



<https://doi.org/10.15407/economyukr.2026.05.037>

УДК 001.895:338.2:303.732.4

JEL: O38

М.З. ЗГУРОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.,
академік НАН України, науковий керівник
Навчально науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу»
МОН України та НАН України
Берестейський просп., 37, корп. 35, 03056, Київ, Україна
e-mail: zgurovsm@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5896-7466>

ФОРСАЙТНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ В УКРАЇНІ ДЕРЖАВНОЇ ПОЛІТИКИ У СФЕРІ НАУКИ, ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІННОВАЦІЙ

Обґрунтовано інтегровану форсайтно-аналітичну архітектуру формування державної політики у сфері науки, технологій та інновацій (НТІ) в Україні. Запропоновано підхід, спрямований на подолання фрагментації визначення науково-технологічних пріоритетів і створення аналітичної основи стратегічного управління розвитком національної інноваційної системи. Наведено методологію, яка поєднує сценарне форсайт-моделювання з комплексом аналітичних інструментів, моделями системної динаміки і міжгалузевого балансу Леонтьєва. Показано, що інтеграція цих методів забезпечує формування і порівняльну оцінку альтернативних сценаріїв розвитку НТІ й визначення пріоритетів державної науково-технологічної політики.

Ключові слова: форсайт; науково-технологічні пріоритети; сценарний аналіз; стратегічне управління; інноваційна система.

Протягом останніх десятиріч наука, технології та інновації (НТІ) визначають структуру глобальної економічної конкуренції і темпи довгострокового зростання. Для країн, що прагнуть переходу до економіки знань, розвиток

Ц и т у в а н н я: Згуровський, М. (2026). Форсайтно-аналітична система формування в Україні державної політики у сфері науки, технологій та інновацій. *Економіка України*. 69. 05(774). 37—59. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2026.05.037>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2026. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

науково-технологічного потенціалу стає ключовим елементом державної політики^{1, 2}. Це потребує системного аналізу глобальних технологічних трендів, оцінки структурних викликів і прогнозування альтернативних траєкторій розвитку. В Україні дана проблема набуває особливої актуальності в умовах війни, післявоєнної реконструкції та інтеграції у європейський дослідницький простір (European Research Area — ERA), тоді як національна система НТТ характеризується фрагментацією пріоритетів і відсутністю цілісної стратегічної архітектури³. Фрагментація призводить до розпорошення ресурсів, дублювання програм і недостатньої концентрації фінансування на стратегічно важливих напрямках, обмежує використання науково-технологічного потенціалу для модернізації економіки (Амелін та ін., 2025). Водночас новий законодавчий контекст передбачає запровадження дворівневої системи пріоритетів (довго- і середньострокових), формування яких вимагає надійної аналітичної основи⁴. У міжнародній практиці таку роль відіграють форсайт-дослідження — системний інструмент аналізу довгострокових технологічних і соціально-економічних змін, який поєднує сценарне моделювання, експертні процедури й кількісні методи і дедалі більше інституціоналізується в державній політиці⁵ (Georghiou et al., 2008). У цьому контексті актуальним є створення інтегрованої форсайт-аналітичної системи, що дозволяє перейти від фрагментарного до системного і доказового формування державної політики у сфері НТТ на основі інтеграції експертних знань, емпіричних даних і кількісних моделей.

Отже, **мета статті** — розробити інтегровану форсайт-аналітичну систему як замкнений аналітичний контур формування державної політики у сфері науки, технологій та інновацій, надати її теоретико-методологічне обґрунтування.

Методи дослідження. Застосовано сценарний форсайт-аналіз і PESTLE-аналіз (Political, Economic, Social, Technological, Legal, Environmental) для визначення драйверів розвитку НТТ. Формалізація впливів здійснювалася за допомогою методу аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process — AHP) і когнітивного моделювання (Fuzzy Cognitive Mapping — FCM). Емпірична вери-

¹ Science, technology and innovation outlook 2023. *OECD*. 2023. Mar 16. URL: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2023_0b55736e-en.html (дата звернення: 06.04.2026).

² European Research Area Policy Agenda. Overview of actions for the period 2022—2024. European Commission, 2021. 25 p. URL: https://commission.europa.eu/system/files/2021-11/ec_rtd_era-policy-agenda-2021.pdf

³ Звіт про роботу Наукового комітету Національної ради України з питань розвитку науки і технологій за 2021 рік. 20 с. URL: <https://sci-com.org.ua/wp-content/uploads/2023/02/%D0%97%D0%B2%D1%96%D1%82-2021.pdf>

⁴ Верховна Рада прийняла за основу законопроект про пріоритетні напрями наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності. *Верховна Рада України*. 2025. 06 лис. URL: <https://www.rada.gov.ua/news/razom/267925.html>

⁵ Technology foresight manual: Organization and methods. UNIDO, 2005. 262 p. URL: <https://www.unido.org/publications/ot/9654749/pdf>

фікація базувалася на аналізі статистичних, бібліометричних і патентних даних з використанням OSINT (Open Source Intelligence). Кількісна оцінка сценаріїв виконана із застосуванням моделей системної динаміки, міжгалузевого балансу Леонтьєва й експертної процедури Delphi—АНР.

Запропонований підхід спрямований на подолання фрагментації визначення науково-технологічних пріоритетів, забезпечення системного, обґрунтованого й адаптивного формування середньо- і довгострокових стратегічних орієнтирів розвитку НТІ України, а також на обґрунтування доцільності інтеграції результатів форсайт-досліджень у систему державного управління.

Наукова новизна статті полягає в розробленні інтегрованої методології формування державної політики у сфері НТІ, що базується на поєднанні сценарного моделювання, аналізу ключових драйверів розвитку, експертного узагальнення знань, моніторингу технологічних трендів і макроекономічної валідації стратегічних рішень. На відміну від існуючих підходів, запропонована методологія забезпечує формалізовану процедуру редукції сценарного простору, інтеграцію якісних і кількісних методів аналізу, а також перехід від сценарного прогнозування до кількісно обґрунтованого формування державних пріоритетів через використання інструментів порівняльної оцінки політик, системи індикаторів раннього попередження та інтегральних індексів пріоритетності, що створює основу для адаптивного стратегічного управління розвитком НТІ в умовах високої невизначеності.

МЕТОДОЛОГІЧНА АРХІТЕКТУРА ФОРСАЙТНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Запропоновану форсайтно-аналітичну систему формування державної політики у сфері науки, технологій та інновацій побудовано як інтегровану багаторівневу архітектуру, що функціонує у вигляді замкнутого аналітичного контуру. Її особливістю є поєднання сценарного моделювання, аналізу драйверів розвитку, експертних процедур і макроекономічного моделювання для валідації стратегічних пріоритетів, що забезпечує інтеграцію експертних оцінок, статистичних даних і кількісних моделей у єдиний процес формування державної політики у сфері НТІ⁶ (Georghiou et al., 2008). Архітектура системи включає сім взаємопов'язаних аналітичних блоків, які забезпечують послідовний цикл формування й перевірки стратегічних рішень (рис. 1).

Блок 1. Сценарне форсайт-моделювання. Формує альтернативні сценарії розвитку НТІ на середньо- і довгострокових горизонтах (2030—2035 рр.). У цьому процесі беруть участь експерти групи А із стратегічним баченням — представники держави, науки й бізнесу, які здійснюють моніторинг джерел (horizon scanning), застосовують сценарний аналіз і визначають

⁶ Science, technology and innovation outlook 2023. *OECD*. 2023. Mar 16. URL: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2023_0b55736e-en.html (дата звернення: 03.04.2026).

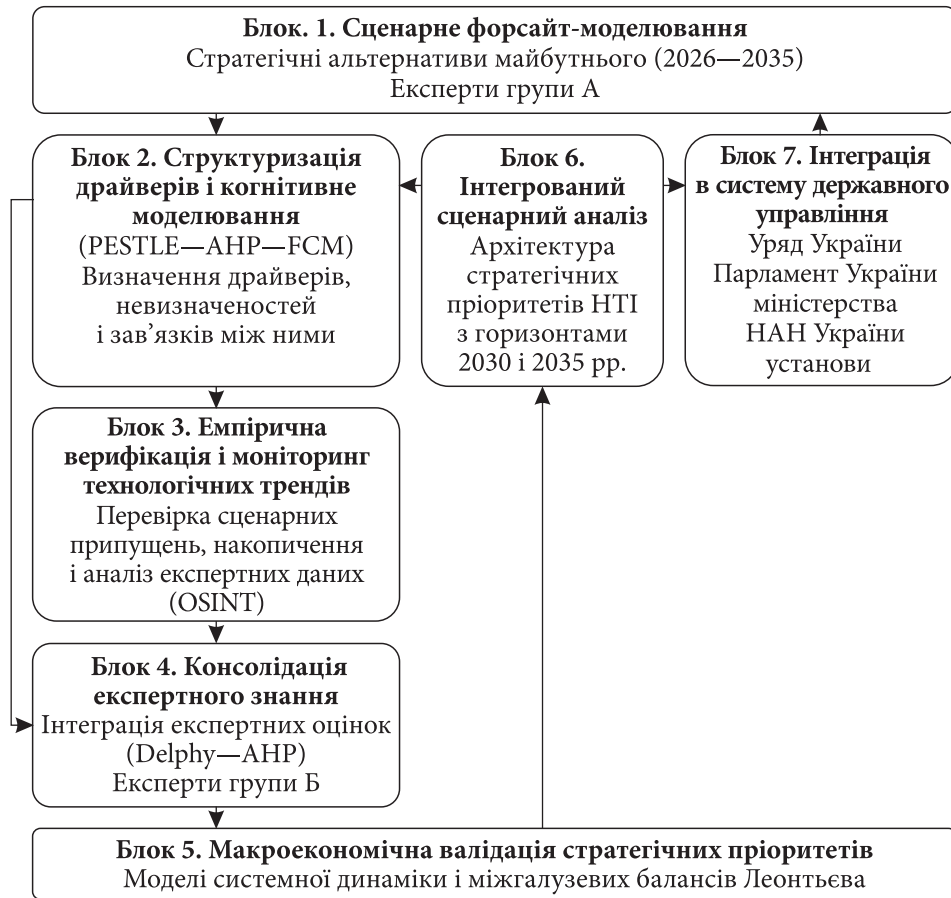


Рис. 1. Інтегрована форсайт-аналітична система формування державної політики у сфері НТІ

Джерело: побудовано автором.

ключові драйвери й критичні невизначеності, формуючи початковий сценарний простір⁷ (Georghiou et al., 2008). Сценарії розглядаються як альтернативні стратегічні контексти розвитку, що задають рамки формування державних пріоритетів. Основою їх побудови є ідентифікація драйверів і критичних невизначеностей, які встановлюють можливі траєкторії розвитку системи, зокрема геополітичної ситуації, темпів економічної реконструкції, технологічної динаміки, рівня інтеграції до європейського дослідницького простору та інституційних параметрів державної інноваційної політики.

Блок 2. Структуризація драйверів і когнітивне моделювання. Забезпечує формалізацію сценарних припущень і перехід від якісного аналізу до структурованої аналітичної моделі. Для систематизації факторів використовується PESTLE-аналіз, який охоплює політичні, економічні, соціальні, технологічні, правові та екологічні аспекти розвитку (Belsare, 2025). Ваги драйве-

⁷ Там само.

рів визначаються за допомогою методу аналізу ієрархій (АНР) на основі парних порівнянь (Saaty, 2008), а їх взаємозв'язки моделюються із застосуванням когнітивного моделювання (FCM), що дозволяє відображати причинно-наслідкові зв'язки в складних соціально-економічних системах (Kosko, 1986).

Блок 3. Емпірична верифікація та моніторинг технологічних трендів. Забезпечує перевірку сценарних припущень через системний аналіз глобальних науково-технологічних тенденцій. Інформаційною базою є національні статистичні дані, українська науково-інформаційна система (Ukrainian Research Information System — URIS), а також міжнародні бібліометричні й патентні бази (Scopus, Web of Science). Додатково застосовується Open Source Intelligence (OSINT) для виявлення технологічних трендів і «слабких сигналів» (Weak Signals) — ранніх індикаторів можливих змін^{8,9,10}. Узгодження результатів забезпечується з урахуванням орієнтирів ОЕСР і ERA.

Блок 4. Консолідація експертного знання. Спрямований на інтеграцію експертних оцінок у формування пріоритетів. Експерти групи Б для формування узгоджених оцінок перспективності технологічних напрямів застосовують методологію Delphi—АНР, що поєднує багатораундові анонімні опитування з багатокритеріальним аналізом (Linstone, Turoff, 1975), чим забезпечується узгодження позицій науки, держави, бізнесу і громадянського суспільства.

Блок 5. Макроекономічна валідація стратегічних пріоритетів. Забезпечує кількісну перевірку пріоритетів у межах альтернативних сценаріїв з використанням моделей системної динаміки і міжгалузевого балансу Леонтьєва. Моделювання (переважно на горизонті до 2030 р.) дозволяє оцінити економічні ефекти, зокрема вплив інвестицій у науку і технології на структуру економіки й темпи зростання (Leontief, 1986), і відсіяти неефективні сценарні конфігурації. Отримані результати узгоджуються з довгостроковими орієнтирами розвитку до 2035 р.

Блок 6. Інтегрований сценарний аналіз. Інтегрує результати попередніх етапів для уточнення сценаріїв і конфігурації пріоритетів. Використовуються методи сценарного аналізу, ідентифікації драйверів і критичних невизначеностей, що дозволяє сформулювати фінальні сценарії, стратегічні матриці й систему індикаторів раннього попередження для моніторингу і адаптації політики¹¹ (Porper, 2008).

Блок 7. Інтеграція в систему державного управління. На завершальному етапі результати передаються органам державної влади, науковим установам і бізнесу для використання у формуванні й реалізації політики у

⁸ Там само.

⁹ Technology foresight manual: Organization and methods. UNIDO, 2005. 262 p. URL: <https://www.unido.org/publications/ot/9654749/pdf>

¹⁰ Main science and technology indicators. OECD. 2022. URL: <https://www.oecd.org/sti/msti.htm> (дата звернення: 03.04.2026).

¹¹ Strategic foresight for better policies. OECD. 2021. URL: <https://www.oecd.org/strategic-foresight/> (дата звернення: 06.04.2026).

сфері НТІ, що відповідає сучасним підходам інтеграції форсайту в процес ухвалення рішень.

Важливою характеристикою системи є наявність зворотного зв'язку: результати блоків 6 і 7 повертаються до блоків 1 і 2, забезпечуючи безперервне уточнення сценаріїв, драйверів і пріоритетів. Таким чином, система функціонує як адаптивний цикл стратегічного управління НТІ, здатний реагувати на зміни зовнішнього середовища (Georghiou, 2008; Linstone, Turoff, 1975).

ПРИКЛАДНА АПРОБАЦІЯ ПІДХОДУ ДО ФОРМУВАННЯ СЦЕНАРІЇВ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НТІ

Для демонстрації практичного застосування запропонованої форсайтної аналітичної системи розглянемо ілюстративний приклад формування альтернативних сценаріїв розвитку національної системи науки, технологій та інновацій. Продемонструємо механізм переходу від початкового комбінаторного простору можливих конфігурацій майбутнього до обмеженої множини стратегічно відмінних сценаріїв, придатних для використання в процесі формування державної політики у сфері НТІ. Розглянемо ілюстративний модельний приклад. Нехай експерти групи А внесли на розгляд три критичні невизначеності (табл. 1).

На першому етапі дослідження здійснюється ідентифікація ключових драйверів змін, що визначають можливі траєкторії розвитку системи. Для цього застосовується PESTLE-аналіз, який дозволяє систематизувати фактори зовнішнього середовища (Belsare, 2025). Аналіз проводиться експертами групи А на основі міждисциплінарного підходу і узгоджених процедур обговорення. Серед виявлених драйверів відбираються критичні невизначеності — фактори з високим впливом і значною невизначеністю майбутніх

**Таблиця 1. Набір сценаріюутворювальних параметрів
на основі комбінацій критичних невизначеностей**

№	Невизначеності	Позначення	Стани
1	Геополітична стабільність	G	G_1 = стабілізація (0,7) G_2 = ескалація (0,3)
2	Темпи реконструкції економіки	R	R_1 = швидка (0,6) R_2 = повільна (0,4)
3	Технологічна динаміка	T	T_1 = проривна (0,5) T_2 = інерційна (0,5)

Примітка: кількісні значення, наведені в дужках (стовпчик «Стани»), відображають експертні оцінки відносної правдоподібності альтернативних станів невизначеностей (ваги можливих станів), задані автором для ілюстрації і узгоджені з логікою методу аналізу ієрархій (АНР).

Джерело: складено автором.

Таблиця 2. Розрахунок ваг можливих станів невизначеностей для повної множини сценарних конфігурацій (деякі сценарії мають однакову вагу через симетрію параметрів)

№	Сценарії	Сценарні конфігурації G, R, T	Розрахунки ваг	Ваги $W(\omega)$
1	S_1	G_1, R_1, T_1	$0,7 \times 0,6 \times 0,5$	0,21
2	S_2	G_1, R_1, T_2	$0,7 \times 0,6 \times 0,5$	0,21
3	S_3	G_1, R_2, T_1	$0,7 \times 0,4 \times 0,5$	0,14
4	S_4	G_1, R_2, T_2	$0,7 \times 0,4 \times 0,5$	0,14
5	S_5	G_2, R_1, T_1	$0,3 \times 0,6 \times 0,5$	0,09
6	S_6	G_2, R_1, T_2	$0,3 \times 0,6 \times 0,5$	0,09
7	S_7	G_2, R_2, T_1	$0,3 \times 0,4 \times 0,5$	0,06
8	S_8	G_2, R_2, T_2	$0,3 \times 0,4 \times 0,5$	0,06

Джерело: складено автором за власно отриманими даними.

станів. Їх відбір здійснюється шляхом якісно-кількісного оцінювання впливу і рівня невизначеності, що дозволяє розглядати критичні невизначеності як основу сценарного аналізу (Georgiou, 2008; Porper, 2008).

Для кожної критичної невизначеності встановлюються альтернативні стани з оцінками відносної правдоподібності за методом АНР (Saaty, 2008), що базується на процедурах парних порівнянь з перевіркою узгодженості. Комбінації цих станів формують початковий сценарний простір $\Omega = \prod_{i=1}^n k_i$, де n — кількість критичних невизначеностей, а k_i — кількість альтернативних станів кожної з них. Наприклад, для трьох невизначеностей з двома станами формується $2^3 = 8$ сценаріїв. Із збільшенням кількості невизначеностей простір зростає експоненційно («комбінаторний вибух») ¹² (Schwartz, 1996), тому застосовується його редукція за допомогою структурних, економічних і експертних фільтрів за участю експертів групи А.

На другому етапі уточнюються результати шляхом кількісної оцінки ваг невизначеностей методом АНР (Saaty, 2008). Вага конкретної сценарної конфігурації $\omega = (G_p, R_j, T_k)$ визначається як добуток ваг відповідних станів невизначеностей: $W(\omega) = w(G_p) \cdot w(R_j) \cdot w(T_k)$, що інтерпретується як індекс відносної правдоподібності (за нормування — як оцінка імовірності) (Porper, 2008). Це дозволяє розрахувати значення $W(\omega)$ для всіх конфігурацій сценарного простору ($\Omega = 2^3 = 8$), результати чого подано в табл. 2.

Для повного сценарного простору $\Omega = 2^3 = 8$ значення $W(\omega)$ дозволяють ранжувати сценарії за рівнем їх правдоподібності (див. табл. 2). Водночас результати такого ранжування є чутливими до ваг невизначеностей, тому для перевірки стійкості отриманих оцінок доцільно провести аналіз чутли-

¹² European Commission Joint Research Centre. (2020). Foresight for policy: Handbook of strategic foresight. Publications Office of the European Union. URL: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/foresight_en (дата звернення: 03.04.2026).

вості. Навіть у спрощеній моделі окремі конфігурації можуть бути структурно суперечливими або економічно домінованими, тобто поступатись іншим сценаріям за ключовими параметрами. З огляду на це, третій етап методології передбачає редукцію сценарного простору Ω шляхом послідовного застосування операторів відбору за критеріями структурної узгодженості, економічної доцільності й стратегічної релевантності (табл. 3).

Таким чином, система реалізує послідовну редукцію сценарного простору $\Omega \xrightarrow{A_1} \Omega_1 \xrightarrow{A_2} \Omega_2 \xrightarrow{A_3} \Omega^*$, у межах якої початковий набір конфігурацій трансформується в обмежену множину стратегічно релевантних сценаріїв, придатних для формування державної політики у сфері НТП (див. табл. 3) (Georghiou et al., 2008; Bishop et al., 2007; Godet, 2006).

На I етапі (Блок 2) усуваються структурно суперечливі конфігурації із застосуванням когнітивного моделювання на основі нечітких когнітивних карт (FCM) [10]: $\Omega_1 = \{\omega \in \Omega | C(\omega) = 1\}$, де $C(\omega)$ — критерій структурної узгодженості. У результаті розмір простору зменшується з $|\Omega| = 8$ до $|\Omega_1| = 6$.

На II етапі (Блок 5) здійснюється економічна верифікація сценаріїв з використанням моделей системної динаміки (Sternan, 2000) і міжгалузевого балансу Леонтьєва (Leontief, 1986). Застосовується правило усунення домінування: $\Omega_2 = \Omega_1 / D$, де D — множина економічно домінованих сценаріїв, що забезпечує подальшу редукцію простору до $|\Omega_2| = 4$.

Таблиця 3. Послідовна редукція сценарного простору у форсайтно-аналітичній системі

Етапи	Оператори редукції	Аналітичні процедури	Методологічні блоки	Результати редукції
I	A_1 — фільтр структурної узгодженості	Перевірка логічної і причинно-наслідкової узгодженості комбінацій сценаріюутворювальних параметрів	Блок 2 — когнітивне моделювання (Fuzzy Cognitive Mapping)	$\Omega = 8$ конфігурацій $\rightarrow \Omega_1 = 6$ конфігурацій
II	A_2 — економічна валідація	Виключення сценарних конфігурацій, які не створюють нових економічних або структурних умов розвитку	Блок 5 — макроекономічне моделювання (застосування методу системної динаміки і міжгалузевого балансу Леонтьєва)	$\Omega_1 = 6 \rightarrow \Omega_2 = 4$ конфігурації
III	A_3 — експертна агрегація сценаріїв	Об'єднання аналітично близьких конфігурацій і виокремлення стратегічно відмінних сценаріїв	Блок 4 — експертна процедура Delphi—AHP	$\Omega_2 = 4 \rightarrow \Omega^* = 3-4$ сценарії

Джерело: складено автором за власно отриманими даними.

Таблиця 4. Кількісні параметри сценаріїв розвитку національної системи НТІ (горизонт 2030 р.)

№	Параметри	Сценарій 1 «Технологічна конвергенція»	Сценарій 2 «Селективна адаптація»	Сценарій 3 «Інерційна стагнація»
1	Конфігурація невизначеностей	G_1 — стабілізація R_1 — швидка реконструкція T_1 — технологічний прорив	G_1 — стабілізація R_2 — повільна реконструкція T_1 / T_2 — змішана динаміка	G_2 — ескалація R_2 — повільна реконструкція T_2 — технологічна інерція
2	Відносна вага сценарію	≈0,21	≈0,14	≈0,06
3	Загальна характеристика	Системна модернізація та інтеграція в європейський науково-технологічний простір	Часткова модернізація з концентрацією інновацій у кількох секторах	Інерційний розвиток і поступова деградація науково-технологічного потенціалу
4	Витрати на НДДКР, % ВВП	2,5—3,0	1,2—1,6	0,6—0,9
5	Частка високо-технологічного (high-tech) експорту, %	15—20	8—12	4—6
6	Середньорічне зростання ВВП, %	5—7	3—4	1—2
7	Інноваційно активні підприємства, %	40—50	25—30	10—15
8	Мультиплікатор інвестицій у НТІ	1,8—2,2	1,4—1,6	1,1—1,3
9	Ключові технологічні напрями	ІІІ та цифрові технології, біотехнології, нові матеріали, квантові й фотонні технології, енергетичні технології (зокрема, воднева енергетика), оборонні та космічні технології, кібербезпека, адитивне виробництво	ІТ, оборонні технології, агротехнології, енергетика	Підтримка критичних технологій
10	Структурні наслідки	Формування технологічних кластерів та інтеграція в європейський науковий простір	Нерівномірний розвиток окремих технологічних секторів	Деградація частини наукової інфраструктури

Закінчення таблиці 4

№	Параметри	Сценарій 1 «Технологічна конвергенція»	Сценарій 2 «Селективна адаптація»	Сценарій 3 «Інерційна стагнація»
11	Стратегічні ризики	Недостатня інституційна спроможність і залежність від зовнішніх інвестицій	Фрагментація інноваційної політики	Втрата науково-технологічного потенціалу
12	Індикатори раннього попередження	Зростання витрат на НДДКР, участь у Horizon Europe, зростання Deep-tech стартапів	Інновації концентруються в кількох галузях	Скорочення фінансування науки, вплив дослідників

Примітка: Deep-tech стартапи — це інноваційні проекти, що базуються на результатах фундаментальних і прикладних наукових досліджень і характеризуються високим рівнем технологічної складності й значною часткою НДДКР.
Джерело: складено автором за власно отриманими даними моделювання.

На III етапі (Блок 4) застосовується експертна процедура Delphi—АНР (Georghiou et al., 2008; Popper, 2008), у межах якої близькі за вагою сценарії ($d(\omega_p, \omega_j) < \epsilon$) агрегуються. Порогове значення ϵ встановлюється експертно або на основі статистичних характеристик розподілу ваг. У результаті формується фінальна множина Ω^* , що зазвичай містить 3-4 стратегічно відмінні сценарії розвитку НТІ України в умовах високої невизначеності. Така процедура відповідає логіці функціонування системи: Блок 2 забезпечує структурну узгодженість, Блок 4 — експертну агрегацію, а Блок 5 — економічну валідацію сценаріїв. У результаті послідовної редукції сценарного простору Ω і подальшого моделювання конфігурацій критичних невизначеностей з урахуванням їх вагових коефіцієнтів $W(\omega)$ отримано фінальну множину Ω , яка репрезентована трьома базовими сценаріями розвитку НТІ на горизонті до 2030 р. (табл. 4).

Таблиця 4 відображає три альтернативні сценарії розвитку національної системи НТІ на горизонті до 2030 р., сформовані залежно від комбінації ключових невизначеностей — геополітичної ситуації, темпів економічної реконструкції і технологічної динаміки^{13, 14}. Для підвищення їх достовірності доцільним є порівняння з емпіричними трендами, зокрема, динамікою витрат на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи (R&D, дослідження і розробки), структурою експорту та інноваційною активністю, що дозволяє здійснити ретроспективну валідацію.

¹³ Regional innovation systems: Policy approaches and tools. OECD, 2022. URL: https://www.oecd.org/en/publications/regions-and-innovation-policy_9789264097803-en.html (дата звернення: 02.02.2026).

¹⁴ UNESCO Science Report: The race against time for smarter development. UNESCO, 2021. 736 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377433>

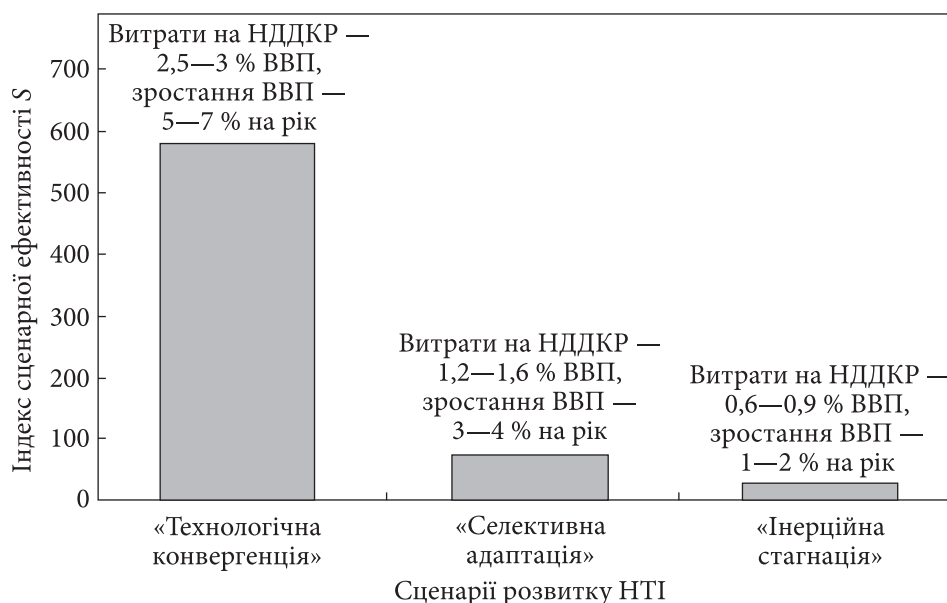


Рис. 2. Порівняння ефективності сценаріїв розвитку НТІ України на часовому горизонті до 2030 р.

Джерело: побудовано автором за власно отриманими даними моделювання.

Порівняння параметрів демонструє суттєву диференціацію інноваційного потенціалу: із зростанням витрат на НДДКР (з 0,6—0,9 до 2,5—3,0 % ВВП) збільшуються частка високотехнологічного експорту (з 4—6 до 15—20 %) і темпи економічного зростання (з 1—2 до 5—7 %), що узгоджується з емпіричними дослідженнями¹⁵. Для узагальненого порівняння використовується інтегральний індекс сценарної ефективності: $S_i = R\&D_i \times HTX_i \times g_{GDPi} \times M_i$, де $R\&D_i$ — витрати на НДДКР (% ВВП); HTX_i — частка високотехнологічного експорту; g_{GDPi} — середньорічні темпи зростання ВВП; M_i — мультиплікатор інвестицій у науково-технологічні інновації. Слід урахувати, що мультиплікативна форма індексу підсилює диференціацію сценаріїв, тому отримані оцінки слід інтерпретувати як відносні індикатори, а не як абсолютні величини. З огляду на це, орієнтовні значення індексу становлять:

сценарій 1 «Технологічна конвергенція»: $S_1 \approx 2,75 \times 17,5 \times 6 \times 2,0 \approx 578$;

сценарій 2 «Селективна адаптація»: $S_2 \approx 1,4 \times 10 \times 3,5 \times 1,5 \approx 73,5$;

сценарій 3 «Інерційна стагнація»: $S_3 \approx 0,75 \times 5 \times 1,5 \times 1,2 \approx 6,75$.

Отримані оцінки демонструють значну асиметрію інноваційного потенціалу сценаріїв: інтегральний індекс ефективності для сценарію «Технологічна конвергенція» перевищує для сценарію «Селективна адаптація» в 7—8 разів, а для сценарію «Інерційна стагнація» — у 80—90 разів (рис. 2). Це підтверджує критичну роль інвестицій у науку і технології для забезпечення дов-

¹⁵ Science, technology and innovation outlook 2023. OECD. 2023. Mar 16. https://www.oecd.org/en/publications/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2023_0b55736e-en.html (дата звернення: 02.02.2026).

Таблиця 5. Стратегічна матриця сценаріїв розвитку НТІ України (горизонт до 2035 р.)

Сценарії	Ключові драйвери	Очікувані результати	Стратегічні ризики	Рекомендовані політичні дії
«Технологічна конвергенція»	Геополітична стабілізація Швидка економічна реконструкція Проривна технологічна динаміка Інтеграція в європейський науковий простір	Прискорена модернізація НТІ Формування технологічних кластерів Зростання частки високо-технологічного експорту Перехід до економіки знань	Інституційна неспроможність ефективно використати інвестиції Залежність від зовнішнього фінансування Нерівномірний регіональний розвиток	Національні технологічні програми Масштабне фінансування НДДКР Створення мережі наукових парків і кластерів Інтеграція в європейський науковий простір
«Селективна адаптація»	Відносна геополітична стабілізація Повільна реконструкція економіки Змішана технологічна динаміка	Часткова модернізація економіки Розвиток окремих секторів (ІТ, оборонні технології, агротехнології, енергетика) Помірне зростання інноваційної активності	Фрагментація інноваційної політики Концентрація інновацій у вузьких секторах Обмежений технологічний мультиплікатор	Концентрація ресурсів на 3-4 стратегічних напрямках Розвиток регіональних інноваційних кластерів Підтримка технологічного трансферу
«Інерційна стагнація»	Геополітична ескалація Повільна реконструкція економіки Інерційна технологічна динаміка	Зниження інноваційної активності Деградація частини наукової інфраструктури Скорочення технологічного експорту	Втрата науково-технологічного потенціалу Відплив дослідників Посилення технологічної залежності від інших країн	Підтримка базової наукової інфраструктури Програми утримання дослідників Точкова підтримка критичних технологій (оборона, енергетика, кібербезпека)

Джерело: складено автором за власно отриманими даними моделювання.

гострокового економічного зростання і структурної модернізації економіки (Aghion, Howitt, 2009).

Довгострокові траєкторії розвитку НТІ на горизонті до 2035 р. подано в табл. 5. На відміну від кількісного аналізу сценаріїв для горизонту до 2030 р., стратегічна матриця зосереджена на інституційних і структурних аспектах, зокрема, взаємозв'язках між драйверами розвитку, очікуваними результатами, ризиками та інструментами державної політики¹⁶.

Порівняльний аналіз показує, що розвиток національної інноваційної системи визначається поєднанням трьох ключових факторів — геополітичної стабільності, темпів економічної реконструкції і технологічної динаміки, які формують альтернативні сценарні траєкторії НТІ. У сценарії «Технологічна конвергенція» їх сприятлива взаємодія забезпечує модернізацію інноваційної екосистеми, розвиток технологічних кластерів, інтеграцію в європейський науковий простір і зростання високотехнологічного експорту. Водночас ризиками залишаються інституційні обмеження й можливі регіональні дисбаланси, уникнення яких потребує реалізації політики розвитку технологічних програм, кластерів і міжнародної інтеграції¹⁷.

Сценарії «Селективна адаптація» та «Інерційна стагнація» відображають менш сприятливі конфігурації: у першому випадку інноваційний розвиток концентрується у вузькому колі секторів (ІТ, оборонні, агро- і енергетичні технології), що супроводжується ризиком фрагментації політики¹⁸, а в другому — спостерігаються зниження інноваційної активності, деградація наукової інфраструктури і посилення технологічної залежності, уникнення яких потребує залучення політики збереження базового науково-технологічного потенціалу¹⁹. Таким чином, сценарний підхід дозволяє узгодити інструменти державної політики з умовами розвитку системи.

У сучасних форсайт-дослідженнях стратегічною метою є формування гнучкої системи інструментів науково-технологічного розвитку, здатної залишатись ефективною в різних сценарних умовах і забезпечувати довгострокову стійкість інноваційної системи²⁰. Водночас запропонований підхід має обмеження, зокрема залежність від експертних оцінок, спрощений характер моделі та обмеженість набору критичних невизначеностей.

¹⁶ Strategic foresight report 2023: Sustainability and people's wellbeing at the heart of Europe's open strategic autonomy. *European Commission*, 2023. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/strategic-planning/strategic-foresight_en (дата звернення: 04.02.2026).

¹⁷ European innovation scoreboard 2023. *European Commission*. URL: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_en (дата звернення: 03.02.2026).

¹⁸ Regions and innovation policy. *OECD*, 2011. <https://doi.org/10.1787/9789264097803-en>

¹⁹ UNESCO Science Report: The race against time for smarter development. *UNESCO*, 2021. 736 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377433>

²⁰ Foresight for policy: Handbook of strategic foresight. *European Commission Joint Research Centre*, 2020. URL: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/foresight_en (дата звернення: 03.02.2026).

ІНТЕГРАЦІЯ ФОРСАЙТНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ В СТРАТЕГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ І ФОРМУВАННЯ ДЕРЖАВНОЇ ПОЛІТИКИ НТІ

Сценарний аналіз дозволяє розглядати розвиток національної системи науки, технологій та інновацій як множину альтернативних стратегічних контекстів, що створює основу для формування адаптивної державної політики. Застосування форсайтно-аналітичної системи дає змогу оцінювати стійкість пріоритетів, ідентифікувати ризики і продукувати гнучкі політичні рішення. Для узгодження сценаріїв з інструментами політики використовується матриця виграшів (payoff matrix) (Saaty, 2008; Bishop et al., 2007; Vecchiato, 2012). Нехай $\Omega = \{S_1, S_2, S_3\}$ — множина сценаріїв, відповідно, «Технологічна конвергенція», «Селективна адаптація» та «Інерційна стагнація», а $P = \{P_1, P_2, P_3\}$ — набір політичних інструментів: P_1 — технологічні програми та фінансування науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, P_2 — розвиток інноваційних кластерів і трансферу технологій, P_3 — підтримка наукової інфраструктури. Ефективність політики описується матрицею $U = (U_{ij})$, де $U_{ij} = U(S_i, P_j)$ — відносна соціально-економічна ефективність інструменту P_j у сценарії S_i .

На основі інтегральних індексів ефективності сценаріїв ($S_1 \approx 578$; $S_2 \approx 73,5$; $S_3 \approx 6,75$) сформовано ілюстративну матрицю виграшів (табл. 6).

Значення матриці виграшів мають відносний характер і використовуються для порівняльної оцінки ефективності політичних інструментів у різних сценарних умовах. Для узагальнення введено інтегральний показник ефективності державної політики: $\text{Policy}_s = \sum_j w_j \cdot U(S, P_j)$, де w_j — ваги інструментів (у прикладі: 0,5; 0,3; 0,2). Відповідні оцінки становлять: $\text{Policy}_1 \approx 457$ («Технологічна конвергенція»), $\text{Policy}_2 \approx 76$ («Селективна адаптація»), $\text{Policy}_3 \approx 8,4$ («Інерційна стагнація»). Отримані результати демонструють значну асиметрію: ефективність політики в сприятливому сценарії перевищує альтернативи, відповідно, у 6 і більш як 50 разів, що підтверджує її залежність від макроекономічних, інституційних і геополітичних умов розвитку.

Інтерпретація результатів передбачає диференціацію політики: у сценарії «Технологічна конвергенція» пріоритетними є інвестиції у науку, розвиток кластерів і міжнародну інтеграцію; у сценарії «Селективна адаптація» — концентрація ресурсів у ключових технологічних напрямках; у сценарії «Інерційна стагнація» — збереження базового науково-технологічного потенціалу. Таким чином, сценарний підхід забезпечує формування адаптивного портфеля політичних інструментів.

Важливим елементом інтеграції форсайту є система індикаторів раннього попередження (Early Warning Indicators — EWI), яка дозволяє ідентифікувати сценарій, що реалізується. У запропонованій системі EWI пов'язано з ключовими параметрами інноваційного розвитку: рівнем інвестицій у НДДКР, часткою високотехнологічного експорту, інноваційною активністю підприємств і участю в міжнародних наукових програмах (табл. 7).

Таблиця 6. Матриця виграшів для сценаріїв розвитку НТІ

Інструменти Сценарії	Технологічні програми (P_1)	Інноваційні кластери (P_2)	Підтримка наукової інфраструктури (P_3)
«Технологічна конвергенція» (S_1)	578	420	210
«Селективна адаптація» (S_2)	73,5	96	65
«Інерційна стагнація» (S_3)	6,75	8	15

Джерело: побудовано автором за власно отриманими даними моделювання.

Таблиця 7. Індикатори раннього попередження для альтернативних сценаріїв розвитку НТІ

Сценарії	Ключові індикатори EWI	Орієнтовні порогові значення
«Технологічна конвергенція»	Швидке зростання інвестицій у НДДКР Активна участь у Horizon Europe Зростання кількості Deep-tech стартапів	НДДКР >2 % ВВП >1000 патентних заявок >15 % high-tech експорту
«Селективна адаптація»	Концентрація інновацій у кількох секторах Помірне зростання технологічного експорту	НДДКР 1—1,5 % ВВП 8—12 % high-tech експорту 20—30 % інноваційно активних підприємств
«Інерційна стагнація»	Скорочення фінансування науки Відплив дослідників Зниження міжнародної наукової співпраці	НДДКР <1 % ВВП <5 % high-tech експорту відплив >5 % дослідників на рік

Джерело: складено автором за власно отриманими даними моделювання.

Індикатори раннього попередження виконують три ключові функції: моніторинг сценарної траєкторії розвитку, ідентифікацію реалізованого сценарію і забезпечення адаптивності державної політики через своєчасне коригування пріоритетів. Вони також формують зворотний зв'язок у межах замкнутого аналітичного контуру, коли результати моніторингу використовуються для уточнення сценаріїв і стратегічних рішень.

Матриця політичних дій (Policy Response Matrix — PRM) трансформує результати форсайт-аналізу в практичні інструменти управління, визначаючи ефективні політики для кожного сценарію²¹. У сценарії «Технологічна

²¹ Regional innovation systems: Policy approaches and tools. OECD. 2022. URL: <https://www.oecd.org/innovation/regional-innovation/> (дата звернення: 03.02.2026).

конвергенція» пріоритетом є масштабні інвестиції у НДДКР і розвиток про-
ривних технологій (штучний інтелект, біотехнології, нові матеріали, оборо-
ні технології); у сценарії «Селективна адаптація» — концентрація ресурсів у
ключових секторах; у сценарії «Інерційна стагнація» — підтримка базової

Таблиця 8. Інтегральна матриця сценарного аналізу
(Сценарії → Індикатори раннього попередження → Політичні дії)

Сценарії	Ключові індикатори раннього попередження	Орієнтовні кількісні параметри	Пріоритетні політичні дії
«Технологічна конвергенція»	Швидке зростання інвестицій у НДДКР Активна участь у програмах Horizon Europe Зростання кількості Deep-tech стартапів	НДДКР > 2—3 % ВВП >15 % high-tech експорту >40 % інноваційно активних підприємств	Формування національних технологічних програм (ШІ та цифрові технології, біотехнології, нові матеріали, квантові й фотонні технології, енергетичні технології, зокрема воднева енергетика, оборонні та космічні технології, кібербезпека, адитивне виробництво) Створення мережі наукових парків і технологічних кластерів Масштабні програми підтримки дослідників
«Селективна адаптація»	Концентрація інновацій у кількох секторах (ІТ, оборонні технології, агротехнології) Помірне зростання технологічного експорту	НДДКР 1—1.5 % ВВП 8—12 % high-tech експорту 20—30 % інноваційно активних підприємств	Концентрація державної підтримки на обмеженій кількості технологічних напрямів Розвиток регіональних інноваційних кластерів Стимулювання технологічного трансферу
«Інерційна стагнація»	Скорочення фінансування науки Зниження інноваційної активності бізнесу Відплив наукових кадрів	НДДКР < 1 % ВВП <5 % high-tech експорту <15 % інноваційно активних підприємств	Підтримка базової наукової інфраструктури Програми утримання наукових кадрів Точкова підтримка критичних технологій (оборона, енергетика, кібербезпека)

Джерело: складено автором за власно отриманими даними моделювання.

Таблиця 9. Топ-10 пріоритетів розвитку науки, технологій та інновацій України (горизонт до 2030 р.)

№	Ключові драйвери розвитку	Пріоритетні технологічні напрями	Очікуваний ефект
1	Воєнна безпека і технологічний суверенітет	Безпілотні системи (Unmanned Aerial Vehicle — UAV), морські дрони, роботизовані системи	Посилення обороноздатності, формування нової індустрії автономних систем
2	Воєнні інновації і дальні системи ураження	Ракетні технології і високоточна зброя	Відновлення ракетно-інженерних компетентностей
3	Технологічна стійкість держави	Радіoeлектронна боротьба, захищений військовий зв'язок	Підвищення стійкості систем управління та оборони
4	Цифрова оборона і кібербезпека	Кібербезпека, військові IT-системи, ШІ-аналітика	Захист критичної інфраструктури
5	Модернізація промисловості	Нові матеріали, адитивне виробництво	Відновлення індустріальної бази
6	Енергетична стійкість	Воднева енергетика, розумні мережі (Smart-Grid), системи накопичення енергії	Енергетична незалежність
7	Трансформація аграрного сектору	Агротехнології, біоекономіка	Підвищення продуктивності агросектору
8	Біомедицина і військова медицина	Біомедичні технології, протезування, реабілітаційні системи	Підтримка здоров'я населення і ветеранів
9	Технологічний суверенітет	Мікроелектроніка, сенсори, навігаційні системи	Зменшення технологічної залежності
10	Розвиток космічної економіки	Малі супутники, дистанційне зондування Землі	Розвиток космічної індустрії

Джерело: складено автором за власно отриманими даними моделювання.

наукової інфраструктури і критичних технологій. У сфері міжнародної інтеграції і людського капіталу сценарії варіюються від активної участі в ERA і розвитку кластерів до вибіркової кооперації і збереження ключових кадрів.

Поєднання сценаріїв, системи EWI та інструментів PRM формує інтегральну матрицю сценарного аналізу, яка відображає повний аналітичний ланцюг — від прогнозування до формування державної політики (табл. 8) і широко застосовується в сучасних форсайт-дослідженнях (Schneegans et al., 2021).

Інтегральна матриця сценарного аналізу забезпечує узгодження сценарного моделювання, системи моніторингу та інструментів державної політики, що підвищує адаптивність і стійкість національної інноваційної системи в умовах невизначеності (Vecchiato, 2012). Вона відповідає функціоналу Блоку 7 форсайтно-аналітичної системи (див. рис. 1), інтегруючи результати аналізу в процес ухвалення рішень. Ключовою характеристикою є зворотний зв'язок:

результати політики та EWI використовуються для уточнення сценаріїв, формуючи замкнений адаптивний контур стратегічного управління НТІ. Виокремлення державних пріоритетів НТІ відбувається в умовах поєднання деіндустріалізації і воєнно-інноваційного імпульсу. Спостерігається, з одного боку, втрата частини технологічного потенціалу, а з іншого — прискорений розвиток компетентностей у сферах безпілотних систем, ракетних технологій, радіоелектронної боротьби, військових ІТ-рішень і кібербезпеки, що робить оборонні інновації ключовим драйвером відновлення²² (Mazzucato, 2021). У цьому контексті державні пріоритети слід розглядати як перехід до моделі економіки знань, де наука, технології і людський капітал визначають економічне зростання (Lundvall, 2010; Godet, 2006; Sterman, 2000).

Інтеграція результатів усіх аналітичних блоків (див. рис. 1) дозволяє сформувати дворівневу систему пріоритетів. На середньостроковому горизонті до 2030 р. (табл. 9) вона охоплює напрями технологічної мобілізації і відновлення індустріальних компетентностей — безпілотні системи, ракетні та енергетичні технології, кібербезпеку, мікроелектроніку, нові матеріали, агро- і біомедичні технології, космічну сферу, що поєднують оборонні інновації з потребами післявоєнної реконструкції²³.

На довгостроковому горизонті до 2035 р. формуються стратегічні орієнтири розвитку НТІ, спрямовані на реіндустріалізацію, розвиток оборонно-технологічної екосистеми, цифрову трансформацію, енергетичний перехід, біоекономіку, мікроелектроніку й космічну індустрію, а також відновлення інженерного людського капіталу та інтеграцію в ERA. Це передбачає розвиток високотехнологічної промисловості, забезпечення технологічного суверенітету через оборонні інновації і штучний інтелект, підвищення продуктивності економіки на основі цифрових технологій, декарбонізацію енергетики і формування нових технологічних ринків. Додатково акцент робиться на розвитку технопарків, Deep-tech стартапів і кластерів, а також участі в програмах Horizon Europe, що забезпечує комерціалізацію технологій і міжнародну кооперацію. У сукупності ці напрями формують цілісну технологічну архітектуру економіки України²⁴.

Для формалізації визначення державних пріоритетів використовується інтегральний індекс пріоритетності (Science, Technology and Innovation Priority Index — SPI)²⁵ (Ruttan, 2006), який у спрощеному вигляді подається як $SPI_j = w_1 S_j + w_2 E_j + w_3 T_j$, де S_j — стратегічна значущість, E_j — економічний

²² Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities. *OECD*. 2022. URL: <https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/mission-oriented-innovation.html> (дата звернення: 04.04.2026).

²³ Strategic technologies for Europe platform (STEP). *European Commission*. 2023. https://strategic-technologies.europa.eu/index_en (дата звернення: 04.04.2026).

²⁴ The knowledge-based economy. *OECD*. 2019. URL: <https://www.oecd.org/en/topics/science-technology-and-innovation.html> (дата звернення: 04.04.2026).

²⁵ Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities. *OECD*. 2022. URL: <https://www.oecd.org/innovation/mission-oriented-innovation-policies.htm> (дата звернення: 04.04.2026).

ефект, T_j — технологічний потенціал, а w_1, w_2, w_3 — вагові коефіцієнти. При $w_1 = 0,5, w_2 = 0,3, w_3 = 0,2$ (за шкалою 0—10) індекс дозволяє перейти від якісного визначення пріоритетів до їх кількісного ранжування й оптимізації структури державних інвестицій у НТП (табл. 10).

Розрахунки показали, що найвищі значення SPI мають безпілотні системи (9,2), кібербезпека і ІІІ-аналітика (9,0), а також радіоелектронна боротьба і захищений зв'язок (8,7), що підтверджує доцільність концентрації державної підтримки на напрямках з високою стратегічною й економічною значущістю. Сформована система пріоритетів відображає трифазну логіку трансформації: воєнна інноваційна мобілізація → індустріальне відновлення → економіка знань, що узгоджується з концепцією war-driven innovation (Ruttan, 2006).

Отримані результати (Сценарії → Policy → Індикатори раннього попередження (EWI) → Пріоритети) можуть бути використані як аналітична основа для розподілу бюджетних ресурсів і формування програм НДДКР. У цілому запропонована система забезпечує інтеграцію сценарного аналізу, моніторингу і макроекономічної валідації, формуючи адаптивну науково-технологічну політику, орієнтовану на відновлення індустріального потенціалу і перехід до економіки знань. Водночас підхід має певні обмеження: залежність від експертних оцінок, чутливість до ваг і спрощений характер матриці виграшів. З огляду на це, подальші дослідження мають бути спрямовані на розширення інструментів політики, застосування аналізу чутливості й використання емпіричних даних для калібрування моделі.

Таблиця 10. Розрахунок SPI для 10 пріоритетних технологічних напрямів

№	Технологічні напрями	S_j	E_j	T_j	SPI_j
1	Безпілотні системи (UAV), морські дрони, роботизовані системи	10	8	9	9,2
2	Ракетні технології і високоточна зброя	10	6	8	8,4
3	Радіоелектронна боротьба, захищений військовий зв'язок	10	7	8	8,7
4	Кібербезпека, військові ІТ-системи, ІІІ-аналітика	9	9	9	9,0
5	Нові матеріали, адитивне виробництво	8	8	8	8,0
6	Воднева енергетика, Smart-Grid, системи накопичення енергії	8	9	7	8,1
7	Агротехнології, біоекономіка	7	9	7	7,6
8	Біомедичні технології, протезування, реабілітаційні системи	8	8	7	7,8
9	Мікроелектроніка, сенсорика, навігаційні системи	9	8	7	8,3
10	Малі супутники, дистанційне зондування Землі	8	7	8	7,7

Джерело: складено автором за власно отриманими даними моделювання.

ВИСНОВКИ

Розроблену інтегровану форсайтно-аналітичну систему формування державної політики у сфері науки, технологій та інновацій спрямовано на подолання фрагментації визначення пріоритетів. Запропонований підхід поєднує сценарний аналіз, моделювання драйверів розвитку, експертні процедури і макроекономічну валідацію, чим забезпечується інтеграція експертних і емпіричних даних у єдиний контур підтримки стратегічних рішень.

У результаті редукції сценарного простору виділено три базові сценарії — «Технологічна конвергенція», «Селективна адаптація», «Інерційна стагнація», — порівняння яких показує: зростання витрат на НДДКР з менш як 1 до 2,5—3 % ВВП супроводжується підвищенням темпів зростання ВВП з 1—2 до 5—7 % і частки високотехнологічного експорту з 4—6 до 15—20 %, що підтверджує ключову роль для економіки України інвестицій у науку і технології.

Інтеграція системи в стратегічне управління НТГ реалізується через поєднання матриці виграшів, інтегрального показника Policy₃, індикаторів раннього попередження (EWI) та матриці політичних дій (PRM). Отримані оцінки (Policy₁ ≈ 457, Policy₂ ≈ 76, Policy₃ ≈ 8.4) демонструють значну асиметрію ефективності політики й обґрунтовують необхідність сценарно-адаптивного підходу.

Система забезпечує формування дворівневої моделі пріоритетів: середньострокових (до 2030 р.), орієнтованих на технологічну мобілізацію, і довгострокових (до 2035 р.), спрямованих на реіндустріалізацію і перехід до економіки знань. Використання інтегрального індексу пріоритетності (SPI) дозволяє здійснювати їх кількісне ранжування й оптимізувати розподіл державних ресурсів.

Фінансування. Статтю підготовлено на самоініціативній, безоплатній основі.

Конфлікт інтересів. Будь-який конфлікт фінансових або особистих інтересів, який би міг вплинути на написання даної статті, відсутній.

Залучення ШІ. Під час підготовки рукопису було використано велику мовну модель Grok-4 (генеративний ШІ-асистент) виключно для граматичного редагування і стилістичного вдосконалення окремих фрагментів тексту. ШІ не застосовувався для створення наукового змісту, аналізу даних чи формулювання висновків. Автор несе повну відповідальність за зміст статті.

Автор висловлює подяку академіку НАН України В.М. Гейцю і члену-кореспонденту НАН України М.І. Скрипниченко за співпрацю у сфері форсайтних досліджень складних соціально-економічних систем.

СПИСОК ВИКОРИТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Амелін, А., Гайдайчук, С., Астахов, Є. (2025). Візія України 2035. Київ, Yakaboo Publishing. 204 с. URL: <https://www.yakaboo.ua/ua/vizija-ukraini-2035.html>

- Georghiou, L., Harper, J., Keenan, M., Miles, I., Popper, R. (2008). The handbook of technology foresight: Concepts and practice. Edward Elgar Publishing. 456 p. <https://doi.org/10.4337/9781781008768>
- Belsare, H. (2025). PESTLE analysis. *International Journal of Advanced Research*. 13(2). 608—612. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/20411>
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*. 1(1). 83—98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*. 24. 65—75. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2)
- Linstone, H., Turoff M. (Eds.) (1975). The Delphi method: Techniques and applications. Addison-Wesley. 618 p. URL: https://www.foresight.pl/assets/downloads/publications/Turoff_Linstone.pdf
- Leontief, W. (1986). Input-output economics. 2nd ed. Oxford University Press. 448 p. URL: <https://global.oup.com/academic/product/input-output-economics-9780195035278>
- Popper, R. (2008). Foresight methodology. Ch. 3. In: Georghiou L. et al. (Eds.). The handbook of technology foresight: Concepts and practice. Edward Elgar Publishing. 456 p. P. 44—88. <https://doi.org/10.4337/9781781008768.00012>
- Schwartz, P. (1996). The art of the long view: Planning for the future in an uncertain world. Currency Doubleday. 288 p. URL: https://books.google.com/books/about/The_Art_of_the_Long_View.html?id=j17_AXiePgIC
- Bishop, P., Hines, A., Collins, T. (2007). The current state of scenario development: An overview of techniques. *Foresight*. 9(1). 5—25. <https://doi.org/10.1108/14636680710727516>
- Godet, M. (2006). Creating futures: Scenario planning as a strategic management tool. 2nd ed. London, Economica. 349 p. URL: <https://archive.org/details/creatingfutures0000gode>
- Sterman, J. (2000). Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. Irwin/McGraw-Hill. 31 p. URL: https://books.google.com/books/about/Business_Dynamics.html?id=CCKCQgAACAAJ
- Aghion, Ph., Howitt, P. (2009). The Economics of Growth. The MIT Press. 518 p. URL: <https://mitpress.mit.edu/9780262012638/the-economics-of-growth/>
- Vecchiato, R. (2012). Environmental uncertainty, foresight and strategic decision making: An integrated study. *Technological Forecasting and Social Change*. 79(3). 436—447. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.07.010>
- Schneegans, S., Straza, T., Lewis, J. (Eds.) (2021). UNESCO science report: The race against time for smarter development. UNESCO. 736 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377433>
- Mazzucato, M. (2021). Mission economy: A moonshot guide to changing capitalism. Allen Lane. 272 p.
- Lundvall, B.-Å. (Ed.). (2010). National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning. Anthem Press. <https://doi.org/10.7135/UPO9781843318903>
- Ruttan, V. (2006). Is war necessary for economic growth? Military procurement and technology development. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0195188047.001.0001>

Надійшла 16.03.2026

Прорецензована 07.04.2026

Доопрацьована 15.04.2026

Підписана до друку 20.04.2026

Оприлюднена 22.05.2026

REFERENCES

- Amelin, A., Haydaychuk, S., Astakhov, Ye. (2025). Vision of Ukraine 2035. Kyiv, Yakaboo Publishing. 204 p. URL: <https://www.yakaboo.ua/ua/vizija-ukraini-2035.html> [in Ukrainian].
- Georghiou, L., Harper, J., Keenan, M., Miles, I., Popper, R. (2008). The handbook of technology foresight: Concepts and practice. Edward Elgar Publishing. 456 p. <https://doi.org/10.4337/9781781008768>
- Belsare, H. (2025). PESTLE analysis. *International Journal of Advanced Research*. 13(2). 608—612. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/20411>
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*. 1(1). 83—98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*. 24. 65—75. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2)
- Linstone, H., Turoff, M. (Eds) (1975). The Delphi method: Techniques and applications. Addison-Wesley. 618 p. URL: https://www.foresight.pl/assets/downloads/publications/Turoff_Linstone.pdf
- Leontief, W. (1986). Input-output economics. 2nd ed. Oxford University Press. 448 p. URL: <https://global.oup.com/academic/product/input-output-economics-9780195035278>
- Popper, R. (2008). Foresight methodology. Ch. 3. In: Georghiou L. et al. (Eds.). The handbook of technology foresight: Concepts and practice. Edward Elgar Publishing. 456 p. P. 44—88. <https://doi.org/10.4337/9781781008768.00012>
- Schwartz, P. (1996). The art of the long view: Planning for the future in an uncertain world. Currency Doubleday. 288 p. URL: https://books.google.com/books/about/The_Art_of_the_Long_View.html?id=j17_AXiePgIC
- Bishop, P., Hines, A., Collins, T. (2007). The current state of scenario development: An overview of techniques. *Foresight*. 9(1). 5—25. <https://doi.org/10.1108/14636680710727516>
- Godet, M. (2006). Creating futures: Scenario planning as a strategic management tool. 2nd ed. London, Economica. 349 p. URL: <https://archive.org/details/creatingfutures0000gode>
- Sterman, J. (2000). Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. Irwin/McGraw-Hill. 982 p. URL: https://books.google.com/books/about/Business_Dynamics.html?id=CCKCQgAACAAJ
- Aghion, Ph., Howitt, P. (2009). The Economics of Growth. The MIT Press. 518 p. URL: <https://mitpress.mit.edu/9780262012638/the-economics-of-growth/>
- Vecchiato, R. (2012). Environmental uncertainty, foresight and strategic decision making: An integrated study. *Technological Forecasting and Social Change*. 79(3). 436—447. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.07.010>
- Schneegans, S., Straza, T., Lewis, J. (Eds) (2021). UNESCO science report: The race against time for smarter development. UNESCO. 736 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377433>
- Mazzucato, M. (2021). Mission economy: A moonshot guide to changing capitalism. Allen Lane. 272 p.
- Lundvall, B.-Å. (Ed.). (2010). National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning. Anthem Press. <https://doi.org/10.7135/UPO9781843318903>

Ruttan, V. (2006). Is war necessary for economic growth? Military procurement and technology development. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0195188047.001.0001>

Received on March 16, 2026

Reviewed on April 7, 2026

Revised on April 15, 2026

Signed for printing on April 20, 2026

Published on May 22, 2026

Mykhailo Zgurovsky, Dr. Sci. (Engineering), Prof.,
Academician of the NAS of Ukraine, Scientific Director
Educational and Scientific Complex “Institute for Applied Systems Analysis”
MES of Ukraine and NAS of Ukraine
37, Beresteyskyi Ave., building 35, Kyiv, 03056, Ukraine

FORESIGHT ANALYTICAL SYSTEM
FOR FORMING STATE SCIENCE, TECHNOLOGY
AND INNOVATION POLICY IN UKRAINE

The paper explores the problem of forming state science, technology and innovation (STI) policy under conditions of high geopolitical and economic uncertainty, further aggravated by the structural fragmentation of scientific and technological priorities in Ukraine. An integrated foresight analytical system designed as a closed analytical loop for supporting strategic decisions has been developed, and medium- and long-term STI development priorities have been substantiated.

The proposed methodology combines scenario foresight modeling, structural analysis of drivers (PESTLE—AHP—FCM), OSINT monitoring of technological trends, Delphi—AHP expert procedures, and macroeconomic validation using system dynamics models and Leontief input-output models. As a result of the reduction of the initial scenario space ($2^3 = 8$ configurations), three basic STI development scenarios have been identified — “Technological Convergence,” “Selective Adaptation,” and “Inertial Stagnation” — which demonstrate significant differentiation of key development parameters. Comparative analysis reveals a clear relationship: as R&D funding increases, the country’s key economic indicators improve. In particular, an increase in R&D expenditure from less than 1% to 2.5—3% of GDP is accompanied by economic growth acceleration from 1—2% to 5—7% and an increase in the share of high-tech exports from 4—6% to 15—20%. The integrated performance index of the scenarios differs by a factor of 7—8 between the baseline scenarios and by up to 80—90 between the extreme ones, confirming the decisive role of investment in science and technology as a driver of economic growth.

The practical outcome is the integration of the foresight analytical system into STI strategic management mechanisms through the use of a payoff matrix, an integrated policy effectiveness indicator ($\text{Policy}_s \approx 457; 76; 8.4$), a system of early warning indicators (EWI), and a policy response matrix (PRM). A two-level system of state scientific and technological priorities has been developed: medium-term priorities (until 2030), focused on technological mobilization, and long-term priorities (until 2035), aimed at reindustrialization, technological sovereignty, and the transition to a knowledge-based economy. The proposed approach creates an analytical framework for the formation of an adaptive, evidence-based state STI policy.

Keywords: *foresight; scientific and technological priorities; scenario analysis; strategic management; innovation system.*