

УДК 517:519.816

В.А. Івченко

## ОЦІНЮВАННЯ СЦЕНАРІЇВ РОЗВИТКУ АГРОПРОМИСЛОВОГО СЕКТОРУ АР КРИМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДОЛОГІЇ ПЕРЕДБАЧЕННЯ

In this paper we study and formalize the processes of the strategic planning. We define the algorithm to structure and evaluate the development scenarios of the object under research as a part of the strategic planning. In addition, we propose the methodology for choosing actors' policies to achieve the desired future state of the researched system. This methodology takes into account the factors of benefits, costs, opportunities, and risks. The methodology is based on the method of the hierarchy analysis, and utilizes the iterative application of the direct and reverse processes defined in this method. Moreover, we propose the solution to the problem of calculating actors' weights indirectly by the influence of the actors on the considered factors, namely the increase of benefits and opportunities, and decrease of costs and risks. Finally, we reveal that an integration with other approaches to the management of the economic systems is required for applying our prediction evaluation methodology.

### Вступ

В останні роки широкого розповсюдження набуло передбачення, яке являє собою методологію виявлення довгострокових трендів і координування на їх основі прийняття рішень [1]. Передбачення застосовується для виявлення пріоритетів сучасних досліджень на основі базових сценаріїв розвитку науки, технології, економіки та суспільства. Для України, яка після проголошення своєї незалежності все ще перебуває в списку країн із нерозвинутою економікою, впровадження процесу передбачення є вкрай необхідним для підвищення конкурентоспроможності економіки і держави в цілому на світовій арені.

Методологія передбачення є систематичною спробою зазирнути в дострокове майбутнє науки, технологій і суспільства з метою виявлення зон стратегічних досліджень та пріоритетних напрямів розвитку науки, технологій і техніки, які ймовірно можуть принести найбільші економічні та соціальні вигоди. На відміну від прогнозу, передбачення важливе як концепт чи як політичний інструмент. Це інструмент формування науково-технологічних пріоритетів із врахуванням соціально-економічних і суспільних пріоритетів, причому вони мають пронизувати всю систему прийняття рішень, а також реалізацію політики. Також важливим продуктом передбачення є механізм оцінки технологій, проектів програм, інститутів політики. Бізнес при правильній постановці питання передусім зацікавлений в тому, щоб зрозуміти свої перспективи. У промисловості України основна проблема полягає в тому, щоб вижи-

ти та відігравати певну роль на міжнародному рівні.

Технологічне передбачення може допомогти українському бізнесу зайняти своє місце у світовому процесі, оскільки дає змогу врахувати довгострокові наслідки та можливості у прийнятті рішень.

Таким чином, оцінювання сценаріїв розвитку як промисловості України в цілому, так і окремих сутностей-галузей і підприємств потребує теоретично обґрунтованої методології. Крім теоретичного обґрунтування, необхідно передбачити можливість створення інструментарію для практичного застосування такої методології різними особами, зацікавленими в становленні та розвитку промисловості України і АР Крим зокрема.

Передбачення є відносно новою методологією. Проблема на сьогодні полягає як у недостатній формалізації завдань передбачення, так і в неповноті розробленому математичному та програмному забезпеченні їх розв'язання. Крім того, те, як саме процес передбачення проводиться, управляється і на основі якої методики інтерпретуються його результати, впливає на його успішність. Методологія передбачення включає декілька методів, серед яких є методи аналізу ієрархічних структур задачі прийняття рішень [1–5]. Зокрема, в [6, 7] методи аналізу ієрархій застосовувалися для управління змінами в бізнес-процесах підприємства, для вибору постачальника, вибору інформаційної системи планування ресурсів компанії, способів впровадження цієї системи й оцінювання результатів її впровадження, що призвело до отримання конкурентних переваг компанією на глобаль-

ному ринку. У [8] узагальнений метод аналізу ієрархій використано для вибору маркетингової стратегії компанії. Оцінювання впливу економічних, соціальних факторів та навколишнього середовища на прийняття рішення щодо доцільності використання в штаті Флорида (США) технології, яка об'єднує сільське господарство й обробку лісів, виконане в [9] з використанням методу SWOT/MAI. Ще одне застосування MAI – для покращення участі громадськості в питаннях планування розвитку лісів у штаті Арізона (США) [10].

### Постановка задачі

Об'єкт дослідження – агропромисловий сектор АР Крим, економічні системи-сутності промисловості України та АР Крим. Предмет – сценарії і процеси розвитку сутностей об'єкта дослідження, а також фактори, що визначають умови існування цих сутностей.

Мета роботи – дослідити та формалізувати процеси стратегічного планування, визначити алгоритм побудови й оцінювання сценаріїв розвитку об'єкта дослідження та його сутностей, а також формалізувати підхід до вибору політик акторів для досягнення бажаного майбутнього стану об'єкта дослідження.

### Поняття прямого та зворотнього процесів стратегічного планування

Довгострокове планування в умовах невідомого майбутнього має особливості при виборі оптимальних дій. Однією із найбільш важливих особливостей є те, що деякі фактори, невідомі на момент прийняття рішення, проявляються протягом майбутніх періодів часу. Це викликає необхідність використовувати *адаптивне стратегічне планування* – процес проектування ймовірного (дослідницького) майбутнього: узагальненого сценарію та ідеалізованих бажаних майбутніх станів. Під стратегічним плануванням розуміють процес навчання та еволюції [5, 6, 11]. Він дає змогу виявити знання для спрямування дослідницького майбутнього до більш бажаного. Навчання як зворотній процес планування сприяє визначенню пріоритетів бажаних станів системи, можливостей і перешкод, вибору ефективних політик для досягнення бажаного майбутнього.

Стратегічне планування включає три елементи: початковий стан системи, ціль (кінцевий стан системи) і засоби, що поєднують ці два стани. Максимально ефективне поєднання початкового і кінцевого станів системи є метою процесу планування. Початковий стан системи, із врахуванням вимог сталого розвитку, визначається багатовимірним вектором, компонентами якого є:

- ресурси, якими вона управляє на сьогодні і які допомагають здійснити перехід до інших станів;
- припущення щодо різних подій, які можуть відбутися в майбутньому;
- зовнішні обмеження.

Зокрема, при прийнятті рішення щодо стратегічного сталого розвитку підприємства його початковий стан доцільно описувати SWOT-факторами (позицією підприємства на ринку: якість менеджменту, ефективність праці, наукові дослідження та розробки, інноваційна складова частина тощо; зовнішніми загрозами і можливостями ринку), а також цілями, наявними ресурсами підприємства й екологічними та соціальними складниками розвитку.

Для формалізації кінцевого стану системи необхідно брати до уваги сили, які його формують.

Визначимо складники засобів, які поєднують перші два компоненти плану і необхідні для керування процесом [11]. Це, по-перше, екологічні, соціальні й економічні фактори. По-друге, внутрішні та зовнішні цілі, які впливають на ці фактори. По-третє, це послідовність кроків та ймовірні стани для прийняття рішень.

При плануванні частіше використовується *прямий процес*, який являє собою впорядковану в часі послідовність подій, що починається в конкретний момент часу і закінчується в деякий момент часу в майбутньому. При такому плануванні розглядаються поточні фактори та результат, який можна отримати при застосуванні до цих факторів певної логічної послідовності дій. Можливий інший вид планування, при якому стани починають розглядатися з бажаного стану в кінцевий момент часу і продовжують розглядатися в зворотному напрямку в часі, щоб оцінити фактори та проміжні результати, які потрібні для досягнення бажаного

стану. Цей вид планування називають *зворотнім процесом*.

Класична теорія планування розглядає дві цілі планування: досягнути і бажану. При постановці досягнутої або, як ще її називають, логічної цілі, передбачається, що фактори і припущення, які впливають на результат, залишаються суттєво незмінними відносно поточного стану. На відміну від цього, планування бажаної цілі потребує великих змін на входах – як на внутрішніх, так і на зовнішніх.

З прямим і зворотнім процесами планування пов'язані різні типи сценаріїв. *Сценарій* – це результат, який можна одержати за допомогою деяких припущень про поточні та майбутні тенденції, або, за іншим означенням, як одна з альтернатив рішень. При прямому процесі будується *дослідницький* сценарій, при зворотньому – *попереджувальний*. Важливість дослідницького сценарію полягає в тому, що він змушує осіб, котрі приймають рішення, звернути увагу на фактори, які раніше не розглядалися. Попереджувальний сценарій потрібен для виявлення впливів і дій, необхідних для реалізації бажаної цілі. Поєднання обох процесів планування при розробленні дослідницьких і попереджувальних сценаріїв дає змогу вирішити проблему стратегічного планування, забезпечуючи зближення логічного майбутнього з бажаним.

#### **Побудова й оцінювання сценаріїв майбутнього розвитку систем різної природи в межах сталого розвитку за допомогою прямого і зворотнього процесів аналізу ієрархій**

Розглянемо змістовну постановку задачі адаптивного стратегічного планування в межах сталого розвитку за допомогою методу аналізу ієрархій (MAI) [2].

Дано: головна ціль (фокус); множина факторів, що впливають на різні аспекти досліджуваної проблеми в деякий фіксований момент часу, включаючи фактори ризику; актори, їх цілі і політики; попереджувальні сценарії.

Потрібно (залежно від головної цілі, фокусу) розрахувати:

- ймовірності попереджувальних сценаріїв (для знаходження “логічного” майбутнього);
- пріоритети політик акторів (для досягнення “бажаного” майбутнього).

Розв'язання. Традиційний MAI використовували для знаходження відносних ваг пріоритетів) елементів ієрархії на базі кількісної і якісної експертної інформації. Пізніше його почали застосовувати для моделювання зближення “імовірного” (“логічного”) та “бажаного” майбутнього, реалізуючи ітераційне повторення прямого і зворотнього процесів. Перший полягає у визначенні ймовірностей сценаріїв при наявних на поточний момент часу мотиваціях груп зацікавлених осіб і наявних ресурсах. У результаті проведення другого процесу визначаються ваги політик управління для досягнення бажаного сценарію.

Такий підхід до розв'язання задач передбачення є системним, проблеми постійно уточнюються чи перевизначаються, реалізуючи адаптивне планування. Крім того, при такому підході майбутнє розглядається таким, яким в принципі не може бути встановлене, виходячи із сучасних чи минулих умов. Наголос робиться на *створенні* альтернативних сценаріїв майбутнього, виходячи із сучасних дій, а не на простому пристосуванні до того, що воно принесе.

Для інтеграції прямого та зворотнього планування і проведення дій спочатку проектується логічне майбутнє. Далі як ціль приймається бажане майбутнє, розроблюються нові політики, які додаються до набору існуючих, і з врахуванням цих змін знову проектується майбутнє. Потім порівнюються два варіанти майбутнього: логічне і бажане – відносно їх головних характеристик. Бажане майбутнє модифікується для дослідження змін політик. Зміна політик потрібна, щоб бажане стало проєктованим майбутнім, і процес продовжується.

У цій роботі задачу вибору політик акторів для досягнення бажаного майбутнього із врахуванням факторів доходів, витрат, можливостей та ризиків пропонується розв'язувати за допомогою ітераційного процесу послідовного застосування прямого і зворотнього процесів MAI [2] (рис. 1).

Розглянемо один з етапів описаного вище ітераційного процесу, присвячений розрахунку коефіцієнтів відносної важливості (ваг) акторів при оцінюванні сценаріїв дослідницького майбутнього. Ці ваги пропонується розраховувати опосередковано за впливом акторів на збільшення доходів, можливостей та зменшення витрат і ризиків.

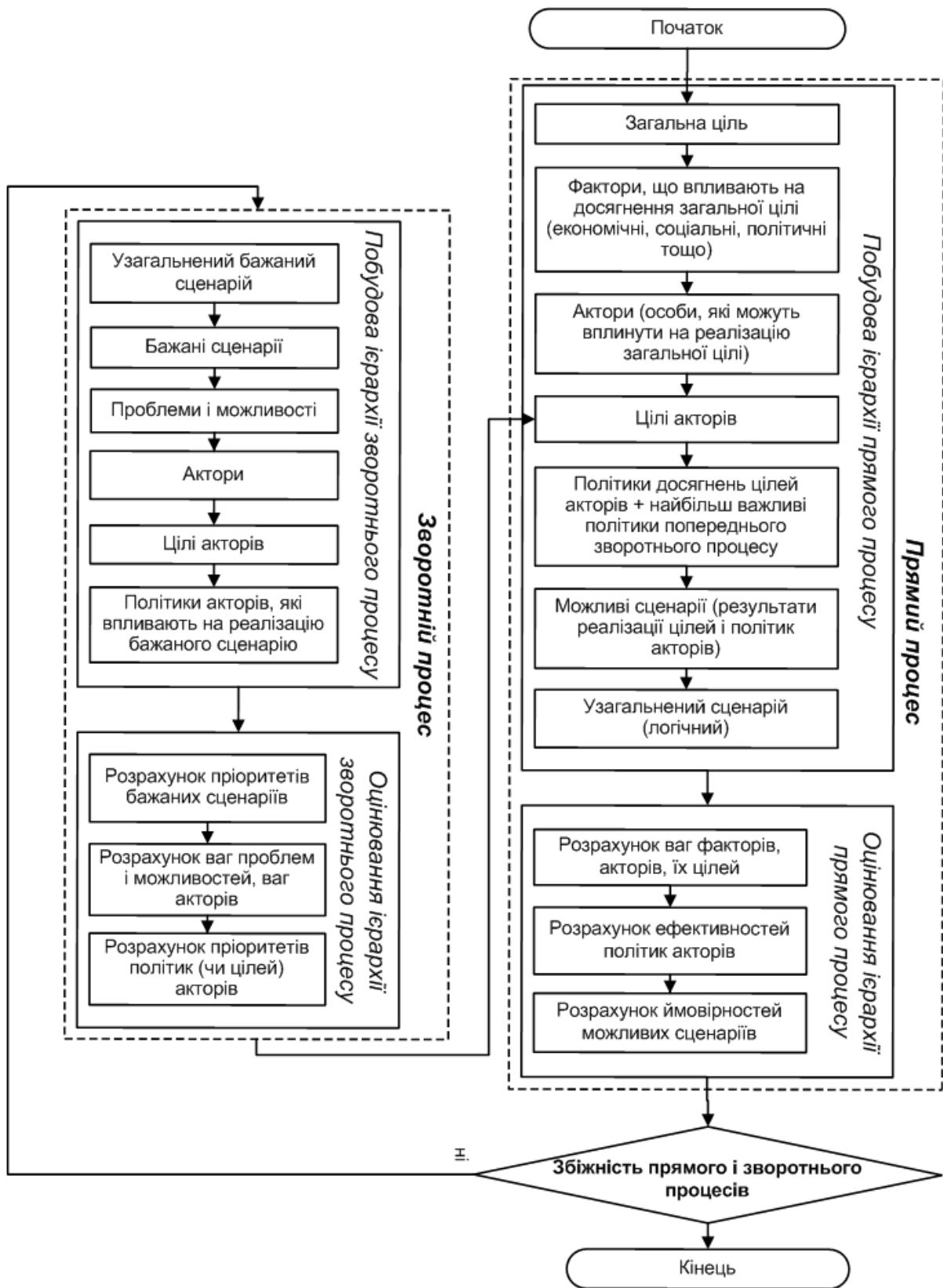


Рис. 1. Прямий і зворотній процеси побудови й оцінювання сценаріїв за допомогою МАІ

**Розрахунок ваг акторів за боєр-факторами**

Дано:  $A = \{a_i \mid i = 1, \dots, n\}$  – множина акторів;  $B = \{b_k \mid k = 1, \dots, n_B\}$ ,  $O = \{o_p \mid p = 1, \dots, n_O\}$ ,  $C = \{c_l \mid l = 1, \dots, n_C\}$ ,  $R = \{r_q \mid q = 1, \dots, n_R\}$  – множини факторів доходів ( $b$ ), можливостей ( $o$ ), витрат ( $c$ ) та ризиків ( $r$ ), що характеризують якість дослідницьких сценаріїв ( $боєр$ ). Припустимо, що різні актори по-різному впливають на збільшення доходів, можливостей та зменшення витрат і ризиків.

Потрібно: враховуючи ваги акторів щодо збільшення кожного  $b$ - і  $o$ -фактора та зменшення кожного  $c$ - й  $r$ -фактора, знайти глобальні ваги акторів за всіма  $боєр$ -факторами.

Розв'язання задачі. Розглянемо наступну ієрархічну структуру (рис. 2): на першому рівні розташовані критерії, що відповідають за інтегральну якість рішення і використовуються для розрахунку ваг якостей  $B, O, C, R$  (до них можуть належати, наприклад, критерії добробуту, безпеки, прогресу тощо), на наступному рівні перебувають ієрархії факторів  $b_k, c_l, o_p$  і  $r_q$  для кожної з якостей  $B, O, C, R$  відповідно, актори формують останній рівень ієрархії.

Для оцінювання цієї ієрархії та розв'язання поставленої задачі у роботі пропонується використовувати методологію аналізу ієрархій з врахуванням ризиків, яка складається з таких етапів:

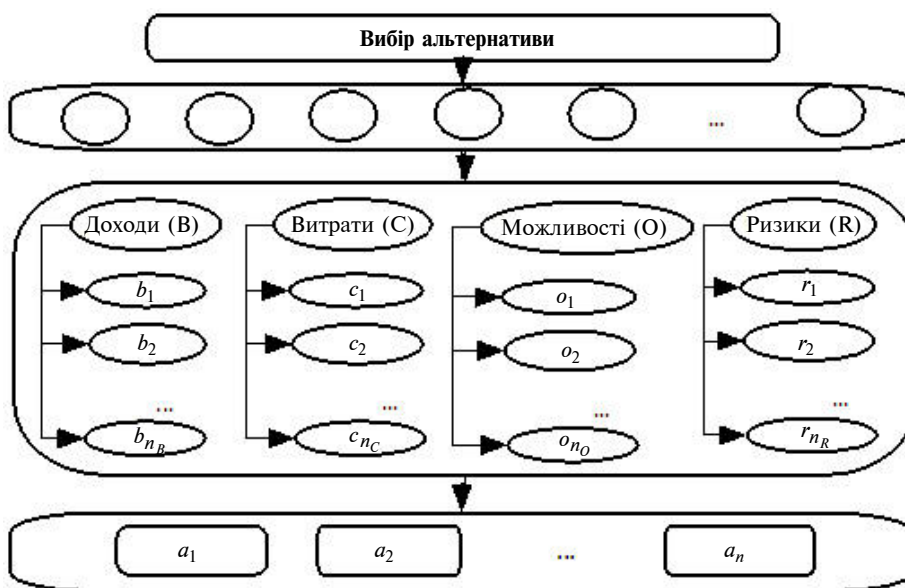


Рис. 2. Ієрархічна структура задачі оцінювання акторів за якістьми  $B, O, C, R$

1. Розрахунок вектора ваг  $w^{(2)k}$  якостей  $B, O, C, R$  другого рівня за кожним  $k$ -м інтегральним критерієм першого рівня ієрархії методами ЕМ, RGMM, АN парних порівнянь.

Метод ЕМ:  $w^{(2)k}$  – головний власний вектор матриці  $D^k$  парних порівнянь (МПП) якостей відносно  $k$ -го інтегрального критерію:  $D^k w^{(2)k} = \lambda_{\max} w^{(2)k}$ , де  $\lambda_{\max}$  – найбільше власне число МПП  $D^k$ . Перевіряється припустимість узгодженості МПП  $D^k$  за показником узгодженості  $CR = \frac{CI}{MRCI}$ , де  $CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)}$ ,

$n = 4$  – кількість порівнюваних елементів: якостей  $B, O, C, R$ ;  $MRCI$  – таблична величина залежно від  $n$ . Якщо  $CR \leq CR^{\text{порог}}$ , то неузгодженість МПП  $D^k$  припустима. Узгодженість МПП  $D^k$  має місце при  $CR = CI = 0$ .

Метод RGMM:  $w^{(2)k} = \left( \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n d_{ij}} \right)_{i=1, \dots, n}$  –

вектор середніх геометричних величин;  $d_{ij}$  – елементи  $D^k$ ;  $n = 4$  – кількість порівнюваних елементів: якостей  $B, O, C, R$ . Перевіряється припустимість узгодженості МПП  $D^k$  за показником узгодженості  $GCI = 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n \frac{(\ln e_{ij})^2}{((n-1)(n-2))}$ , де  $e_{ij} = \frac{d_{ij} w_j^{(2)k}}{w_i^{(2)k}}$  – по-

милка оцінювання елементом  $d_{ij}$  відношення

ваг  $\frac{w_j^{(2)k}}{w_i^{(2)k}}$ ; величини

$w_i^{(2)k}, w_j^{(2)k}$  – елементи

вектора ваг  $w^{(2)k}$ . Якщо  $GCI \leq GCI^{\text{порог}}$ , то неузгодженість МПП  $D^k$  припустима. Узгодженість МПП  $D^k$  має місце при  $GCI = 0$ .

Метод АN:  $w^{(2)k} = \left( \left( \sum_{j=1}^n d_{ij} \right)^{-1} \right)_{i=1, \dots, n}$  –

вектор зворотніх величин до сум елементів  $d_{ij}$   $i$ -го

стовпчика МПП  $D^k$ ,  $n = 4$  – кількість порівнюваних елементів: якостей  $B, O, C, R$ . Перевіряється припустимість неузгодженості МПП  $D^k$  за показником узгодженості  $HCR = \frac{HCSI}{MRHCSI}$ , де  $HCSI = \frac{(HM - n)(n + 1)}{(n(n - 1))}$ ,  $HM =$

$$= n \left( \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^n d_{ij} \right)^{-1} \right)^{-1}, \quad MRHCSI - \text{таблична величина}$$

залежно від  $n$ . Якщо  $HCR \leq HCR^{\text{порог}}$ , то неузгодженість МПП  $D^k$  припустима. Узгодженість МПП  $D^k$  має місце при  $HCR = HCSI = 0$ .

2. *Розрахунок коефіцієнтів відносних важливостей (ваг) інтегральних критеріїв першого рівня ієрархії.* Інтегральні критерії попарно порівнюються у фундаментальній шкалі відносної важливості. За результатами порівнянь будується додатна обернено симетрична МПП. Ваги інтегральних критеріїв розраховуються з цієї МПП методами ЕМ, RGMM, AN, описаними вище.

3. *Розрахунок вектора глобальних ваг  $w^{(2)\text{глоб}}$  якостей  $B, O, C, R$  другого рівня відносно вершини ієрархії.* Цей етап означає агрегування ваг, знайдених на етапі 1, за усіма інтегральними критеріями першого рівня ієрархії. Агрегування здійснюється методами дистрибутивного, ідеального або мультиплікативного синтезу. Нехай  $w_k^{(1)}$  – нормовані ваги інтегральних критеріїв першого рівня ієрархії:  $\sum_{k=1}^M w_k^{(1)} = 1$ ;  $M$  – кількість інтегральних критеріїв;  $n = 4$  – кількість якостей  $B, O, C, R$ .

Дистрибутивний синтез.  $w_i^{(2)\text{глоб}} = \sum_{k=1}^M w_k^{(1)} r_{ik}$ ,  $i = 1, \dots, n$ , де  $r_{ik} = \frac{w_i^{(2)k}}{\sum_{j=1}^n w_j^{(2)k}}$  – нормовані значення елементів вектора ваг  $w^{(2)k}$ ,  $\sum_{i=1}^n r_{ik} = 1, \forall k = 1, \dots, M$ .

Ідеальний синтез.  $v_i^{(2)\text{глоб}} = \sum_{k=1}^M w_k^{(1)} r_{ik}$ ,  $i = 1, \dots, 4$ , де  $r_{ik} = \frac{w_i^{(2)k}}{\max_{j=1, \dots, n} w_j^{(2)k}}$ . Результуючі гло-

бальні ваги якостей  $B, O, C, R$  другого рівня ієрархії:  $w_i^{(2)\text{глоб}} = \frac{v_i^{(2)\text{глоб}}}{\sum_{j=1}^n v_j^{(2)\text{глоб}}}$ .

$$= \frac{v_i^{(2)\text{глоб}}}{\sum_{j=1}^n v_j^{(2)\text{глоб}}}$$

Мультиплікативний синтез.  $v_i^{(2)\text{глоб}} = \prod_{k=1}^M (w_i^{(2)k})^{w_k^{(1)}}$ ,  $i = 1, \dots, 4$ . Результуючі глобальні ваги якостей  $B, O, C, R$  другого рівня ієрархії:  $w_i^{(2)\text{глоб}} = \frac{v_i^{(2)\text{глоб}}}{\sum_{j=1}^n v_j^{(2)\text{глоб}}}$ ,  $i = 1, \dots, 4$ .

$$= \frac{v_i^{(2)\text{глоб}}}{\sum_{j=1}^n v_j^{(2)\text{глоб}}}, \quad i = 1, \dots, 4.$$

4. *Розрахунок ваг факторів доходів  $b_k$ , витрат  $c_l$ , можливостей  $o_p$  і ризиків  $r_q$ ,  $k = 1, \dots, n_B$ ,  $l = 1, \dots, n_C$ ,  $p = 1, \dots, n_O$ ,  $q = 1, \dots, n_R$ .* Фактори доходів попарно порівнюються між собою у фундаментальній шкалі відносної важливості. За результатами порівнянь будується додатна обернено симетрична МПП. Ваги факторів доходів  $b_k$ ,  $k = 1, \dots, n_B$  розраховуються з цієї МПП методами ЕМ, RGMM, AN. Аналогічно будуються три МПП і розраховуються три вектори ваг для факторів  $c_l$ ,  $o_p$  і  $r_q$ .

5. *Розрахунок локальних ваг акторів за кожним фактором  $b_k, c_l, o_p, r_q$ ,  $k = 1, \dots, n_B$ ,  $l = 1, \dots, n_C$ ,  $p = 1, \dots, n_O$ ,  $q = 1, \dots, n_R$  методами ЕМ, RGMM, AN парних порівнянь.*

6. *Агрегування ваг акторів на ієрархіях  $B, O, C, R$  за методами дистрибутивного, ідеального та мультиплікативного синтезу, які наведено вище.*

7. *Розрахунок глобальних ваг акторів за  $B, O, C, R$ .* Оскільки фактори доходів і можливостей потрібно максимізувати, а фактори витрат і ризиків – мінімізувати, то використовують спеціальні методи агрегування. Нехай  $n$  – кількість акторів;  $B, O, C, R$  – ваги якостей доходів, можливостей, витрат та ризиків, знайдені на етапі 3:  $b = w_1^{(2)\text{глоб}}$ ,  $o = w_2^{(2)\text{глоб}}$ ,  $c = w_3^{(2)\text{глоб}}$ ,  $r = w_4^{(2)\text{глоб}}$ ; вектори ваг акторів за якістьями, знайдені на етапі 6 – це  $w^b, w^o, w^c$  і  $w^r$ .

**Метод 1.** Глобальна вага  $i$ -го актора  $w_i^{\text{глоб}} = \frac{(w_i^b w_i^o)}{(w_i^c w_i^r)}$ ,  $i = 1, \dots, n$ .

**Метод 2.** Глобальна вага  $i$ -го актора  $w_i^{\text{глоб}} = b w_i^b + o w_i^o + c / w_i^c + r / w_i^r$ ,  $i = 1, \dots, n$ .

**Метод 3.** Глобальна вага  $i$ -го актора  $w_i^{\text{глоб}} = b w_i^b + o w_i^o + (1 - c) w_i^c + (1 - r) w_i^r$ ,  $i = 1, \dots, n$ .

Розглянемо приклад розрахунку ваг факторів доходів, витрат, можливостей та ризиків у задачі впровадження нової технології в агропромисловому комплексі (АПК) АР Крим.

**Приклад.** Успішне впровадження нової технології, наприклад, в агропромисловому комплексі, залежить від багатьох таких факторів, як доступність (готовність) технології, інформація про ринки, розмір фермерських господарств для впровадження технології, використання результатів науково-дослідних розробок тощо. Серед акторів доцільно розглядати такі: фермерські господарства (ФГ) різного розміру, які будуть споживачами нової технології; науково-дослідні інститути (НДІ), які розробляють технології та консультують фермерські господарства з приводу їх впровадження; державні установи (ДУ), які здійснюють політичний та економічний контроль в агропромисловому комплексі АР Крим (рис. 3).

Доходи від нової технології можна записати таким чином:  $b_1$  – доходи в грошовій формі від впровадження технології;  $b_2$  – задоволення від зелених насаджень і “натурального” навколишнього середовища на приватних (орендованих) землях;  $b_3$  – підвищення рекреаційного та туристичного потенціалів.

Ризики при впровадженні нової технології включають:  $r_1$  – збільшення податків;  $r_2$  – невизначеність у державному регулюванні;  $r_3$  –

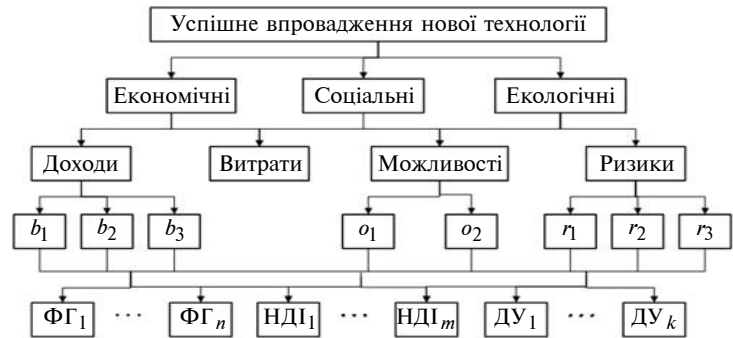


Рис. 3. Ієрархія оцінювання акторів у задачі успішного впровадження нової технології в АПК АР Крим

ризики, пов'язані з якістю землі.

Можливості при впровадженні нової технології включають:  $o_1$  – потенційну державну підтримку;  $o_2$  – підвищення цінності земельних ресурсів.

Відносні ваги  $w^{(2)k}$  якостей доходів ( $B$ ), витрат ( $C$ ), можливостей ( $O$ ) та ризиків ( $R$ ), отримані за експертними оцінками парних порівнянь за кожним  $k$ -м інтегральним критерієм першого рівня ієрархії (в цій задачі – економічні, соціальні й екологічні фактори,  $k = 1, 2, 3$ ), наведено в табл. 1. Коефіцієнти вагомості економічного, соціального й екологічного факторів приймаються однаковими, рівними  $\frac{1}{3}$ .

Встановлено, що різні методи парних порівнянь ведуть до дуже близьких ваг (табл. 1). Це є наслідком гарної узгодженості наданих експертами оцінок, оскільки відповідні показники узгодженості менші за свої порогові значення:  $CR \leq CR^{\text{порог}} = 0,1$ ,  $CGI \leq CGI^{\text{порог}} = 0,3526$ ,

$HCR \leq HCR^{\text{порог}} = 0,1$ . Тому під час підрахунку глобальних ваг використовувалися результати, отримані одним з методів парних порівнянь, а саме ЕМ.

Таблиця 1. Локальні ваги елементів другого рівня ієрархії

Елементи другого рівня ієрархії	Фактори								
	Економічні			Соціальні			Екологічні		
	Методи								
	ЕМ	RGMM	AN	ЕМ	RGMM	AN	ЕМ	RGMM	AN
Доходи	0,295	0,297	0,300	0,165	0,164	0,167	0,205	0,203	0,200
Витрати	0,098	0,099	0,100	0,213	0,210	0,182	0,338	0,341	0,333
Можливості	0,251	0,250	0,231	0,432	0,432	0,429	0,169	0,170	0,167
Ризики	0,356	0,354	0,353	0,190	0,195	0,200	0,288	0,286	0,286
Показник узгодженості	CR = 0,023	GCI = 0,080	HCR = 0,031	CR = 0,044	GCI = 0,154	HCR = 0,044	CR = 0,023	GCI = 0,080	HCR = 0,027

Глобальні ваги  $w^{(2) \text{ глоб}}$  якостей  $B, O, C, R$  (табл. 2) показують, що різні методи синтезу приводять до різних ранжувань якостей. Так, згідно з дистрибутивним методом, найбільш важливими якостями в цій задачі є можливості, а потім ризики, за ідеальним і мультиплікативним методами – перші ризики, а на другому місці можливості. Доходи можуть бути однаково пріоритетними з витратами (дистрибутивний та ідеальний методи) або більш важливими за витрати (мультиплікативний синтез). Причиною такої відмінності в ранжуваннях є конфлікт-

Таблиця 2. Глобальні ваги елементів другого рівня ієрархії

Елементи другого рівня ієрархії	Синтез		
	Дистрибутивний	Ідеальний	Мультиплікативний
Доходи	0,217	0,220	0,224
Витрати	0,217	0,220	0,206
Можливості	0,285	0,274	0,281
Ризики	0,281	0,286	0,289

ність ваг якостей  $B, O, C, R$  відносно трьох досліджуваних факторів: за економічними факторами розвитку найбільш пріоритетними є ризики і доходи, за соціальними – можливості, а за екологічними – витрати і ризики (див. табл. 1). Тому агрегування таких конфліктних ваг веде до різних результатів залежно від властивостей методу синтезу, який використовується. Відомо [2], що дистрибутивний метод надає перевагу “крайнім” варіантам, тому в результаті найбільш пріоритетними виявилися можливості; мультиплікативний метод – “середнім” варіантам, тому найважливішими стають ризики (див. табл. 2).

Ваги факторів доходів  $b_k$ , можливостей  $o_p$ , витрат  $c_l$  і ризиків  $r_q$ ,  $k=1, 2, 3, l=1, p=1, 2, q=1, 2, 3$  наведено в табл. 3. Згідно з ними, найбільш важливими елементами доходів, можливостей та ризиків у цій задачі є, відповідно, доходи в грошовій формі від впровадження нової технології, підвищення цінності земельних ресурсів, невизначеність у держав-

ному регулюванні. Зазначимо, що знайдені ваги є добре узгодженими, оскільки показники узгодженості CR, GCI, HCR менші за свої порогові значення.

Таблиця 3. Локальні ваги елементів третього рівня ієрархії

Елементи третього рівня ієрархії	Методи		
	EM	RGMM	AN
$b_1$	0,493	0,493	0,500
$b_2$	0,196	0,196	0,200
$b_3$	0,311	0,311	0,286
Показник узгодженості	CR = 0,052	GCI = 0,160	HCR = 0,056
$o_1$	0,333	0,333	0,333
$o_2$	0,667	0,667	0,667
	CR = 0	GCI = 0	HCR = 0
$r_1$	0,297	0,297	0,286
$r_2$	0,540	0,540	0,545
$r_3$	0,163	0,163	0,167
Показник узгодженості	CR = 0,009	GCI = 0,028	HCR = 0,008

На наступних кроках розраховуються локальні ваги акторів за кожним фактором  $b_k$ ,  $o_p$ ,  $c_l$ ,  $r_q$ , ці ваги агрегуються на ієрархіях  $B, O, C, R$  і розраховуються глобальні ваги акторів за  $B, O, C, R$  згідно з етапами 5–7, наведеними вище, для вибраних на останньому рівні ієрархії (див. рис. 3) конкретних акторів.

## Висновки

У статті запропоновано методологію розв’язання задачі вибору політик акторів для досягнення бажаного майбутнього із врахуванням факторів доходів, витрат, можливостей та ризиків, що використовує ітераційний процес послідовного застосування прямого і зворотнього процесів методу аналізу ієрархій. Для розрахунку ваг акторів у рамках цієї методології пропонується розраховувати ці ваги опосередковано за впливом акторів на фактори, що враховуються, а саме: збільшення доходів, можливостей та зменшення витрат і ризиків.

Передбачення дає змогу виконати оцінку майбутнього й апроксимувати процес розвитку економічної системи, що досліджується. Використання саме методу аналізу ієрархій спонукає зацікавлених осіб досліджуваної системи до ін-



терактивного пошуку альтернатив розв'язку поставленої задачі. У випадку оцінювання сценаріїв – це вибір альтернативи на основі якостей  $B$ ,  $O$ ,  $C$ ,  $R$ , розрахунок яких наведений у цій статті.

Застосування методології передбачення для оцінювання потребує інтеграції з іншими підходами до управління економічними систе-

мами. Така інтеграція надасть можливість врахувати результати застосування запропонованої методології в інших підходах, а також точніше визначити обмеження економічної системи, що розглядається. Така задача не є тривіальною і потребує подальших досліджень.

1. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. – 2-е изд. – К.: Наук. думка. – 2011. – 726 с.
2. Панкратова Н.Д., Недашківська Н.І. Моделі і методи аналізу ієрархій: Теорія. Застосування: Навч. посібник. – К: ІВЦ “Видавництво “Політехніка”, 2010. – 372 с.
3. Івченко В.А. К созданию стратегии устойчивого развития Крыма // Системні дослідження та інформаційні. – 2008. – № 3. – С. 31–43.
4. Івченко В.А. Методология решения проблемы устойчивого развития Крыма // Системні дослідження та інформаційні. – 2008. – № 4. – С. 21–32.
5. Панкратова Н.Д., Недашковская Н.И. Оценка многофакторных рисков в условиях концептуальной неопределенности // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 2. – С. 72–82.
6. Wei C.-C., Chien C.-F., Wang M.-J.J. An AHP-Based Approach to ERP System Selection // Int. J. Production Economics. – 2005. – 96. – P. 47–62.
7. Cebeci U. Fuzzy AHP-Based Decision Support System for Selecting ERP Systems in Textile Industry by Using Balanced Scorecard // Expert Systems with Applications. – 2009. – 36. – P. 8900–8909.
8. Wu C.-S., Lin C.-T., Lee C. Optimal Marketing Strategy: A Decision-Making with ANP and TOPSIS // Int. J. Production Economics. – 2010. – 127. – P. 190–196.
9. Shrestha R.K., Alavalapati J.R.R., Kalmbacher R.S. Exploring the Potential for Silvopasture Adoption in South-Central Florida: an Application of SWOT-AHP Method // Agricultural Systems. – 2004. – 81. – P. 185–199.
10. Mau-Crimmins T., de Steiguer J.E., Dennis D. AHP as a Means for Improving Public Participation: a Pre-Post Experiment with University Students // Forest Policy and Economics. – 2005. – 7. – P. 501–514.
11. Сааму Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

Рекомендована Радою  
Навчально-наукового комплексу  
“Інститут прикладного системного  
аналізу” НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції  
20 лютого 2012 року