

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ПРИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОМУ ПРОГНОЗУВАННІ ПРИРОДООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

*Розглядається методика використання методу аналізу ієрархій. Наведено приклад використання методики для оцінки впливу різноманітних економічних факторів на екологічну ситуацію в регіоні.*

*Ключові слова:* метод аналізу ієрархій, прогнозування, фактори впливу.

**Постановка проблеми.** При прогнозуванні заходів щодо забезпечення екологічної безпеки виникає проблема врахування впливу різноманітних факторів, яку відносять до класу важкоформалізуємих. Застосування традиційних методів для її вирішення, як показує практика, є вельми складними. Тому основним джерелом вихідної інформації в таких завданнях є експерти - фахівці в галузі екології. У цьому зв'язку розробка ефективних методик застосування методу експертних оцінок й обробки результатів таких оцінок є актуальною [1].

**Основна мета досліджень.** У статті вирішується завдання соціально-економічного прогнозування на прикладі наслідків введення податку на забруднення акваторії морського порту, яке пов'язано з підвищенням вантажопотоків. Податок можна ввести як певну суму за кожен тону обробленого вантажу. Податок повинен відшкодовуватися із судновласників та виплачуватися з боку порту держструктурам. Для розв'язання сформульованого завдання в роботі був використаний метод аналізу ієрархічних систем, що дозволяє зробити обґрунтований вибір раціонального рішення із припустимої безлічі сценаріїв [2]. Під рішеннями варто розуміти безліч сценаріїв, кожне з яких передбачає той або інший перелік соціально-економічних наслідків.

### **Матеріали та методи дослідження.**

Використання методу аналізу ієрархій передбачає наявність системи оцінки багатьох альтернативних варіантів рішень, які будуються на базі безлічі показників якості, що мають ієрархічну структуру. Показниками якості можуть бути об'єкти різного типу, з різними наборами властивостей, які прийнято називати альтернативами. На основі методу парного порівняння альтернативи нижнього рівня можна порівнювати й одержувати оцінки за відповідними критеріями верхнього рівня [3].

Можна виділити такі основні стадії вирішення завдання з використанням даного методу:

- визначення безлічі альтернатив і побудова ієрархічної схеми, що відображає структуру системи оцінки сценаріїв;
- виконання процедури оцінювання альтернатив на всіх рівнях ієрархії методом експертних оцінок на підставі парного порівняння альтернатив за заданим критерієм (результати такого оцінювання подаються у вигляді матриць експертних оцінок і вектора оцінок альтернатив на кожному рівні ієрархії);
- математична обробка експертних оцінок за допомогою реалізованих програм.

Як альтернативи верхнього рівня обрані фактори, які можуть вплинути на передбачувані сценарії, як альтернативи другого рівня обрані фактори – основні суб'єкти, здатні вплинути на сценарії. Склад факторів, визначений експертами для розв'язуваного завдання включає: морський порт (порт), органи державного управління (держструктура), судновласників, що використовують морський порт для перевалки вантажів (судновласник), власники портового вантажно-перевального устаткування, що у процесі експлуатації впливає на екологічну ситуацію в акваторії порту (власник). Альтернати-

вами третього рівня у запропонованій ієрархічній системі є мета кожного із факторів. Четвертий рівень ієрархії містить безліч припустимих рішень. Конкретний склад альтернатив кожного рівня визначається експертами. Результати аналізу опитування експертів відображені на рис. 1 у вигляді структурної моделі ієрархічної системи, що відображає процес багатокритеріального вибору.

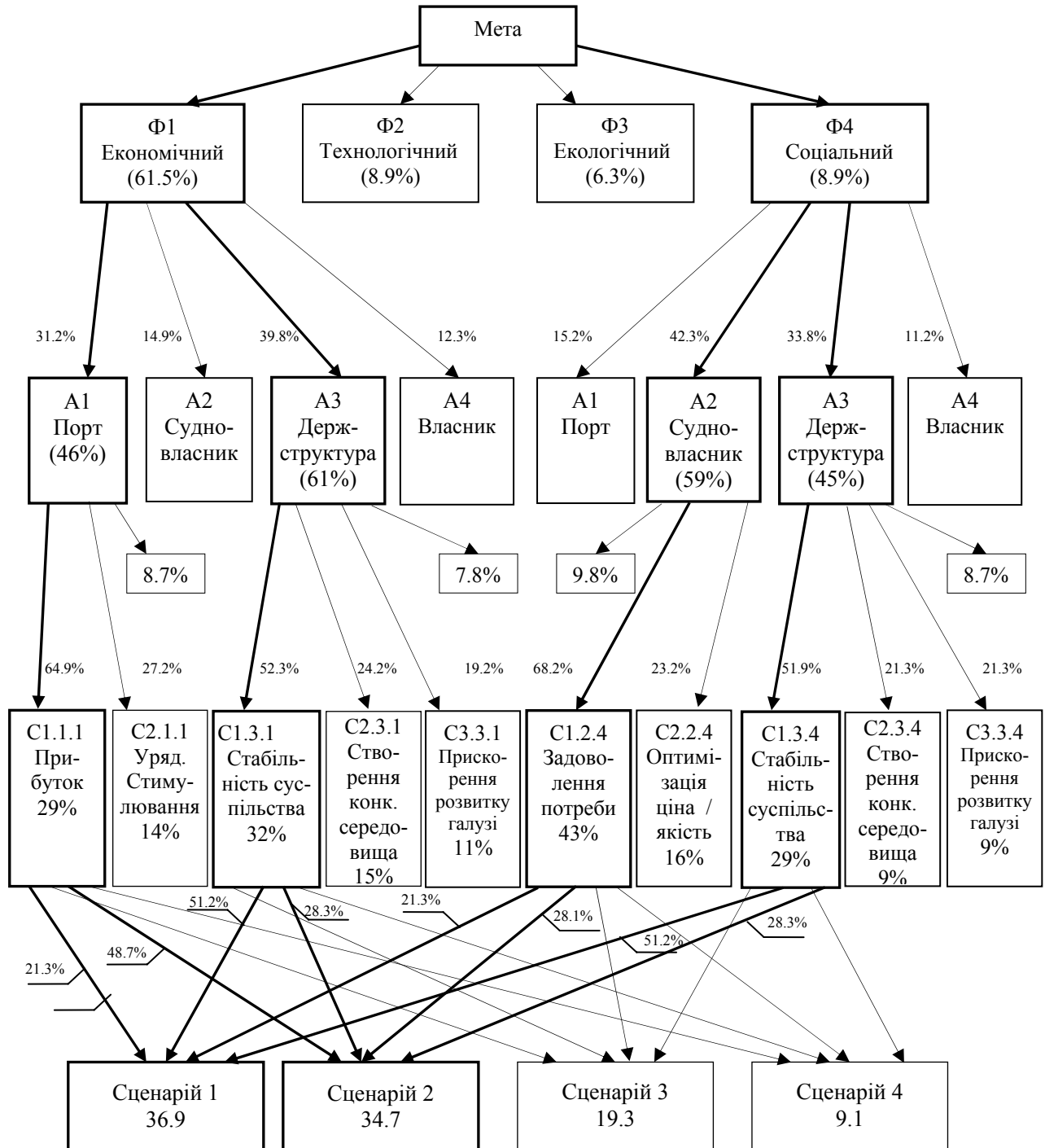


Рис. 1 – Структурна модель ієрархічної системи.

Як перелік припустимих рішень у розробленій моделі розглядаються чотири сценарії:

1. Порт вкладає кошти в природоохоронні заходи й помітно змінює негативний екологічний вплив з метою зменшення екологічного податку. Це сприяє стабільному, помірковано швидкому розвитку галузі.

2. Порт шукає економічно оптимальний варіант розподілу коштів між природоохоронними заходами й екологічними податками. Це сприяє більш швидкому, у порівнянні зі сценарієм 1, росту галузі.

3. Порт не вкладає кошти в природоохоронні заходи й платить екологічний податок місту. Це сприяє тому, що порт іде на свідомий ризик, та одержує швидко, якісну, але екологічно небезпечну послугу. У місті, що прилягає до порту, зростає соціальна напруженість, пов'язана з можливою екологічною небезпекою діяльності порту.

4. Порт ухиляється від сплати екологічного податку всіма законними методами. Це сприяє значному зростанню соціальної напруженості у міській громаді у зв'язку з можливою екологічною небезпекою через швидке зростання вантажообігу порту.

Парні порівняння наводяться в термінах домінування одного елемента моделі над іншим. Експертні судження наведені в табл. 1 у вигляді оцінної 9-ти бальної шкали цілих чисел. Експерт, порівнюючи дві альтернативи щодо критерію, розташованого на вищому рівні ієрархії, оцінює це порівняння числом з інтервалу 1 - 9.

Таблиця 1 – Експертні судження

Чисельна оцінка переваг	Лінгвістична оцінка переваг	Пояснення
1	Однаково кращі	Дві альтернативи дають однаковий внесок щодо заданого критерію Компроміс між судженнями. Відтінки ступенів переваги при порівнянні альтернатив враховуються у подальшому аналізі в числовій формі.
2:1	Дуже незначне перевершення	
3:1	Слабке перевершення	
4:1	Більш-менш перевершення	
5:1	Перевершення	
6:1	Сильне перевершення	
7:1	Значне перевершення	
8:1	Істотне перевершення	
9:1	Абсолютне перевершення	

Заповнення матриць парних порівнянь розмірністю  $(K_N)$  здійснюється за таким правилом. Якщо альтернатива  $(A_K)$  домінує над альтернативою  $(A_N)$ , то клітка матриці, що відповідає рядку  $(A_K)$  і стовпцю  $(A_N)$ , заповнюється цілим числом, а клітка, що відповідає рядку  $(A_N)$  і стовпцю  $(A_K)$ , заповнюється зворотним до нього числом. Якщо елементи  $(A_K)$  й  $(A_N)$  рівнозначні, то в обидві позиції матриці вписуються одиниці.

Відомо, що зворотно симетрична матриця  $M(a_{ij})$  має властивість зворотної симетрії  $(a_{ij}) = \frac{1}{a_{ji}}$  і транзитивності  $(a_{ik} - a_{kj} = a_{ij})$ .

Природно, що при експертному заповненні матриць  $M(a_{ij})$  ці властивості порушуються. У даному методі для оцінки однорідності суджень експерта використовується відхилення максимального власного значення  $\lambda_{\max}$  матриці  $M(a_{ij})$  від порядку  $n$  цієї матриці.

Однорідність суджень виражається індексом погодженості  $(I_c)$  і відношенням

погодженості ( $O_c$ ).

$$I_c = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)}, \quad (1)$$

$$O_c = \frac{I_c}{Mo(I_c)}, \quad (2)$$

де  $Mo(I_c)$  - математичне очікування індексу погодженості випадковим чином складеної матриці парних порівнянь.

Судження експерта прийнято вважати погодженими, якщо  $O_c \leq 0.1$ . У деяких випадках, особливо на нижніх рівнях ієрархії, допускається  $O_c \leq 0.2$ .

Ранжирування альтернатив, які аналізуються на основі матриць парних порівнянь, здійснюється на основі власних векторів  $W$ , отриманих у результаті рішення рівняння

$$MW = \lambda_{\max} W. \quad (3)$$

Відповідно до розглянутої процедури, експертів задаються питання, що виявляють відносний ступінь залежності альтернатив кожного рівня від альтернатив нижчого рівня. Наприклад, “Який з факторів має більший вплив на поставлену мету?”. Результат такого опитування подається у вигляді експертної матриці домінування, а результатом її обробки є ваги цих факторів.

Далі, відносно кожного елемента цього рівня формується матриця власних векторів-стовпців елементів рівня, що перебуває безпосередньо під заданим рівнем. Потім використовується вектор ваг елементів вже цього рівня для зважування відповідних власних векторів-стовпців. Перемноження матриці власних векторів та вектор-стовпця ваг, дає вектор ваг елементів нижнього рівня.

З метою висування на перший план тих властивостей, які найбільш важливі для одержання реалістичної інтерпретації вирішення проблеми, на кожному ієрархічному рівні визначаються найбільш впливові елементи. На рис. 1 такі елементи виділені жирною лінією. Наприклад, із чотирьох елементів А1, А2, А3, А4, що перебувають на 2-м рівні й пов'язані з елементом Ф1 (див. рис. 1), далі беруться в розрахунок тільки А1 й А3 як найбільш важливі. Їхні ваги дорівнюють відповідно 31,2% і 40,8%.

Результатом реалізації розглянутого підходу є формування узагальненого сценарію, якій є композицією можливих сценаріїв розвитку досліджуваного процесу. Внесок кожного зі сценаріїв в узагальнений сценарій визначається відповідно до його вагового коефіцієнта.

Реалізація даного проекту на ЕОМ дозволяє одержувати проміжну й остаточну інформацію в зручному для користувача вигляді, а також дозволяє в оперативному режимі реалізовувати процедури пошуку компромісних рішень, які неминуче виникають у завданнях багатокритеріального вибору.

За результатами проведеного аналізу моделі виявлено, що в узагальненому сценарії будуть домінувати сценарії 1 й 2, тому що їхня сумарна вага становить 72% (36,4% + 35,6%). Соціально-економічні наслідки, які охоплюються сценарієм 3, за своєю значущістю істотно перевершують наслідки сценарію 4 (19,2% й 8,8% відповідно), але їхня сумарна значущість значно менше від сумарної значущості сценаріїв 1 й 2. Розглянемо порядок формування узагальненого сценарію з урахуванням кількісних оцінок значущості локальних сценаріїв.

Висока значущість сценаріїв 1 й 2 отримана за результатом істотної значущості економічного фактора (60,3%) і ступеня його впливу на порт (46%) і держструктуру (54%). При цьому для порту пріоритетною метою є прибуток (32%), що у свою чергу робить більш значущою реалізацію сценарію 2 (48%). Для держструктури пріоритет-

ною метою є стабільність суспільства (30%), що зумовлює домінування сценарію 1 (50 %).

Другий значущий фактор - соціальний (20,4 %) впливає переважно на судновласника (55 %) і держструктуру (45 %). Пріоритетна мета судновласника - задоволення потреб (43 %) , рівнозначно проявляється в сценаріях 1 – 3 (36 %, 27 % й 26 % відповідно). Однак це не приводить до істотного підвищення значущості сценарію 3 у порівнянні зі сценаріями 1 й 2 внаслідок відносно малої ваги соціального фактору.

Виходячи із проведеного аналізу, узагальнений сценарій можна сформулювати в такий спосіб.

Введення екологічного податку на вантажообіг, який ґрунтується на економічному аналізі різних можливих локальних сценаріїв поведінки основних діючих суб'єктів приведе до того, що порт буде вкладати кошти в природоохоронні заходи й це помітно зменшить шкідливий екологічний вплив. Ступінь прояву такої тенденції буде істотно залежати від дій держструктури. При цьому буде спостерігатися стабільний, помірковано швидкий розвиток галузі.

Можливість того, що порт не буде вкладати кошти в природоохоронні заходи, а буде тільки платити податок, невелика. Вважається, що вантажообіг, ні за яких умов не впаде нижче певного мінімального рівня. Однак імовірність того, що судновласники, маючи достовірну інформацію про складну екологічну обстановку в порту й високу імовірність екологічних штрафів, підуть на свідомий ризик, мала. У цьому випадку навпаки більш ймовірне наростання соціальної напруженості, яка пов'язана з екологічною небезпекою.

Практично не реалізується ситуація, коли порт буде ухилятися від сплати екологічного податку, а в суспільстві буде відбуватися зростання соціальної напруженості, пов'язане з можливою екологічною небезпекою через швидке збільшення вантажообігу.

**Висновки.** У такий спосіб запропонований підхід може бути адаптований до рішення широкого кола завдань для забезпечення екологічної безпеки на основі аналізу ієрархії природоохоронної діяльності.

### Список літератури

1. Буркинський Б.В., Степанов В.Н., Харичков С.К. Природопользование: основы экономико-экологической теории. – Одеса: ИПРЭИ НАН Украины, 1999. – 350 с.
2. Саати Т. Принятие решений - метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
3. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. –К.: Наукова думка, 2002. – 382 с.

### **Использование метода анализа иерархий при социально-экономическом прогнозировании природоохранной деятельности. Головань Е. И.**

*Рассматривается методика использования метода анализа иерархий. Приведен пример использования методики для оценки влияния разных экономических факторов на экологическую ситуацию в регионе.*

**Ключевые слова:** метод анализа иерархий, прогнозирование, факторы влияния.

### **Using of the analytic hierarchy process while social-economy forecasting of nature protection activity.**

**Golovan E.I.**

*The technique of use of a method of the analysis of hierarchies is considered. The example of use of a technique for an estimation of influence of different business factors on an ecological situation in region is resulted.*

**Key words:** Method of the analysis of hierarchies, forecasting, influence factors.