

## МЕТОДОЛОГІЯ ПОБУДОВИ СЦЕНАРІЇВ РОЗВИТКУ СКЛАДНИХ СОЦІАЛЬНИХ СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МОРФОЛОГІЧНОГО ТА SWOT-АНАЛІЗУ. ЧАСТИНА 1

К.В. ПЕРЕВЕРЗА

У цій частині роботи представлено методологію побудови сценаріїв розвитку складних соціальних систем. Запропонована методологія складається із дев'яти кроків, для кожного з яких описано методи, характер вхідної та вихідної інформації, практичні рекомендації. Описано процедури отримання від експертів інформації щодо ключових змінних системи, рушійних сил, що впливають на неї, майбутніх станів рушійних сил та їх взаємоузгодженості. Для вибору ключових змінних системи пропонується підхід на основі SWOT-аналізу; для генерації множини сценаріїв — використовувати морфологічний аналіз. Побудований із використанням морфологічного аналізу сценарійний простір скорочується в результаті аналізу взаємоузгодженості станів рушійних сил. Для аналізу сценарного простору в загальному вигляді пропонується декілька підходів, проте ця задача залишається відкритою і є перспективною для подальшого дослідження.

### ВСТУП

Побудова сценаріїв розвитку складних соціальних систем (компаній, міст, галузей економіки країн) є досить ефективною технікою, яка дозволяє формувати гнучкі рішення та досліджувати їх якості у критичних та неочікуваних ситуаціях [1–3]. Побудова сценаріїв часто передує розробці стратегії розвитку досліджуваної системи або ж має на меті тестування та покращення уже розробленої стратегії. Крім того, сценарії будують у дослідницьких цілях — для вивчення різноманітних ситуацій, у яких може опинитися досліджувана система у майбутньому.

Під *сценарієм* будемо розуміти послідовний опис альтернативного гіпотетично можливого варіанту розвитку подій у майбутньому, який відображає різні точки зору на минуле, теперішнє та майбутнє, а також може слугувати базисом для стратегічного планування [4].

Для побудови сценаріїв проводиться сценарне дослідження. Суттєвою частиною сценарного дослідження є обрана методологія побудови сценаріїв, яка передбачає певну послідовність кроків та методи на кожному з них. Вибір методів залежить від характеру наявної інформації, можливих способів її отримання та умов проведення дослідження. Може бути використано моделювання; методи за участі широких кіл громадськості (зацікавлених сторін, суспільства); метод Delphi; аналіз трендів; мозкові штурми; дерева рішень; аналіз ризиків та багато інших.

**Метою цієї роботи** є розробка формалізованої методології побудови сценаріїв — послідовність кроків методології та методів для кожного з них. Розроблена методологія базується на роботі з експертами і її доцільно застосовувати у тих випадках, коли немає можливості залучити до сценарного дослідження представників стейкхолдерів системи, а також коли недостат-

ньо кількісних даних для моделювання сценаріїв розвитку системи, і в той же час є можливість залучити експертів у досліджуваній області.

Робота складається з двох частин: перша присвячена опису кроків методології, друга частина містить приклад застосування методології та обговорення обмежень та можливостей щодо її практичного застосування.

## СЦЕНАРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Щодо реалізації окремих етапів сценарного дослідження існує багато різних підходів [4–8], але в більшості випадків передбачаються три етапи:

- Завдання сценарного дослідження (мета, фокус, об'єкт, часовий проміжок, обмеження).

Планування та проведення дослідження аналітиками, вибір/розробка методології побудови сценаріїв, її застосування.

Аналіз отриманих результатів аналітиками та надання їх у зрозумілому вигляді особам, що приймають рішення.

У цій роботі основну увагу приділено методології побудови сценаріїв. Але перш ніж перейти до її опису доцільно коротко розглянути суть етапу завдання дослідження.

На етапі завдання сценарного дослідження має бути сформовано команду аналітиків сценарного дослідження, які вестимуть його. Аналітикам надається така інформація: опис границь системи, для якої проводиться дослідження; період, на який необхідно побудувати сценарії; фокус дослідження; мета побудови сценаріїв (наприклад, розробка гнучкої стратегії розвитку певної організації або міста, тестування уже розробленої стратегії та її удосконалення з урахуванням критичних сценаріїв, обґрунтування необхідності змінити існуючу стратегію, вивчення можливих альтернативних шляхів розвитку подій у майбутньому та багато інших); масштаб дослідження — глибина аналізу; вимоги до оформлення результатів.

## МЕТОДОЛОГІЯ ПОБУДОВИ СЦЕНАРІЇВ

Перейдемо безпосередньо до опису методології побудови сценаріїв. На рис. 1 зображено послідовність із 9 кроків розробленої методології.

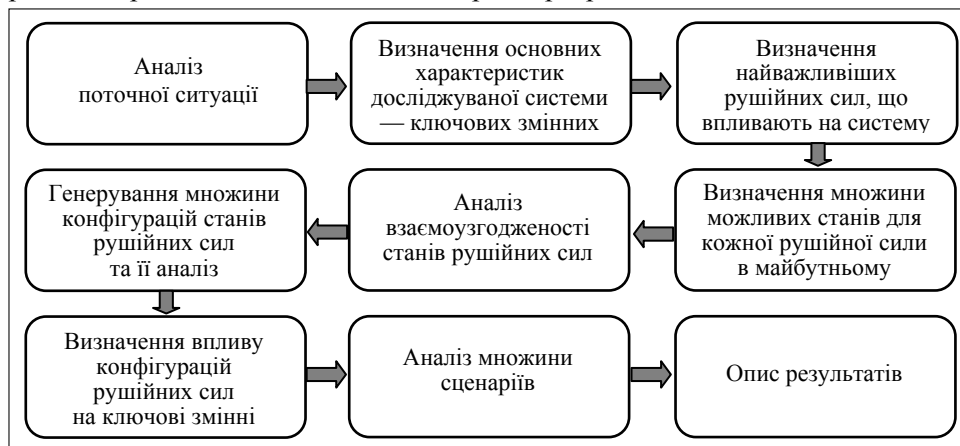


Рис. 1. Кроки методології побудови сценаріїв

Далі кожен крок методології буде описано згідно з планом:

- **Мета кроку** — очікувані результати кроку.
- **Вхідні дані та вихідні дані** — опис основних змінних та об'єктів, з якими працюють на даному кроці.
- **Реалізація кроку** — детальний опис реалізації даного кроку методології.
- **Рекомендації** — результати досвіду тестового застосування цієї методології.

### Аналіз поточної ситуації

**Мета кроку.** Перший крок методології побудови сценаріїв передбачає всебічний аналіз та опис поточного стану досліджуваної системи.

**Вхідні та вихідні дані. Основні об'єкти.** У якості вхідної інформації для реалізації цього кроку використовується подана на початку дослідження інформація, а також дані про систему, зібрані різними шляхами.

**Реалізація кроку.** У залежності від наявного доступу до джерел кількісної інформації про систему, а також можливостей щодо залучення експертів та представників організацій і осіб, що мають відношення до досліджуваної системи, використовуються різні методи збору інформації. Наприклад, проведення інтерв'ю із представниками залучених організацій (*stakeholders*), збір експертних думок, опрацювання документів та статистичних даних щодо досліджуваної системи.

Для аналізу зібраної кількісної інформації про систему використовуються різноманітні статистичні методи, для аналізу якісної інформації — методи аналізу змісту, кодування, рекурсивної абстракції тощо.

У результаті аналізу зібраної інформації описуються основні характеристики системи та середовища, в якому вона функціонує, проводиться аналіз трендів, ключових акторів системи тощо. З використанням SWOT-аналізу на цьому етапі виявляються сильні та слабкі сторони досліджуваної системи, а також перспективи та загрози для неї у майбутньому.

**Рекомендації, можливі труднощі.** На цьому кроці важливо перевірити достовірність зібраної інформації про поточний стан системи, наприклад, співставити інформацію з різних джерел.

### Формування множин ключових змінних системи

**Мета кроку.** Цей крок методології побудови сценаріїв передбачає формування множини ключових змінних досліджуваної системи.

**Вхідні та вихідні дані. Основні об'єкти.** Важливою вхідною інформацією для цього кроку є задана глибина аналізу, яка визначає масштаб параметрів, які розглядатимуться для формування множини ключових змінних. Іншим важливим фактором є заданий фокус дослідження, який звужує область дослідження та задає контекст. Результати аналізу поточного стану системи також відіграють суттєву роль на цьому кроці.

У якості вихідних даних маємо отримати множину ключових змінних системи.

*Ключові змінні (key variables)* — деякі важливі параметри системи. Позначимо множину ключових як  $(\{kv_i\}, i \in [1..N])$ . Множина ключових змінних системи — це скінченна множина незалежних між собою змінних.

**Реалізація кроку.** Для формування множини ключових змінних системи використовується, наприклад, описаний в [5] метод структурного аналізу. Також набір ключових змінних може бути сформований експертами. У цій роботі пропонується підхід до формування множини ключових змінних із використанням SWOT-аналізу [9–10]. Його доцільно застосувати у тих випадках, коли є можливість сформувати множину кількісних ключових змінних, дані за якими доступні як для досліджуваної системи так і для інших подібних їй систем.

Так для країн можуть бути використані економічні, екологічні та соціально-інституціональні показники, які опубліковують у щорічних звітах міжнародних організацій [11–13]. Наприклад, у дослідженні по розробці метрики вимірювання сталості розвитку країн [14–15], пропонується набір параметрів, вибраних експертами із доступних даних — індексів та індикаторів сталого розвитку країн.

Для відбору найбільш критичних параметрів, які доцільно включити до множини ключових змінних системи пропонується підхід, побудований на базі SWOT-аналізу і детально описаний у [16]. Його суть полягає у визначенні відхилень значень змінних для обраної системи від їх значень для систем з групи порівняння (*peer group*).

Позначимо поточне значення деякого параметру обраної країни —  $kv_i^*$ , а  $kv_i^j$  — поточне значення цього ж параметру для  $j$ -ї країни із групи порівняння. Нехай у групу порівняння включено  $m$  країн. Тоді відхилення значення за цим параметром  $\Delta kv_i$  розрахуємо за формулою:

$$\Delta kv_i = \left( kv_i^* - \frac{\sum_{j=1}^m kv_i^j}{m} \right) / \left( \frac{\sum_{j=1}^m kv_i^j}{m} \right) * 100\% .$$

Таким чином, розрахувавши відхилення для кожного параметру країни, відберемо критичні параметри за правилом: якщо відхилення  $\Delta kv_i$  виявилось більше за 10% або менше за — 10%, то віднесемо цей параметр до критичних, а отже і ключових змінних країни.

**Рекомендації, можливі труднощі.** На цьому кроці необхідно дослідити взаємозалежність обраних змінних. Якщо відомі кількісні значення змінних, проводиться кореляційний аналіз, якщо змінні якісного характеру — виконати перевірку незалежності змінних можна із залученням експертів.

### Формування множини рушійних сил для системи

**Мета кроку.** Метою цього кроку є визначення множин основних рушійних сил для досліджуваної системи — факторів внутрішнього і зовнішнього середовища системи, які можуть чинити суттєвий вплив на характер її розвитку та відносно майбутніх станів яких існує невизначеність. Розгляд саме таких рушійних сил даватиме неочікувані та важливі результати.

**Вхідні та вихідні дані. Основні об'єкти.** Масштаб рушійних сил, які визначатимуться на цьому кроці, має корелювати з масштабом, у якому бу-

ли визначені ключові змінні, щоб співставлення їх на наступних кроках було коректним.

*Рушійні сили (driving forces)* — це зовнішні фактори для системи, які можуть чинити вплив на її подальший розвиток і створювати ситуації, в яких система може опинитися в майбутньому.

Позначимо множину рушійних сил як  $(\{DF_j\}, j \in [1..M])$ , де  $DF_j$  — це деяка вербальна змінна, яку називатимуть експерти. Множина рушійних сил — це скінченна множина, яка, як правило, містить багато різних елементів, але часто її скорочують до кількох елементів з метою спрощення аналізу. Виділяють соціальні, економічні, екологічні, політичні, технологічні рушійні сили.

Оскільки у сценарному дослідженні важливо розглянути перш за все ті рушійні сили, які чинять суттєвий вплив на систему та щодо майбутніх значень яких існує невизначеність, введемо наступні параметри: *ступінь невизначеності рушійної сили*  $U(DF_j)$  — деяка міра невизначеності щодо майбутнього стану рушійної сили. Чим більша невизначеність щодо стану рушійної сили в майбутньому, тим більш несподіваним буде її вплив на систему; *ступінь впливу рушійної сили*  $I(DF_j)$  — деяка міра впливу рушійної сили на систему, яка визначає, на скільки суттєвим може бути вплив цієї рушійної сили.

Якщо рушійна сила може чинити суттєвий вплив, але значення її в майбутньому прогнозоване, називатимемо її *трендом*, та враховуватимемо у подальшому аналізі сценаріїв.

**Реалізація кроку.** Для того, щоб сформувати множину рушійних сил для системи, пропонується залучити експертів. Нехай до експертного дослідження залучено  $L$  експертів —  $(\{Exp_l\}, l \in [1..L])$ .

На першому кроці кожен експерт  $Exp_l$  формулює  $M^l$  рушійних сил  $\{DF_{1,l}, \dots, DF_{M,l}\}$ . Для кожної рушійної сили експерт  $Exp_l$  вказує ступінь її впливу на систему —  $I^l(DF_j)$  та ступінь невизначеності щодо її стану в майбутньому —  $U^l(DF_j)$ . Шкала, за якою вимірюються  $I^l(DF_j)$  та  $U^l(DF_j)$  обирається окремо.

Після чого аналітики сценарного дослідження агрегують отримані від експертів дані. Агреговані значення ступенів невизначеності та впливу розраховують за наступними формулами:

$$U(DF_j) = \left( \sum_{l=1}^L U^l(DF_j) \right) / L; \quad I(DF_j) = \left( \sum_{l=1}^L I^l(DF_j) \right) / L.$$

Для всіх різних рушійних сил розраховується показник ступеню невизначеність/вплив:  $UI(DF_j) = (U(DF_j) + I(DF_j)) / 2$ .

На наступному кроці перелік рушійних сил  $\{DF_1, \dots, DF_M\}$ , проранжований за спаданням цього показника, повертається експертам для повторного перегляду. Експерти можуть або об'єднати дві відібрані рушійні сили

в одну, або розбити рушійну силу на дві, або переоцінити значення невизначеності та впливу для кожної рушійної сили, або видалити одну чи кілька рушійних сил із запропонованого переліку.

Після цього кроку аналітики повторно агрегують отриману інформацію. Кроки продовжуються, доки експерти не досягнуть згоди щодо остаточного переліку рушійних сил для системи. Аналітикам сценарного дослідження може бути задана й інша умова зупинки процесу, щоб завершити процес узгодження списку за доступний в рамках дослідження час.

**Рекомендації.** Оскільки експерти формулюють рушійні сили у текстовому вигляді, при визначенні агрегованої множини рушійних сил для системи може виникнути ситуація, коли експерти різними словами назвали одні й ті ж самі за змістом рушійні сили. Тоді аналітики мають залишити одну з них із більш вдалим формулюванням.

Також можливі відмінності у глибині аналізу системи різними експертами, коли одні визначають більш «глобальні» категорії, ніж інші. Або один експерт може назвати рушійну силу, яку інший розбив на декілька складових меншого масштабу. Для уникнення таких ситуацій варто на початку дослідження повідомити експертам очікувану глибину аналізу системи.

При онлайн опитуванні експертів або опитуванні їх поодиночці, зазвичай складно досягти згоди за остаточним переліком рушійних сил і цей процес потребує кількох ітерацій. У такому випадку потрібно передбачити альтернативну умову зупинки процесу, яку слід повідомити експертам на початку дослідження. Наприклад, аналітики залишають за собою право сформулювати остаточну множину рушійних сил на основі попередніх кроків, якщо експерти не зробили цього за три ітерації.

### Формування множини станів рушійних сил

**Мета кроку.** На цьому кроці необхідно сформувати множину станів для кожної з рушійних сил, які були визначені на попередньому кроці. Стани рушійних сил мають бути гіпотетично можливими для реалізації у період часу, на який будуються сценарії.

**Вхідні та вихідні дані. Основні об'єкти.** Вхідними даними цього кроку є множина рушійних сил, визначена на попередньому кроці. Позначимо стан рушійної сили  $DF_j^k$  —  $k$ -й стан  $j$ -ї рушійної сили,  $\{DF_j^k, k \in [1..q_j]\}$  — множина можливих станів рушійної сили на момент часу, для якого будуються сценарії. Стан рушійної сили — деяка вербальна змінна, яку формулюють експерти. Важливою вимогою до станів рушійних сил є їх правдоподібність, можливість їх реалізації у вказаний проміжок часу в майбутньому («вікно актуальності»). Всі стани рушійних сил будемо вважати рівновірогідними, адже особливістю сценарного аналізу є розгляд різноманітних варіантів розвитку подій, навіть таких, які на перший погляд здаються малоімовірними.

**Реалізація кроку.** Кожен експерт  $Exp_l$  формулює множину можливих, на його думку, станів для кожної рушійної сили  $\forall DF_j : \{DF_j^{k,l}, k \in [1..q_j]\}$ .

На основі експертних думок аналітиками формується агрегований набір станів рушійних сил, шляхом виключення станів, що повторюються, або мають однаковий сенс —  $\{DF_j^k, k \in [1..q_j]\}$ .

Аналогічно процесу формування множини рушійних сил, відбувається формування множин станів рушійних сил. Коли експерти досягнуть згоди або виконається критерій зупинки процесу, визначений аналітиками дослідження. Остаточний перелік станів рушійних сил буде надано експертам для подальшої роботи з ними.

**Рекомендації.** На цьому кроці також можливі труднощі, пов'язані з тривалістю процесу формування остаточної множини станів, а також із вербальним характером змінних. Якщо на цьому кроці виявиться, що експерти по-різному трактують зміст рушійних сил, необхідно повернутися до попереднього кроку та уточнити його.

### Аналіз взаємоузгодженості станів рушійних сил

**Мета кроку.** На цьому кроці слід визначити взаємоузгодженість станів рушійних сил між собою, тобто виявити пари станів рушійних сил, які в майбутньому не можуть реалізуватися одночасно, є протирічними.

**Вхідні та вихідні дані. Основні об'єкти.** Вхідними даними цього кроку є множина станів рушійних сил.

Визначимо *сумісність станів рушійних сил* між собою як бінарне відношення між станами рушійних сил, яке визначає можливість існування ситуації в майбутньому, при якій одночасно реалізувалися б ці два стани. Позначимо сумісність  $k_t$ -го стану  $DF_g$ -ї рушійної сили та  $k_p$ -го стану  $DF_j$ -ї рушійної сили,  $g \neq p$ , як  $Comp(DF_g^{k_t}, DF_j^{k_p})$ ,  $k_t \in [1..q_g]$ ,  $k_p \in [1..q_j]$ .

Визначатимемо сумісність таким чином:  $Comp(DF_g^{k_t}, DF_j^{k_p}) = 0$ , якщо стани сумісні між собою та  $Comp(DF_g^{k_t}, DF_j^{k_p}) = 1$ , якщо стани несумісні між собою.

Для зручності встановлення узгодженості станів рушійних сил скористаємося *матрицею взаємоузгодженості (cross-consistency matrix)* — матриця, в якій по стовпцям та рядкам містяться стани різних рушійних сил, а на перетині вказується значення відношення сумісності двох станів. Варто зауважити, що різні стани однієї рушійної сили одночасно реалізовуватися не можуть, виходячи з логіки їх визначення (вони є альтернативами).

**Реалізація кроку.** Для того, щоб встановити взаємоузгодженість станів рушійних сил кожен експерт  $Exp_l$  попарно співставляє стани рушійних сил та в казує в матриці взаємоузгодженості — значення відношення їх сумісності (табл. 1).

Далі аналітики мають агрегувати отриману від експертів інформацію про взаємоузгодженість станів рушійних сил між собою. Нехай у дослідженні беруть участь експерти з однаковою компетентністю. Тоді вважатимемо стани рушійних сил несумісними, якщо більшість експертів назвали їх несумісними. Таким чином отримаємо агреговану матрицю сумісності станів рушійних сил. Бажано виконати повторний крок, надавши експертам агреговану матрицю для повторного перегляду та корегування. Як і на попередніх етапах, процедура корегування може тривати кілька кроків та зупинитися при виконанні обраного аналітиками критерію.

**Таблиця 1.** Матриця взаємоузгодженості

<b>Стан рушійної сили/стан рушійної сили</b>	$DF_1^1$	...	$DF_j^{k_p}$	...	$DF_M^{k_M}$
$DF_1^1$	$Comp(DF_1^1, DF_1^1) = 1$	...	$Comp(DF_g^{k_t}, DF_1^1)$	...	$Comp(DF_M^{k_M}, DF_1^1)$
...	...	...	...	...	...
$DF_j^{k_p}$	$Comp(DF_1^1, DF_j^{k_p})$	...	$Comp(DF_g^{k_t}, DF_j^{k_p})$	...	$Comp(DF_M^{k_M}, DF_j^{k_p})$
...	...	...	...	...	...
$DF_M^{k_M}$	$Comp(DF_1^1, DF_M^{k_M})$	...	$Comp(DF_g^{k_t}, DF_M^{k_M})$	...	$Comp(DF_M^{k_M}, DF_M^{k_M}) = 1$

**Рекомендації, можливі труднощі.** Протиріччя можуть існувати не тільки між двома станами рушійних сил, а й між блоками станів рушійних сил. Тому за наявності часу та інших необхідних ресурсів на цьому кроці також проводиться аналіз взаємоузгодженості між блоками станів рушійних сил. Проведення такого аналізу сумісності блоків дозволить виключити багато ситуацій із подібними протирічними станами рушійних сил та значно скоротить в майбутньому множину можливих сценаріїв. Виконання такого аналізу є трудомісткою задачею і передбачає генерування усіх можливих блоків станів рушійних сил, розміром від 2 до  $(M - 1)$  рушійних сил у блоці, де  $M$  — кількість рушійних сил у дослідженні, та проведення подальшого аналізу попарної протирічності всіх таких блоків.

Якщо немає можливості провести таке додаткове дослідження протирічності, цей крок можна опустити та обмежитися виявленням простої попарної узгодженості.

### Генерування конфігурацій станів рушійних сил

**Мета кроку.** Мета цього кроку — сформувати усі можливі конфігурації з взаємнонепротирічних станів рушійних сил, яких вони можуть набути у проміжок часу, що розглядається.

**Вхідні та вихідні дані. Основні об'єкти.** В якості вхідних даних цього кроку використовується отримана на попередніх кроках множина станів кожної з визначених рушійних сил та результати аналізу сумісності станів.

Конфігурацію станів рушійних сил позначимо  $C_m$  та розумітимемо під нею вектор виду:  $C_m = \{DF_1^{k_1}, \dots, DF_j^{k_j}, \dots, DF_M^{k_M}\}$ ,  $m \in [1, \prod_{j=1}^M q_j]$ , де  $DF_j^{k_j}$  —

деякий із можливих станів рушійної сили  $DF_j$ .

**Реалізація кроку.** Для побудови усіх можливих конфігурацій скористаємося методом морфологічного аналізу.

Морфологічний аналіз — це метод для структурування та аналізу складних багатовимірних проблем, які не піддаються кількісній оцінці та не можуть бути змодельовані звичайними засобами [17–18]. У сценарному



дослідженні інтерпретуємо основні поняття морфологічного аналізу наступним чином:

- характеристичні параметри — рушійні сили для системи, визначені експертами;
- значення характеристичних параметрів — визначені експертами стани рушійних сил, які можуть реалізуватися на момент часу, на який будуються сценарії;
- морфологічний простір ( $M\{\text{системи}\}$ ) — простір усіх можливих конфігурацій станів рушійних сил;
- реально досяжний морфологічний підпростір ( $M^*(\text{системи})$ ) — ті конфігурації, які не містять протирічних станів рушійних сил.

Генерацію множини усіх можливих конфігурацій станів рушійних сил може бути автоматизовано. Так само автоматично виключаються конфігурації, що містять несумісні стани рушійних сил.

У результаті отримаємо множину векторів виду:  $C_m = \{DF_1^{k_1}, \dots, DF_j^{k_j}, \dots, DF_M^{k_M}\}$ . Якщо позначити кількість можливих станів рушійної сили  $DF_j$  як  $N_j$ , то загальна кількість конфігурацій до виключення конфігурацій з несумісними параметрами, становитиме  $\prod_{j=1}^M N_j$ .

Зазвичай потужність сценарного простору дуже висока, адже кількість рушійних сил та їх станів, які потрібно дослідити, як правило, значна. Наприклад, якщо у дослідженні визначено близько 15 рушійних сил, для кожної з яких існують 3–4 стани, то мова йде приблизно про мільйон різних варіантів конфігурацій.

### Встановлення впливу конфігурацій станів рушійних сил на ключові змінні

**Мета кроку.** Задача даного кроку — визначити вплив конфігурації станів рушійних сил на ключові змінні. Якщо значення ключових змінних неможливо визначити чисельно, важливо встановити вплив конфігурації станів на динаміку ключових змінних (як мінімум визначити, буде їх динаміка позитивною, негативною чи нейтральною). Для вирішення цієї задачі необхідно виконати дві підзадачі — визначити ступінь впливу кожного стану рушійної сили на кожну ключову змінну, та розрахувати вплив конфігурацій станів рушійних сил.

**Вхідні та вихідні дані. Основні об'єкти.** Вхідні дані цього кроку — визначена на першому кроці множина ключових змінних системи, а також визначена експертами множина станів рушійних сил.

Введемо поняття ступеню впливу  $k$ -го стану  $j$ -ї рушійної сили  $DF_j^k$  на ключову змінну  $kv_i$ , *Influence*, —  $I_{k,j}^i \in R$ .

Крім впливу окремого стану рушійної сили на ключову змінну також розглядатимемо вплив на неї конфігурацій станів рушійних сил, згенерава-

них на попередньому кроці. Ступінь впливу конфігурації  $C_m$  на ключову змінну  $kv_i$ , Configuration Influence, визначимо як  $CI_m^i$ . Значення ключової змінної після впливу на неї конфігурації  $C_m$  позначимо як  $kv_i^m$ .

**Реалізація кроку.** Для визначення ступенів впливу станів рушійних сил на ключові змінні  $I_{k_t,j}^i$  залучимо експертів. Кожен експерт  $Exp_l$  має визначити ступінь впливу стану рушійної сили на кожну ключову змінну, вказавши їх значення за шкалою  $[-3; -2; -1; 0; 1; 2; 3]$ , де значенням на шкалі відповідають вербальні характеристики впливу: «-3» — суттєвий негативний вплив, «-2» — сильний негативний вплив, «-1» — незначний негативний вплив, «0» — нейтральний вплив, не впливає, «1» — слабкий позитивний вплив, «2» — позитивний вплив, «3» — суттєвий позитивний вплив. Для виконання такого аналізу використаємо матрицю, кожен стовпець якої відповідає певному стану рушійної сили, а кожен рядок — ключовій змінній, на перетині вказуватиметься ступінь впливу стану рушійної сили на ключову змінну (табл. 2).

**Таблиця 2.** Матриця аналізу впливів станів рушійних сил на ключові змінні

Стан рушійної сили/ ключова змінна	$DF_1^1$	...	$DF_j^{k_t}$	...	$DF_M^{k_M}$
$kv_1$	$I_{1,1}^1$	...	$I_{k_t,j}^1$	...	$I_{k_M,M}^1$
...	...	...	...	...	...
$kv_i$	$I_{1,1}^i$	...	$I_{k_t,j}^i$	...	$I_{k_M,M}^i$
...	...	...	...	...	...
$kv_N$	$I_{1,1}^N$	...	$I_{k_t,j}^N$	...	$I_{k_M,M}^N$

Після того як кожен експерт надасть інформацію про вплив усіх станів рушійних сил на значення та динаміку ключових змінних, необхідно виконати агрегацію думок експертів. Для цього скористаємося формулою:

$$I_{k_t,j}^i = \frac{\sum_{m=1}^L I_{k_t,j}^{i,m}}{L}, \text{ де } L \text{ — кількість залучених у дослідження експертів.}$$

У результаті отримаємо агреговану матрицю, яка міститиме значення впливів станів рушійних сил на ключові змінні.

Наступною підзадачею цього кроку є розрахунок впливу згенерованих на попередніх кроках непротивічних конфігурацій на ключові змінні.

Для визначення впливу конфігурації станів рушійних сил розрахуємо сумарний вплив на ключову змінну всіх станів рушійних сил, які увійшли в конфігурацію за формулою (вважатимемо, що вага впливу усіх станів рушійних сил на ключову змінну однакова)  $IC_m^i = \sum_{\forall k_t \in C_m} I_{k_t,j}^i$ . Отримані числові

змінні  $IC_m^i$  можуть набувати значень із діапазону  $[-3M; 3M]$ .

Оскільки кількість згенерованих конфігурації досить велика, розрахунок впливів конфігурацій на ключові змінні варто автоматизувати. В результаті кроку отримаємо значення ключових змінних під впливом кожної конфігурації.

**Рекомендації.** Варто зауважити, що будучи об'єднаними в певну конфігурацію, стани рушійних сил можуть по-іншому впливати на ключову змінну, ніж при одиничному їх розгляді. Для цього випадку формула розрахунку впливу конфігурації має бути допрацьована з урахуванням взаємних впливів між станами різних рушійних сил. Для розрахунку знадобиться інформація щодо взаємопосилення/послаблення станів рушійних сил.

### Формування та аналіз множини сценаріїв

**Мета кроку.** Метою даного кроку є побудова та аналіз множини сценаріїв — генерування векторів, які містять конфігурацію станів рушійних сил та відповідну їй множину значень/динаміки ключових змінних, а також проведення аналізу цієї множини.

**Вхідні та вихідні дані. Основні об'єкти.** Представимо сценарій як вектор, що складається з конфігурації станів рушійних сил та множини значень динаміки кожної ключової змінної під впливом відповідної конфігурації:  $(\{DF_1^{k_1}, \dots, DF_j^{k_j}, \dots, DF_M^{k_M}\}; \{\Delta kv_1, \dots, \Delta kv_i, \dots, \Delta kv_N\})$ . У першій частині вектора містяться лише непротивірчі конфігурації, визначені на попередніх кроках.

Як результат реалізації цього кроку маємо отримати аналіз описаної множини сценаріїв, виявити її характеристики, відібрати сценарії для подальшого детального опису.

**Реалізація кроку.** Реалізація цього кроку, як зазначалося вище, залежить від задач, які ставляться перед дослідженням. У найбільш загальному вигляді необхідно дослідити всю побудовану множину сценаріїв, виявити її властивості та характеристики.

Спочатку розглянемо спрощений підхід до побудови сценаріїв, який часто застосовується на практиці [19]. Суть його полягає у виборі двох рушійних сил із усієї множини. Для кожної з них визначаються два екстремальні, як правило, протилежні по суті стани. Позначимо перший екстремальний стан першої з обраних рушійних сил —  $DF_1^1$ , другий —  $DF_2^1$ . Аналогічні позначення введемо для двох екстремальних станів другої рушійної сили —  $DF_1^2, DF_2^2$ . Сформуємо чотири каркаси сценаріїв  $DF_1^1$   $(\{DF_1^1; DF_2^1\}, \{DF_1^1; DF_2^2\}, \{DF_1^2; DF_2^2\}, \{DF_1^2; DF_2^1\})$ , кожен із яких відповідає конфігурації з пари екстремальних станів рушійних сил. Простір можливих конфігурацій для такого випадку зображено на рис. 2.

Далі кожен із каркасів сценаріїв слід детально описати, виконавши аналіз впливу конфігурації з двох екстремальних станів, що розглядаються, на ключові змінні системи, проаналізувавши їх взаємовпливи з іншими рушійними силами, оцінивши їх можливі стани за таких обставин тощо. Фактично такий підхід дуже звужує множину можливих сценаріїв, але в той же час

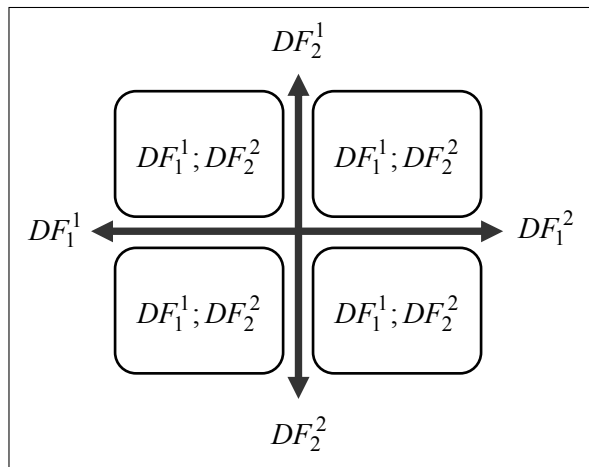


Рис. 2. Матриця для формування каркасу сценаріїв на базі екстремальних значень рушійних сил

дозволяє охопити та проаналізувати дві обрані рушійні сили та пов'язані з ними впливи на систему досить детально. Експерти можуть працювати з такою кількістю сутностей та аналізувати їх. Варто зауважити, що при такому підході втрачаються не лише інші важливі рушійні сили, але й проміжні або ж просто інші по суті значення обраних рушійних сил, що теж зужує множину можливих сценаріїв і може спричинити

втрату важливих варіантів.

У загальному ж випадку необхідно проаналізувати множину векторів виду:

$$(\{DF_1^{k_1}, \dots, DF_j^{k_j}, \dots, DF_M^{k_M}\}; \{\Delta kv_i, \forall i' \in [1..N]\}),$$

перша частина кожного такого вектору складається з вербальних змінних — станів рушійних сил, друга частина — містить розраховані значення динаміки ключових змінних системи —  $\Delta kv_i \in [-3M; 3M]$ .

Одним із підходів до аналізу множини сценаріїв є введення кількісних критеріїв на праву частину вектору. Наприклад, пошук сценаріїв, в яких динаміка за кожною або за певною змінною позитивна.

Для пошуку груп сценаріїв, які мають близькі праві частини, застосовується кластерний аналіз. Цей підхід дозволяє знайти та проаналізувати всі конфігурації станів рушійних сил, які призводять до схожого впливу на систему, та зменшити кількість сценаріїв, ввівши один репрезентативний варіант для кожного кластеру.

**Рекомендації.** Аналіз множини сценаріїв у загальному вигляді є складною задачею, до вирішення якої немає єдиного підходу. В залежності від того, в якому вигляді вдалося отримати опис сценаріїв (чи є кількісні параметри, чи всі змінні якісні), залежить вибір методу аналізу.

Варто зауважити, що введення ймовірність реалізації різних сценаріїв не відповідає ідеї сценарного підходу. Адже ймовірність оцінюється експертами і відображає їх сприйняття поточних трендів, продовження яких може виявитися невірними. Сценарний підхід передбачає пошук та дослідження важко помітних та нетрендових подій, які можуть чинити суттєвий вплив на досліджувану систему.

## Опис сценаріїв

**Мета кроку.** На цьому кроці виконується опис результатів аналізу сценарного простору, а також детальний опис окремих сценаріїв, які відібрали аналітики, виходячи з мети дослідження.

**Вхідні та вихідні дані. Основні об'єкти.** Вхідною інформацією для цього кроку є результати усіх попередніх кроків дослідження, зокрема результати аналізу сценарного простору. У результаті кроку має бути сформовано звіт або інший документ, який може бути використано особами, що приймають рішення для подальшої роботи, наприклад, із розробки стратегії.

**Реалізація кроку. Рекомендації.** Для реалізації цього кроку аналітики мають виконати детальний змістовний опис відібраних сценаріїв, або ж охарактеризувати множину побудованих сценаріїв. Такий опис має містити зрозумілі пояснення тих або інших висновків, результати проведеного на попередньому кроці аналізу тощо. Бажано проілюструвати текст рисунками та графіками. Також можуть бути надані рекомендації щодо стратегії розвитку досліджуваної системи, якщо ставилась така задача.

Варто зауважити, що розробка стратегії є окремою задачею, а сценарне дослідження лише створює підґрунтя для її розробки.

## ВИСНОВКИ

У роботі представлено методологію побудови сценаріїв розвитку складних соціальних систем. Запропоновано формалізацію об'єктів сценарного аналізу та методи для кожного кроку побудови сценаріїв.

Описана методологія базується на використанні експертних думок для отримання інформації про ключові змінні системи, рушійні сили, що можуть впливати на неї, про майбутні стани рушійних сил та їх взаємоузгодженість. Такий підхід пов'язаний із труднощами по залученню експертів та збору і обробці експертних думок.

Оскільки представники залучених до досліджуваної системи сторін не беруть безпосередньої участі у розробці сценаріїв, підтримка ними стратегічних рішень, що базуватимуться на проведеному дослідженні, буде невисокою. І для підвищення ефективності запровадження таких рішень знадобляться додаткові дії.

Якщо сценарне дослідження від початку проводиться з метою розробки стратегії та запровадження конкретних рішень, доцільно залучати представників зацікавлених сторін на різних етапах дослідження.

Незважаючи на обрані способи отримання інформації для різних етапів сценарного дослідження, актуальною залишається задача аналізу сценарного простору. Як зазначалося вище, для її вирішення не запропоновано ефективного алгоритму. Розробка такого алгоритму є перспективним напрямом для подальшого дослідження.

У наступній (заключній) частині роботи буде представлено приклад застосування методології та аналіз обмежень та можливостей щодо її використання на практиці.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Shell Energy Scenario to 2050.* — Shell International BV, 2008. — 48 p. — <http://webhost.ua.ac.be/psw/pswpapers/PSWpaper%202000-07%20bertrand.pdf>.
2. *Barbanente A., Khakee A., Puglisi M. Scenarios Building for Metropolitan Tunis // Futures.* — 2002. — № 34/7. — P. 583–596.

3. *Westhoek H.J., M. van den Berg, Bakkes J.A.* Scenario Development to Explore the Future of Europe's Rural Areas // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. — 2006. — № 114. — P. 7–20.
4. *Ph. Van Notten*, Scenario Development: a Typology of Approaches // *Think Scenario, Rethink Education*. — Paris: OECD Publishing, 2006. — P. 69–84.
5. *Godet M.* Creating Future. Scenario Planning as a Strategic Management Tool. — Paris, Economica Ltd, 2006. — 369 p.
6. *Wack P.* Scenarios: Shooting the Rapids // *Harvard Business Review* 63. — № 5. — Boston, Harvard Business Publishing, 1985. — P. 72–29.
7. *Schwartz P.* The art of the Long View: Planning for the Future in an Uncertain World. — NY, Currency Doubleday, 1991. — 272 p.
8. *Переверза К.В.* Сценарний підхід в задачах аналізу складних соціальних систем // *Системні дослідження та інформаційні технології*. — № 1. — 2011.
9. *Hill T., Westbook R.* SWOT-analysis: it's Time for a Product Recall // *Long Rang Planning*. — № 30 (1), 1997. — P. 46–52.
10. *Pickton D.W., Wright S.* What's SWOT in Strategic Analysis? // *Strategic Change* — 1998. — № 7. — P. 101–109.
11. *Згуровський М.З., Переверза К.В.* Методика побудови сценаріїв розвитку України з використанням SWOT-аналізу // *Системні дослідження та інформаційні технології*. — № 2. — 2009. — С. 7–17.
12. *Human Development Indicators, HDI*. — <http://hdr.undp.org/en/>.
13. *Environmental Performance Index, EPI*. — <http://epi.yale.edu/>.
14. *World Data Center, WDC*. — <http://wdc.org.ua/>.
15. *Zgurovsky M., Gvishiani A.* Sustainable Development. Global Simulation: Quality of Life and Security of the World Population. — Polytechnika, 2008. — 350 p.
16. *Zgurovsky M.* Analysis of Sustainable Development – Global and Region Contexts. — Polytechnika, 2009. — 219 p.
17. *Zwicky F.* The Morphological Method of Analysis and Construction // *Courant. Anniversary Volume*. — NY: Intersciences Publish, 1948. — P. 461–470.
18. *Ritchey T.* Futures Studies Using Morphological Analysis, 2005–2008. — [www.swemorph.com](http://www.swemorph.com).
19. *Ogilvy J., Schwartz P.* Plotting Your Scenarios. — San Francisco: John Wiley & Sons. — 1998. — 20 p.

Надійшла 14.06.2012.