

УДК 519.876.2

ПИЛИПЕНКО Д.Є.

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ПЕРЕХРЕСНОГО ВПЛИВУ У РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧ З ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПЕРЕДБАЧЕННЯ**

Запропоновано варіант реалізації методу аналізу перехресного впливу, який адаптований до використання у всесвітній мережі Інтернет та може бути використаний у вигляді модуля Інформаційної платформи сценарного аналізу технологічного передбачення.

The new variant of cross-impact method realization that is adapted for the use in the World Wide Web and can be used as a module of the technology foresight scenery analysis information platform is suggested in this article.

### **Вступ**

Роботи по розв'язанню задач з технологічного передбачення проводяться вже більше тридцяти років та більш ніж в 40 країнах світу, але більшість реалізацій проектів у різних країнах вимагають зібрання великої кількості експертів для прийняття рішень на послідовних етапах вирішення задач. Найбільш відповідальним етапом будь-якого проекту з технологічного передбачення є етап попереднього вивчення проблеми. На цьому етапі відносно проблеми, що досліджується, проводяться: перше осмислення в широкому фокусі; генерування різноманітних ідей; кластеризація ідей; відбір "конструктивних" кластерів; глибоке вивчення у вузькому фокусі для кожного кластера; генерування ідей для вибраного кластера; розділення ідей на дві групи відповідно до часового горизонту. Будь-яка інформація, на яку не було звернуто увагу під час попереднього етапу, не буде враховуватись при проведенні побудови альтернатив сценаріїв, а тому може призвести до великої похибки у результатах проекту. Класичними методами, що використовуються на попередньому етапі, є сканування, мозковий штурм, STEEP, SWOT [1], але ці методи в більшості випадків лише допомагають експертам структурувати свої думки.

Для підвищення формалізації та ефективності попереднього етапу проектів технологічного передбачення пропонується використовувати метод аналізу перехресного впливу, що дозволить оперувати більш точними даними та зменшити похибку в даних, які передаються на наступні етапи.

### **Мета роботи**

Метою цієї роботи є дослідження методу аналізу перехресного впливу та його адаптація до використання у вигляді одного з модулів Інформаційної платформи сценарного аналізу технологічного передбачення (ІПСА), що розроблена в Інституті прикладного системного аналізу НТУУ "КПІ" [1]. ІПСА являє собою комплекс математичних, програмних, логічних та організаційно-технічних засобів та

інструментів для здійснення цілісного процесу передбачення на базі інтерактивної взаємодії людини та програмно-технічного середовища, яке створено спеціально задля цієї мети у вигляді розподіленої крос-платформної системи, що побудована на архітектурі клієнт – сервер з використанням технологій всесвітньої мережі Інтернет [1].

При реалізації мети основна увага приділяється забезпеченню:

- взаємодії методу аналізу перехресного впливу з іншими модулями ПСА;
- можливості використання методу аналізу перехресного впливу в умовах розподіленої системи збору та аналізу інформації у всесвітній мережі Інтернет;
- надання рекомендацій особі, що приймає рішення (ОПР), щодо рішень та дій, які найбільш позитивно вплинуть на систему, яка досліджується.

Засоби моделювання стратегії побудови бажаних подій у складі ПСА призначені поєднати у єдиний цілісний процес етапи накопичення, аналізу та обробки інформації, генерації та оцінки сценаріїв у єдиний людино-машинний комплекс. Впровадження такого засобу дозволить гнучко масштабувати процес передбачення відповідно до виникаючих проблем різного характеру, не втрачаючи взаємозв'язку з реальними об'єктами та середовищем [2].

### **Метод аналізу перехресного впливу (Cross-Impact method)**

Перший варіант методу перехресного впливу був розроблений Теодором Гордоном (Theodore Gordon) та Олафом Хелмером (Olaf Helmer) у 1966 році [3]. Першим використанням методу стала гра “Future” (“Майбутнє”), яка була розроблена Гордоном та Хелмером для компанії “Kaiser Aluminum and Chemical Company” у середині 60-х років двадцятого сторіччя. Гра включала в себе колоду карт, кожна з яких означала майбутню подію. Для усіх подій були надані апріорні ймовірності. Для визначення чи сталась ця подія у поточному сценарії майбутнього використовувались гральні кості з написаними на гранях ймовірностями. Якщо ймовірність на верхній грані кості дорівнювала або була більшою за ймовірність подій, вважалося, що подія сталась. Кожна подія, що сталась, впливала на ймовірність декількох інших подій.

За час свого існування метод аналізу перехресного впливу пройшов чотири основні стадії розвитку:

1. Стадія попередніх досліджень (60-ті роки). Ця стадія включає в себе перші спроби створення методів оцінки перехресного впливу. Дослідники визнали, що вплив між подіями є потужним інструментом оцінки майбутнього.
2. Стадія оцінок ймовірності (1966–1975 рр.). На цій стадії розроблялися методи збору експертних оцінок ймовірностей.
3. Стадія синтезу (1975–1990 рр.). Метод перехресного впливу може використовуватись як окремий метод оцінки майбутнього, але у комбінації з іншими методами може створити набагато більш потужний інструмент. Роботи дослідників на цій стадії спрямовані на створення пакетів методів, які б інтегрували увесь процес оцінки майбутнього.
4. Стадія впровадження (з 1990 р.). Використання методу на практиці.

Розподілення алгоритму методу аналізу перехресного впливу наведено згідно з публікацією [4].

### **Крок 1. Визначення подій, що включені до аналізу**

При використанні методу аналізу перехресного впливу створюється список можливих майбутніх подій, що будуть аналізуватися на наступних етапах. Зазвичай для створення такого списку збирається форум або конференція експертів, які протягом декількох днів за допомогою методів мозкового штурму та сканування збирають необхідну інформацію.

На жаль, такий підхід вимагає досить великих фінансових витрат, адже навіть декілька днів роботи десятків загальноновизнаних експертів у будь-якій сфері вимагає гідної оплати. Для зменшення витрат, що необхідні для проведення організації процесу

технологічного передбачення, пропонується проводити обговорення запропонованих варіантів за допомогою всевітньої мережі Інтернет на спеціалізованому форумі, що є частиною ПСА та призначений для організації та проведення сеансів мозкового штурму.

Крім того, запропоновано на цьому етапі створити список ймовірних рішень та дій ОПР, які можуть вплинути на систему, що досліджується, і ймовірності подій.

Для залучення більшої кількості людей до обговорення проекту та, як наслідок, отримання більш повного списку можливих майбутніх подій та рішень ОПР, можливо додатково створити відкритий форум проекту, на якому кожен користувач всевітньої мережі Інтернет зможе залишити свою думку, яка буде врахована експертами.

**Крок 2. Визначення часового інтервалу дослідження**

Замовник дослідження визначає один чи декілька інтервалів часу в майбутньому, згідно з якими будуть оцінюватись усі апіорні та апостеріорні ймовірності.

Для організації ефективного спілкування з цього питання пропонується використовувати модуль форуму, що розміщено на веб-порталі Інформаційної платформи сценарного аналізу технологічного передбачення у всевітній мережі Інтернет.

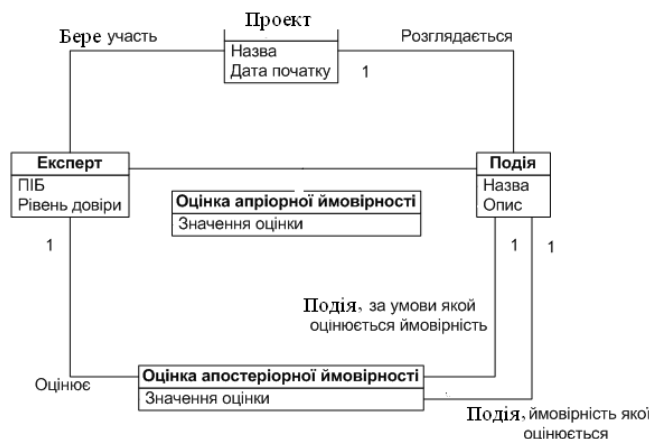
**Крок 3. Підготовка матриці перехресного впливу**

Готується до заповнення матриця перехресного впливу такого вигляду:

Подія	Ймовірність події	Умовна ймовірність події					Умовна ймовірність події			
		П1	П2	...	П(n-1)	П(n)	Р1	...	Р(m)	
П1		---		...				...		
П2			---	...				...		
.....										
П(n-1)				...	---			...		
П(n)				...		---		...		

**Рис. 1. Формат матриці перехресного впливу**

Для реалізації матриці перехресного впливу у комп'ютерній системі пропонується використовувати базу даних, відповідно до структури (структура надана у вигляді моделі класів UML [5]): Подія



**Рис. 2. Структура бази даних**

**Крок 4. Оцінка перехресного впливу подій**

Експертами надається оцінка перехресного впливу подій. Для цього проводяться інтерв'ю з експертами або готуються та розсилаються опитувальники з ключових технологій, що досліджуються. Вирішення цих питань потребує досить великого об'єму часу на збір та занесення у комп'ютерну систему результатів опитування. Для вирішення цієї проблеми запропоновано використовувати інтерактивні веб-форми, що генеруються модулем ПСА. Такий підхід не тільки надасть можливість віддаленої роботи з опитувальниками за допомогою всесвітньої мережі Інтернет, але й не потребує фінансових витрат та додаткових витрат часу на введення інформації у комп'ютерну систему для аналізу, адже воно буде виконуватись безпосередньо експертами.

Для введення експертних оцінок використовується шкала Мілера, яка надає можливість експертам одночасно надавати як кількісну, так і якісну інформації [5].

**Крок 5. Оцінка апріорної ймовірності подій**

Експертами проводиться оцінювання апріорної ймовірності кожної події. Для реалізації цього кроку в Інформаційній платформі сценарного аналізу технологічного передбачення використовуються ті ж методи та алгоритми, що й на кроці 4.

**Крок 6. Уточнення матриці перехресного впливу**

Для розрахунку ймовірностей подій з урахуванням перехресного впливу використовується метод Монте-Карло, який включає в себе багаторазову побудову можливих варіантів сценаріїв здійснення подій [3]. При уточненні матриці використовуються такі значення:

$p(i)$  – ймовірність здійснення  $i$ -ї події без урахування перехресного впливу; розраховується статистичною обробкою оцінок експертів.

$p(i/j)$  – ймовірність здійснення  $i$ -ї події за умови здійснення  $j$ -ї події; розраховується статистичною обробкою оцінок експертів.

$p(\bar{i})$  – ймовірність нездійснення  $i$ -ї події без урахування перехресного впливу; розраховується по формулі:

$$p(\bar{i}) = 1 - p(i). \quad (1)$$

$p(i/\bar{j})$  – ймовірність здійснення  $i$ -ї події за умови нездійснення  $j$ -ї події; розраховується по формулі:

$$p(i/\bar{j}) = \frac{p(i) - p(j) * p(i/j)}{p(\bar{j})}. \quad (2)$$

$o(p)$  – “різниця” (“Odds”); розраховується по формулі:

$$o(p) = \frac{p}{1 - p}. \quad (3)$$

Алгоритм математичної обробки даних:

1. Розраховуються значення  $p(\bar{i})$ ,  $p(i/\bar{j})$  для усіх подій за формулами (1), (2).
2. Розраховуються значення  $o(p(i))$ ,  $o(p(i/j))$ ,  $o(p(i/\bar{j}))$  для усіх подій за формулою (3).
3. Побудова сценарію:
  - 3.1. Випадково обирається подія з множини подій, що не були використані в цьому сценарії (подія  $j$ ).
  - 3.2. Використовуючи  $p(j)$  та випадкове число, вирішуємо чи сталась подія.
  - 3.3. Якщо подія сталась, то нове значення “різниці” інших подій розраховується за формулою:

$$o_{new}(p(i)) = o(p(i)) * o(p(i/j)). \quad (4)$$

- 3.4. Якщо подія не сталась, то нове значення “різниці” інших подій розраховується за формулою:

$$o_{new}(p(i)) = o(p(i)) * o(p(i/\bar{j})). \quad (5)$$

3.5. Нове значення ймовірності розраховується за формулою:

$$p_{new}(i) = \frac{o_{new}(p(i))}{1 + o_{new}(p(i))}. \quad (6)$$

3.6. Дії 3.1-3.5 виконуються до тих пір, доки залишаються необроблені події.

4. Дія 3 виконується велику кількість разів. При цьому усі значення ймовірностей та “різниці” повертаються до початкових.

5. Ймовірність кожної події розраховується як середнє значення ймовірностей цієї події під час перевірки при побудові кожного сценарію.

#### **Крок 7. Оцінка чутливості матриці перехресного впливу до рішень ОПР**

Для оцінки реакції системи, що досліджується, на рішення та дії ОПР пропонується по черзі додавати кожне можливе рішення до матриці перехресного впливу під індексом  $n+1$ , при цьому:

$$p(n+1) = 1, \quad (7)$$

$$\forall i: p(n+1/i) = 1. \quad (8)$$

Для кожної розширеної матриці виконується крок 6. Оцінка чутливості ймовірності події до рішення ОПР розраховується як різниця ймовірностей події, що отримані за допомогою базової та розширеної матриці перехресного впливу.

#### **Крок 8. Підготовка результатів**

У якості додаткових результатів аналізу матриці перехресного впливу пропонується побудувати у вигляді послідовностей події і рішення та оцінити ймовірність сценаріїв [7], наприклад:

- Песимістичні – найбільш вірогідні послідовності подій, що включають в себе негативні події.
- Оптимістичні – найбільш вірогідні послідовності подій, що включають в себе позитивні події.
- Реалістичні – найбільш вірогідні послідовності подій.
- Регульовані песимістичні – найбільш вірогідні послідовності подій та рішень ОПР, що включають в себе негативні події.
- Регульовані оптимістичні – найбільш вірогідні послідовності подій та рішень ОПР, що включають в себе позитивні події.

Такі заготовки та їх оцінки можуть бути передані у модуль методу сценарного аналізу Інформаційної платформи сценарного аналізу технологічного передбачення для подальшої оцінки.

#### **Висновки**

Розроблено варіант реалізації методу аналізу перехресного впливу для використання у Інформаційній платформі сценарного аналізу технологічного передбачення. Розроблена реалізація має такі особливості:

- Увесь процес використання методу аналізу перехресного впливу відбувається за допомогою всесвітньої мережі Інтернет та не потребує збору експертів на форуми та конференції.
- Розроблено методологію автоматизованої оцінки впливу рішень та дій ОПР на систему, що досліджується, та ймовірності подій.
- Варіант реалізації методу аналізу перехресного впливу адаптований до реалізації у якості модуля Інформаційної платформи сценарного аналізу технологічного передбачення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Технологическое предвидение. – К.: Політехніка, 2005. – 154 с.
2. Савастьянов В.В. Технологическое предвидение информационно-компьютерных технологий связи // Системні дослідження та інформаційні технології. – К., 2005. – № 4. – С. 131-140.
3. Gordon Th. J. “Cross-impact method” – AC/UNU Millenium Project. – 1994. 21 p.
4. David Arditi. Forecasting the impact of information technologies on PMBOK functions, <http://www.iit.edu/~it/cross.html>.
5. Object Management Group. Unified Modeling Language specification <http://www.uml.org/>.
6. Панкратова Н.Д. Математическое обеспечение задач технологического предвидения применительно к отрасли промышленности // Системні дослідження та інформаційні технології.– 2003. – №1. – С. 26-33.
7. Turoff, Murray. An Alternative Approach to Cross Impact Analysis. Technological Forecasting and Social Change, 1972, Vol. 3, No. 3, pp. 309-339.