрямку представлено у праці Діденко А. В. та Протопопової Н. А. на макрорівні [2]. Вагомий науковий інтерес становить дослідження Богачика Л.А. [3]. У контексті безпекових трансформацій актуальною є праця Тарана Є. [4].

Таким чином, проведений аналіз наукових джерел показує, що, незважаючи на наявність ґрунтовних досліджень у сфері оцінювання та захисту соціально-економічних систем, залишається актуальною проблема розроблення комплексних моделей, здатних інтегрувати економічні, соціальні та інституційні індикатори в умовах невизначеності.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ СТАТТЯ

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, присвячених проблематиці забезпечення економічної безпеки, стійкості та захисту соціально-економічних систем, у сучасній науковій літературі все ще залишаються недостатньо опрацьованими питання комплексного оцінювання рівня досконалості механізмів їх захисту в умовах високої невизначеності, цифрової трансформації та воєнних викликів. Більшість існуючих підходів орієнтована на аналіз окремих складових безпеки або використовує жорсткі кількісні методи, що не завжди дозволяє враховувати якісні характеристики, нелінійність взаємозв'язків та вплив інституційних і соціальних факторів.

Недостатньо дослідженим залишається питання інтеграції фінансових, адаптивних і соціально-інституційних параметрів у межах єдиної моделі, здатної забезпечити узагальнену оцінку рівня досконалості механізму захисту соціально-економічних систем. Існуючі методики, як правило, базуються на фрагментарних показниках або експертних оцінках, що ускладнює їх практичне застосування для порівняльного аналізу, прогнозування ризиків та прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Крім того, у наукових працях недостатньо уваги приділено використанню сучасного аналітичного інструментарію, зокрема нечітко-логічного моделювання, для формалізації складних процесів функціонування соціально-економічних систем. Потребує подальшого дослідження питання побудови інтегрального показника, який би дозволив поєднати різноманітні індикатори в єдиному інформаційному просторі, враховував невизначеність середовища та забезпечував інтерпретованість результатів.

Таким чином, актуальною залишається наукова проблема розроблення комплексного методичного підходу до оцінювання рівня досконалості механізму захисту соціально-економічних систем на основі сучасних інтелектуальних методів аналізу, що й зумовлює спрямованість даного дослідження.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою статті є розроблення та апробація комплексної нечітко-логічної моделі оцінювання рівня досконалості механізму захисту соціально-економічних систем (LPMM) в умовах невизначеності та воєнно-трансформаційних викликів, що забезпечує інтегральне узагальнення фінансових, адаптивних і соціально-інституційних параметрів у межах єдиного показника для підтримки управлінських рішень.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання дослідження: обґрунтувати систему ключових вхідних змінних моделі (фінансова стабільність — FS, адаптивність до зовнішніх загроз — LETA, соціально-інституційна захищеність — SIS) та їх лінгвістичні терми; побудувати функції належності (з використанням g_{bellmf}) і сформулювати базу правил нечіткого виведення Мамдані для отримання інтегрального показника LPMM; реалізувати модель у середовищі Fuzzy Logic Toolbox Matlab та здійснити її верифікацію на даних 2021–2025 рр.; інтерпретувати результати моделювання з позицій діагностики «досконалості»

механізму захисту, оцінити чутливість моделі до кризових впливів і визначити можливості її використання для моніторингу стійкості та прогнозування ризиків.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Оцінювання рівня досконалості механізму захисту соціально-економічної системи в умовах цифрової трансформації є складним багатофакторним процесом, що потребує інтеграції як кількісних, так і якісних параметрів, здатних комплексно відображати стійкість системи до ризиків сучасного цифрового середовища. У зв'язку з цим для побудови інтегрального показника — рівня досконалості механізму захисту соціально-економічних систем (LPMM) — було обрано три ключові індикатори: рівень фінансової стабільності, рівень адаптивності до зовнішніх загроз та рівень соціально-інституційної захищеності. Кожен із них виконує у моделі окрему функціональну роль і відображає відповідний аспект формування інтегрального показника рівня досконалості механізму захисту соціально-економічних систем.

Інтеграція показників фінансової стабільності, адаптивності до зовнішніх загроз і соціально-інституційної захищеності в межах інтегрального індексу LPMM дає змогу сформувати комплексну модель оцінювання рівня досконалості механізму захисту соціально-економічних систем. Такий підхід забезпечує системне врахування економічних, інституційних і безпекових аспектів цифрової трансформації, що є важливим для формування ефективної політики економічної безпеки в умовах зростання цифрових та геополітичних ризиків.

Подальші дослідження у сфері вдосконалення та захисту механізмів функціонування соціально-економічних систем дедалі частіше зосереджуються на галузевому рівні, що зумовлено посиленням структурних ризиків, пов'язаних із воєнними діями, руйнуванням виробничих ланцюгів та необхідністю післявоєнного відновлення економіки України. Особливу увагу в сучасних наукових працях приділено промисловим галузям, зокрема гірничо-металургійному комплексу, як базовому елементу національної соціально-економічної системи.

На рис. 1 представлено загальну будову конструктора нечітко-логічної експертної системи як процес перетворення даних у межах самої системи. Як видно з рис. 1, у межах нечітко-логічного підходу для визначення комплексного показника — рівня досконалості механізму захисту соціально-економічних систем (Level of Protection Mechanism Maturity, LPMM) — було обрано три ключові вхідні показники, що впливають на формування інтегрального індикатора. До них належать: рівень фінансової стабільності (Financial Stability, FS) — перший показник; рівень адаптивності до зовнішніх загроз (Level of Adaptability to External Threats, LETA) — другий показник; та рівень соціально-інституційної захищеності (Social and Institutional Security, SIS) — третій показник.

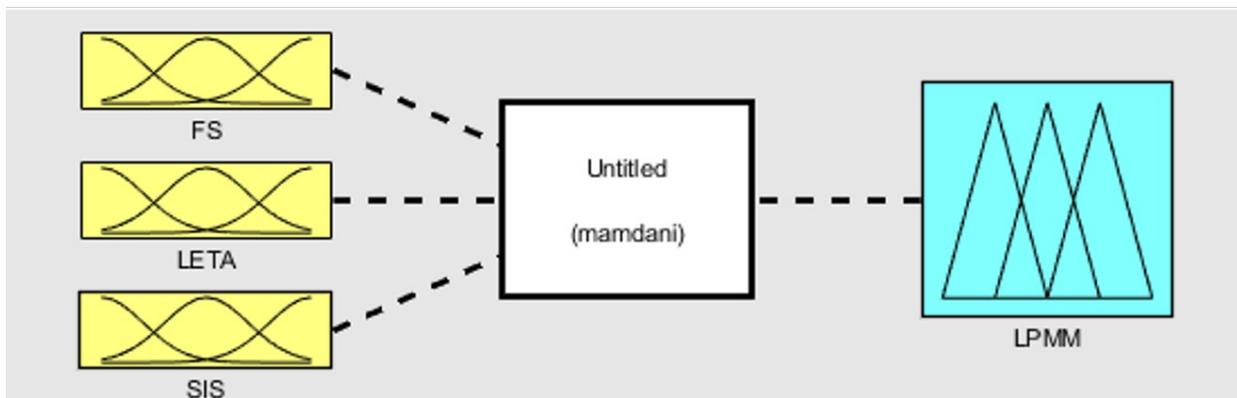


Рис. 1. Загальна будова конструктора нечітко-логічної системи визначення комплексного показника - Рівня досконалості механізму захисту соціально-економічних систем (LPMM)

Джерело: авторська розробка

Наступний етап побудови нечіткої експертної системи заснований на виборі функції належності. Нечітка модель досить ускладнює модель, якщо вона заснована на значній кількості вхідних змінних, у зв'язку з чим кількість вхідних змінних вимагає обґрунтованого оптимального значення.

Для побудови комплексної нечітко-логічної нами обрано дзвонувату функцію належності, яка має візуально має вигляд симетричної кривої і нагадує форму дзвону. Означена функція задається формулою

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}}, \quad (1)$$

параметри якої інтерпретуються таким чином: a – коефіцієнт концентрації функції належності; b – коефіцієнт кривини функції належності; c – координата максимуму функції належності [10].

Наступним етапом побудови нечіткої моделі є ідентифікація нечітко-логічних правил. Враховуючи, що кількість вхідних даних моделі (вхідних змінних) дорівнює ω , а кожен вхід має z нечітких множин (функцій належності), то кількість правил нечіткої логіки можна визначити наступною формулою:

$$r = z^\omega. \quad (2)$$

Кількість нечітких множин на кожному вході приймаємо як $z=2$, кількість вхідних змінних приймаємо як $\omega = 3$. Тоді загальна кількість **усіх можливих комбінацій** вхідних термів дорівнює $r = 2^3 = 8$ для забезпечення повноти моделі.

Моделювання інтегрального ступеня концентрації ринку було виконано в програмному забезпеченні FuzzyLogic Toolbox середовища Matlab (версія R2021A) фірми MathWorks, що вплинуло на настройку і представлення дзвонуватої функції належності. Налаштування функції виглядає наступним чином: $\mu(x) = \text{gbellmf}(x, [a \ b \ c])$, де x – вхідна змінна, a , b і c – вищезгадані параметри (формула (1)). Таке формалізоване представлення функції використовується для точного налаштування параметрів нечіткої моделі відповідно до специфіки економічних даних.

На наступних рис. 2, 3, 4 та 5 представлено атрибути та функції належності для трьох вхідних змінних (FS, LETA, SIS) і однієї вихідної змінної (LPMM). На рис. 2 представлено вхідну змінну FS (“Рівень фінансової стабільності” або Financial Stability (FS)), що має два атрибути (функції належності): Low – відповідає низькому значенню показника FS, High – відповідає високому значенню показника FS. Дану функцію вибираємо дзвонуватою та визначаємо у діапазоні [0 1], де числа від 0 до 1 позначають рівні фінансової стабільності. Функція Low – низький рівень FS – має параметри [0.353 3.39 0.04763], функція High – високий рівень FS – має параметри [0.411 4.19 0.8101].

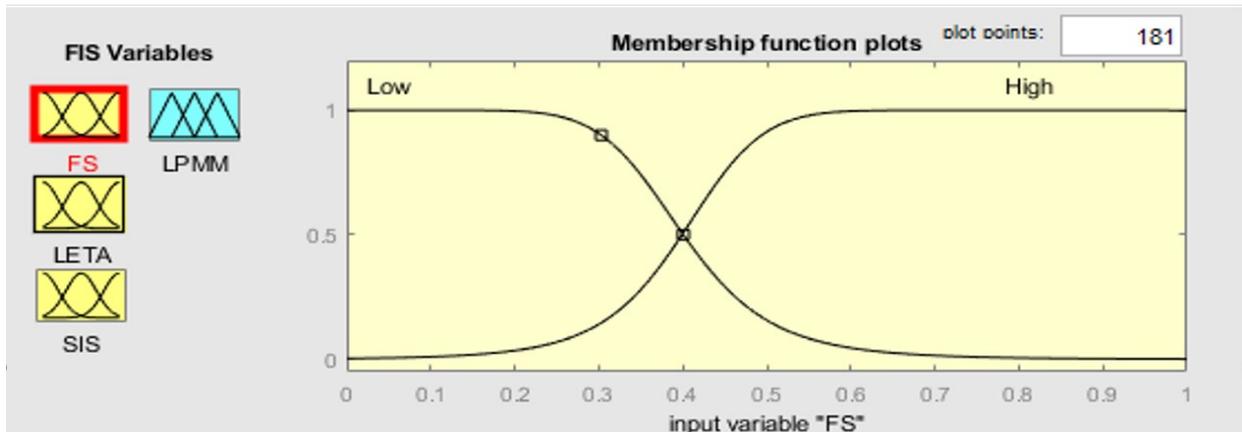


Рис. 2. Функція належності для вхідної лінгвістичної змінної FS (“Рівень фінансової стабільності” або Financial Stability)
Джерело: авторська розробка

На рис. 3 представлено вхідну змінну LETA («Рівень адаптивності до зовнішніх загроз» або Level of Adaptability to External Threats), яка характеризується двома атрибутами (функціями належності): Low — відповідає низькому значенню показника LETA, High — високому значенню показника. Функції належності мають дзвонувату форму та визначені в діапазоні [0; 1]. Зокрема, функція Low, що відображає низький рівень показника LETA, має параметри [0.377 3.77 0.1266], тоді як функція High, що відповідає високому рівню показника LETA, визначається параметрами [0.369 3.55 0.8723].

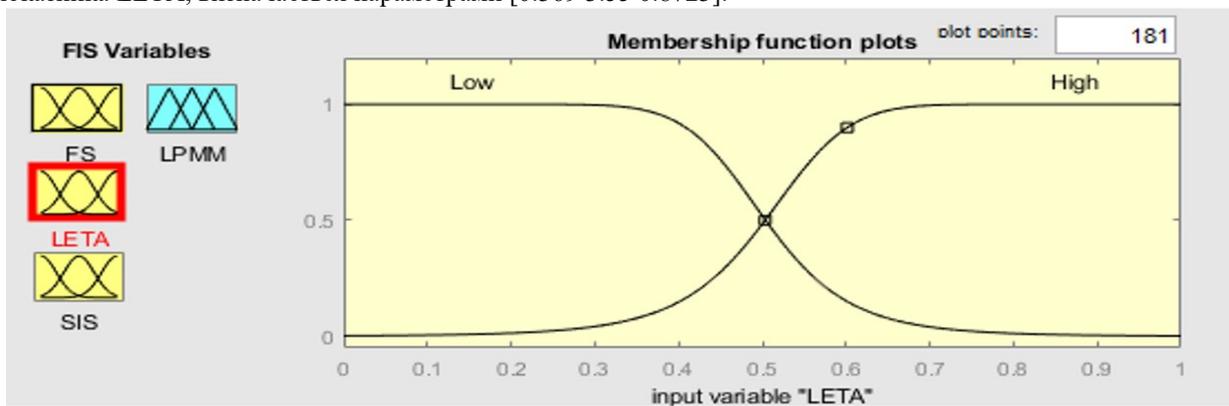


Рис. 3. Функція належності для вхідної лінгвістичної змінної LETA (“Рівень адаптивності до зовнішніх загроз” або Level of Adaptability to External Threats)
Джерело: авторська розробка

На рис. 4 представлено вхідну змінну SIS («Рівень соціально-інституційної захищеності» або Social and Institutional Security), яка характеризується двома атрибутами (функціями належності): Low — відповідає низькому значенню показника SIS, High — високому значенню показника. Функції належності мають дзвонувату форму та визначені в діапазоні [0,8; 1,2]. Зокрема, функція Low, що відображає низький рівень показника SIS, має параметри [0.146 3.47 0.8599], тоді як функція High, що відповідає високому рівню показника SIS, визначається параметрами [0.135 3.129 1.14].

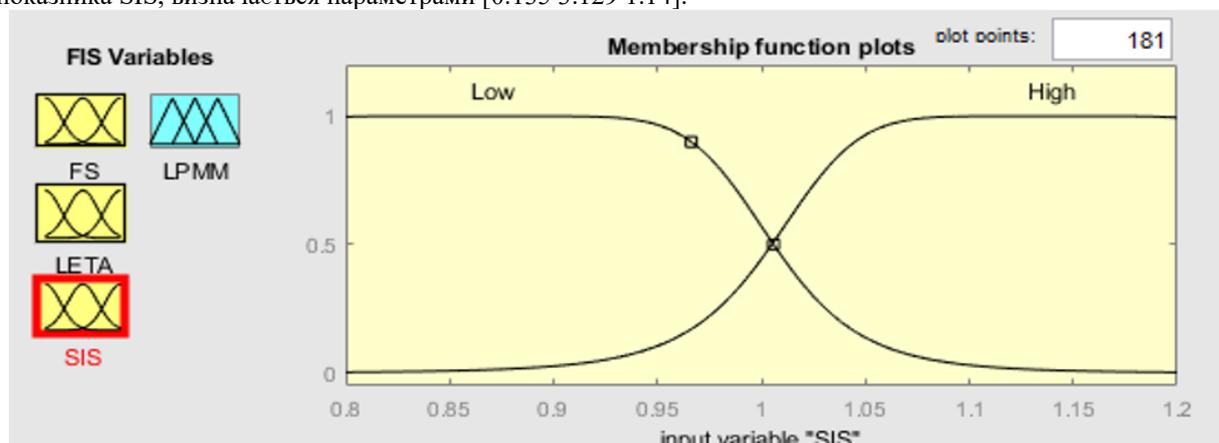


Рис. 4. Функція належності для вхідної лінгвістичної змінної SIS («Рівень соціально-інституційної захищеності» або Social and Institutional Security)

Джерело: авторська розробка

На рис. 5 представлено вихідну змінну — комплексний показник LPMM («Рівень досконалості механізму захисту соціально-економічних систем» або Level of Protection Mechanism Maturity), який характеризується трьома атрибутами (функціями належності). Атрибут Low відповідає низькому значенню показника LPMM і має параметри [0.239 3.12 0.0556]; атрибут Moderate відображає середній рівень показника LPMM і визначається параметрами [0.2084 3.126 0.5]; атрибут High відповідає високому значенню показника LPMM і має параметри [0.208 3.13 0.9127]. Зазначена функція належності має дзвонувату форму та визначена в інтервалі значень [0; 1].

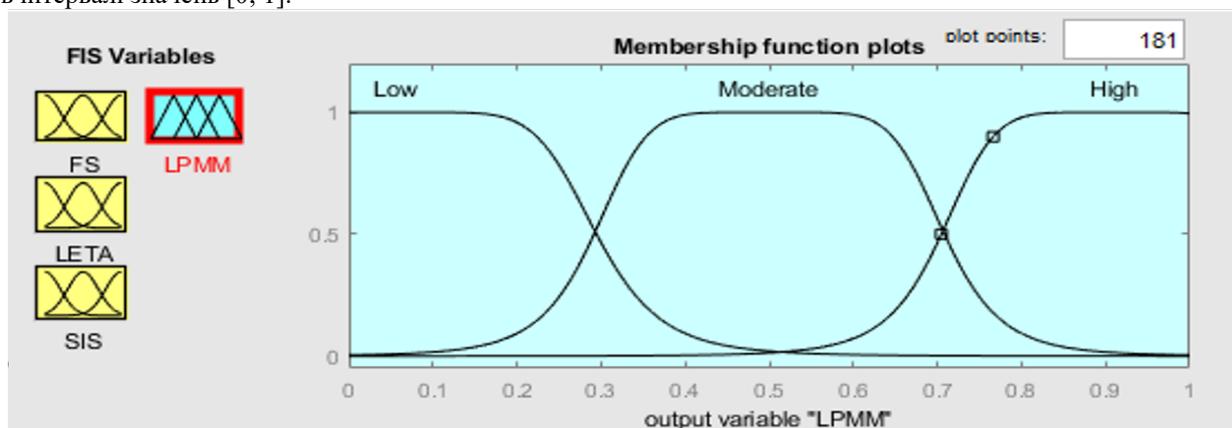


Рис. 5. Функція належності для вихідної лінгвістичної змінної LPMM («Рівень досконалості механізму захисту соціально-економічних систем» або Level of Protection Mechanism Maturity)

Джерело: авторська розробка

На підставі опису трьох вхідних і однієї вихідної змінної визначаємо $2^3 = 8$ нечітких правил для висновку вихідної змінної.

Таким чином, використання поліноміальної моделі дозволяє точніше інтерпретувати траєкторію розвитку показника LPMM, підкреслюючи його чутливість до короткострокових шоків та здатність до відновлення, що є важливим для оцінювання ефективності механізмів захисту й формування заходів економічної безпеки.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Підсумовуючи результати проведеного дослідження, слід зазначити, що розроблена комплексна нечітко-логічна модель оцінювання рівня досконалості механізму захисту соціально-економічних систем (LPMM) в умовах цифрової трансформації є науково обґрунтованим та практично значущим інструментом стратегічного аналізу. Запропонований підхід дозволяє адекватно враховувати багатофакторну природу

сучасних соціально-економічних процесів, що формуються під впливом цифровізації, геополітичної нестабільності та воєнних викликів.

Ключовою перевагою моделі є використання трьох взаємопов'язаних вхідних змінних — рівня фінансової стабільності (FS), рівня адаптивності до зовнішніх загроз (LETA) та рівня соціально-інституційної захищеності (SIS). Така структура дозволяє комплексно охопити економічні, безпекові та інституційні аспекти функціонування соціально-економічних систем у цифровому середовищі. Узгоджене поєднання цих змінних у межах інтегрального показника LPMM забезпечує системний підхід до оцінювання зрілості механізмів захисту.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення набору вхідних змінних, адаптацію моделі до окремих секторів економіки, а також на її інтеграцію в автоматизовані системи моніторингу та прогнозування ризиків соціально-економічного розвитку.

Література

1. Діденко А. В., Протопопова Н. А. Захист соціально-економічних систем: аналіз та моделювання // Економіка та суспільство. 2022. Вип. 38. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-57>
2. Діденко А. В., Протопопова Н. А. Оцінка індикаторів стану соціально-економічних систем країни // Економіка та суспільство. 2023. Вип. 51. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-51-3>
3. Богатчик Л. А. Аналіз можливостей застосування кластерного підходу як індикатора рівня економічної безпеки соціально-економічних систем // Економічні науки. 2021. № 290. С. 219–225. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2021-290-1-39>
4. Таран Є. Формування регіональних кластерів безпеки як напрям реалізації трансформаційного механізму національної безпеки // Літопис Волині : всеукраїнський науковий часопис. 2025. Чис. 33. С. 343–349. <https://doi.org/10.32782/2305-9389/2025.33.55>
5. Myachin, V., Yudina, O., & Myroshnychenko, O. (2021). FUZZY-LOGICAL EXPERT SYSTEM FOR ASSESSING THE FINANCIAL SECURITY OF ENTERPRISES. *Baltic Journal of Economic Studies*, 7(4), 123-135. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2021-7-4-123-135>
6. Паршина О. А., М'ячин В. Г., Куциньська М. В. Обґрунтування та побудова функцій належності в нечітко-логічній моделі оцінки фінансового стану підприємства та ризику настання його банкрутства. *Вісник ОНУ імені І. І. Мечникова*. 2016. Т. 21, вип. 6(48). С. 86–91.
7. Мазур В. Л., Ноговіцин О. В., Клименко С. І., Сіренко К. А. Пріоритетні напрями повоєнного відновлення потенціалу гірничо-металургійного комплексу України // *Метал і луття України*. 2025. Т. 33, № 2 (341). С. 67–73. <https://doi.org/10.15407/steelcast2025.02.067>
8. Радченко Г. А., Тесля О. В. Тенденції розвитку ринку труб України // *Modern Economics : електронне наукове фахове видання з економічних наук*. 2019. № 18. С. 152–157. [https://doi.org/10.31521/modecon.V18\(2019\)-23](https://doi.org/10.31521/modecon.V18(2019)-23)
9. Річний звіт Групи компаній «Інтерпайп» за 2023 рік [Електронний ресурс]. Дніпро : Інтерпайп, 2024. 200 с. Режим доступу: https://interpipe.biz/uploads/block-files/67ab6569447df_2023.pdf
10. Piegat, A. (2001). *Fuzzy Modeling and Control* (Vol. 69). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-7908-1824-6>
11. Гуцалюк О.М. Особливості розвитку технологій управління діяльністю підприємства. *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки*. 2011. Випуск 20. Частина II. С. 147-151.
12. Гуцалюк О. М. Проблеми використання управлінських технологій промисловими підприємствами України. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Пріоритети розвитку підприємств у XXI столітті» (м. Кіровоград, 21-22 квітня 2011 р.)*. Кіровоград: КОД, 2011. Ч. I. С. 145-146.
13. Гуцалюк О. М. Методичний підхід до оцінювання технологічної зрілості підприємства. *Бізнес Інформ*. 2012. № 11. С. 200-204.
14. Гуцалюк О. М., Коцюрба О.Ю. Теоретичні підходи до визначення сутності фінансового забезпечення діяльності підприємств ЖКГ. *Бізнес Інформ*. 2015. № 3. С. 141-149.
15. Сочинська-Сибірцева І. М., Гуцалюк О. М. Оцінка факторів вибору технології управління діяльністю машинобудівного підприємства. *Соціально-економічні аспекти розвитку суспільства : монографія / під ред. М. О. Кизима*. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2014. С. 156-182.

References

1. Didenko A. V., Protopopova N. A. (2022). Zakhyst sotsialno-ekonomichnykh system: analiz ta modeliuvannya [Protection of socio-economic systems: analysis and modeling]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, vol. 38. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-57>
2. Didenko A. V., Protopopova N. A. (2023). Otsinka indyikatoriv stanu sotsialno-ekonomichnykh system krainy [Evaluation of the state indicators of the country's socio-economic systems]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, vol. 51. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-51-3>
3. Bohatchyk L. A. (2021). Analiz mozhlyvostei zastosuvannya klasternoho pidkhodu yak indykatora rivnia ekonomichnoi bezpeky sotsialno-ekonomichnykh system. [Analysis of the possibilities of applying a cluster approach as an indicator of the level of economic security of socio-economic systems]. *Ekonomichni nauky – Economic Sciences*, no. 290, pp. 219–225. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2021-290-1-39>

4. Taran Ye. (2025). Formuvannya rehionalnykh klasteriv bezpeky yak napriam realizatsii transformatsiinoho mekhanizmu natsionalnoi bezpeky [Formation of regional security clusters as a direction for implementing the transformation mechanism of national security]. *Litopys Volyni – Chronicle of Volyn*, issue 33, pp. 343–349. <https://doi.org/10.32782/2305-9389/2025.33.55>
5. Myachin, V., Yudina, O., & Myroshnychenko, O. (2021). FUZZY-LOGICAL EXPERT SYSTEM FOR ASSESSING THE FINANCIAL SECURITY OF ENTERPRISES. *Baltic Journal of Economic Studies*, 7(4), 123-135. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2021-7-4-123-135>
6. Parshyna O. A., M'iachyn V. H., Kutsynska M. V. (2016) Obruntuvannya ta pobudova funktsii nalezhnosti v nechitko-lohichnii modeli otsinky finansovoho stanu pidpriemstva ta ryzyku nastannia yoho bankrutstva [Substantiation and construction of membership functions in a fuzzy-logic model for assessing the financial condition of an enterprise and the risk of its bankruptcy]. *Visnyk ONU imeni I. I. Mechnykova*, vol. 21, no. 6(48), pp. 86–91.
7. Mazur V. L., Nohovitsyn O. V., Klymenko S. I., Sirenko K. A. (2025). Priorityetni napriamy povoiennoho vidnovlennia potentsialu himycho-metalurhiinoho kompleksu Ukrainy. [Priority direction post-war recovery of the mining and metallurgical complex potential of Ukraine]. *Metal i lytie Ukrainy – Metal and Casting of Ukraine*, vol. 33, no. 2 (341), pp. 67–73. <https://doi.org/10.15407/steelcast2025.02.067>
8. Radchenko H. A., Teslia O. V. (2019). Tendentsii rozvytku rynku trub Ukrainy Trends in the development of the pipe market of Ukraine. [Trends in the development of the pipe market of Ukraine]. *Modern Economics*, no. 18, pp. 152–157. [https://doi.org/10.31521/modecon.V18\(2019\)-23](https://doi.org/10.31521/modecon.V18(2019)-23)
9. Interpipe Group of Companies. (2024). Richnyi zvit Hrupy kompanii “Interpaip” za 2023 rik. [Annual report of the Interpipe Group of Companies for 2023]. Dnipro: Interpipe. Available at: https://interpipe.biz/uploads/block-files/67ab6569447df_2023.pdf
10. Piegat, A. (2001). *Fuzzy Modeling and Control* (Vol. 69). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-7908-1824-6>
11. Hutsaliuk, O. M. (2011). Features of the development of enterprise management technologies. *Scientific papers of the Kirovograd National Technical University. Economic Sciences*, Iss. 20. Part II. pp. 147-151.
12. Hutsaliuk, O. M. Problems of using management technologies by industrial enterprises of Ukraine. *Materials of the International Scientific and Practical Conference "Priorities of Enterprise Development in the XXI Century"*, (Kirovograd, April 21-22, 2011). Kirovograd: KOD, Ch. I. pp. 145-146.
13. Hutsaliuk, O. M. (2012). Methodological approach to assessing the technological maturity of an enterprise. *Business Inform*, 11. pp 200-204.
14. Hutsaliuk, O. M., Kotsiurba, O. Yu. (2015). Theoretical approaches to determining the essence of financial support for the activities of housing and communal services enterprises. *Business Inform*, 3. pp.141-149.
15. Sochynska-Sybirseva, I. M., Hutsaliuk, O. M. (2014). Assessment of factors in the choice of technology for managing the activities of a machine-building enterprise. *Socio-economic aspects of society development: monograph / edited by M. O. Kyzyma*. Kharkiv: Publishing House "INZHEK", 156-182p.