

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ

УДК 519.68

¹С.В. Білощицька, ²М.М. Олексієнко, ¹О.М. Курілко, ¹Ю.О. Остапчук¹Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ²Черкаський національний університет ім.Б.Хмельницького, Черкаси**ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ ТЕОРІЇ НЕСИЛОВОЇ
ВЗАЄМОДІЇ ДО ПОБУДОВИ СИСТЕМ ПІДГОТОВКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
В УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ**

Розглянуто проблему створення на базі математичного апарату теорії несилової взаємодії моделі та методу прийняття рішень, які можна було б використати для розробки економічно вигідних СППР в управлінні проектами.

Ключові слова: система підготовки прийняття рішень, теорія несилової взаємодії, інформаційна технологія

Постановка проблеми

Реалії сьогоденної ситуації на ринку України й світу в цілому диктують компаніям певні вектори не тільки для виживання, але й розвитку [1]. Для цього необхідно ефективно управляти компаніями і проектами їх розвитку, приймаючи найліпші управлінські рішення в будь-якій ситуації. Тому необхідно оптимізувати всі сфери діяльності компаній, в першу чергу за рахунок використання сучасних методів і засобів управління підприємствами і проектами. В цьому неможливо обійтись без застосування засобів автоматизації інтелектуальної діяльності менеджерів і спеціалістів [2-4].

Тому виникла необхідність створення універсальних інтелектуальних програмних засобів прийняття рішень для їх застосування у різноманітних проектах.

Аналіз останніх досліджень

Є чимало досліджень з питань побудови систем підтримки прийняття рішень (СППР) [3=7]. Сучасні системи підтримки прийняття рішень, що виникли у результаті злиття управлінських інформаційних систем та систем керування базами даних [6], являють собою системи, що максимально пристосовані до вирішення задач повсякденної управлінської діяльності. СППР є інструментом, що має допомогти особам, які приймають рішення (ОПР). За допомогою СППР найчастіше вирішують неструктуровані та слабкоструктуровані задачі, у тому числі і багатокритеріальні [2=3].

Сучасний український ринок інформаційних технологій (ІТ) не пропонує компаніям інструментальні інтелектуальні системи, які можна було б з найменшими витратами застосовувати для прийняття рішень в різних предметних областях [3-5]. В кращому випадку мова йде про вузько спеціалізовані системи підтримки прийняття рішень (СППР), «рекомендації» яких виробляються за дуже складними алгоритмами, при цьому витрати на їх програмування є дуже високими, часто вищими за ті вигоди, які несуть такі системи [4,7]. Складність і дороговизна побудови СППР обмежує можливості практичного їх використання. Тому потрібні нові підходи, нові моделі і методи на основі яких можна було б з найменшими витратами створювати ефективні системи підтримки прийняття рішень.

Формулювання цілей статті

Мета роботи полягає в розробці на базі математичного апарату теорії несилової взаємодії моделі та методу прийняття рішень, на базі яких можна було б створювати економічно вигідні СППР в управлінні проектами.

Основний матеріал дослідження

Формалізуємо задачу прийняття оптимального управлінського рішення, виходячи із спектру несилових (інформаційних) впливів на ОПР [8]. Традиційно ця задача формулюється так: необхідно із можливих альтернативних рішень прийняти таке, яке забезпечить максимальні вигоди проектів чи компаній

$$\forall R_j, \exists R_i \Delta S^+(R_i) \geq \Delta S^+(R_j),$$

де $R_j \in R$ – множина рішень; $R_i \in R$ – оптимальне рішення; $\Delta S^+(R_j)$ – вигоди від рішення $R_j \in R$; $\Delta S^+(R_i)$ – вигоди від рішення $R_i \in R$.

В такій постановці є один, але дуже суттєвий для умов України недолік: в момент прийняття рішення особа, що його приймає, не може бути впевнена, що рішення принесе вигоди. Адже в загальному випадку результат рішення залежить не лише від ОПР, але й від багатьох невіддільних управлінню факторів.

Тому більш тождозною реальній ситуації є наступний запис задачі прийняття оптимального управлінського рішення:

$$\forall R_j \exists R_i p(\Delta S^+ \geq S_0 / R_i) \geq p(\Delta S^+ \geq S_0 / R_j), \quad (1)$$

де S_0 – мінімально допустима величина вигоди від рішення; $p(\Delta S^+ \geq S_0 / R_j)$ – імовірність отримати вигоди від рішення $R_j \in R$ не менше S_0 ; $p(\Delta S^+ \geq S_0 / R_i)$ – імовірність отримати вигоди від рішення $R_i \in R$ не менше S_0 .

Таким чином, від класичної детермінованої моделі оцінки рішення можна перейти до стохастичного представлення зв'язку атрибутів такої оцінки.

Система підготовки прийняття рішень повинна за вхідними даними, які відображають вплив багатьох чинників, запропонувати таке рішення, для якого відносно виразу (1) виконуються умови:

$$1. \forall R_j p(\Delta S^+ \geq S_0 / R_j) = p^{ou}(\Delta S^+ \geq S_0 / R_j); \quad (2)$$

$$2. \forall R_j \exists R_i p(\Delta S^+ \geq S_0 / R_i) \geq p(\Delta S^+ \geq S_0 / R_j) \Rightarrow \Rightarrow p^{ou}(\Delta S^+ \geq S_0 / R_i) \geq p^{ou}(\Delta S^+ \geq S_0 / R_j), \quad (3)$$

де S_0 – мінімально допустима величина вигод від прийнятого рішення; $p^{ou}(\Delta S^+ \geq S_0 / R_j)$ – розрахована в СППР імовірність отримати вигоди від прийнятого рішення $R_j \in R$ не менше S_0 ; $p^{ou}(\Delta S^+ \geq S_0 / R_i)$ – розрахована в СППР імовірність отримати вигоди від прийнятого рішення $R_i \in R$ не менше S_0 .

Вираз (2) визначає ідеальний (оптимальний) метод прийняття рішень. Коли система підготовки прийняття рішень не тільки визначає найпривабливіше рішення, але й точно визначає імовірність отримання заданих вигод, вираз (3) визначає раціональний метод прийняття рішень.

Коли СППР точно вибирає найпривабливіший варіант, але не точно визначає його імовірність.

Таким чином, для побудови ідеальної системи підготовки прийняття рішень необхідно розробити ефективний метод оцінки імовірності отримання вигод від альтернативних рішень.

Якби всі рішення приймалися в стереотипних ситуаціях, то при розв'язанні задачі вибору рішення з найвищою оцінкою можна було б скористатися статистикою. Але це не так. На практиці рідко бувають ситуації, що повторюються, а дуже часто – абсолютно нові. Але навіть в новій ситуації можна знайти деякі комбінації впливу чинників, які вже зустрічалися, і не раз. Як вирішити це завдання?

Для цього треба розкласти ситуацію, що склалася в предметній області, на підмножини чинників, які вже були, але їх комбінація нова або зустрічалася настільки невелику кількість разів, що визначити, що приводить до позитивного результату, практично неможливо.

Математична постановка завдання виглядає так:

1. Множина чинників, що впливають на рішення, розкладається на підмножини, які містять параметри:

$$X = \{x_i\}, i = \overline{1, q},$$

де X – множина чинників; x_i – стереотипна (така, що часто повторюється) комбінація чинників, що впливають на рішення; q – кількість комбінацій.

2. За частотними характеристиками можна визначити приблизні значення імовірності кожного з рішень за умови, що зустрічається стереотипна комбінація чинників, які впливають на рішення:

$$\forall R_j \in R, x_i \in X : p(R_j / x_i) \approx n(R_j / x_i),$$

де $n(R_j / x_i)$ – частота прийняття рішення R_j за умови, що стереотипна комбінація чинників x_i була присутня; $p(R_j / x_i)$ – імовірність прийняття рішення R_j за умови, що стереотипна комбінація чинників x_i була присутня.

3. Для кожного рішення R_j з його безумовною імовірністю $p(R_j)$ і окремими умовними ймовірностями $p(R_j / x_1), \dots, p(R_j / x_i), \dots, p(R_j / x_q)$ необхідно оцінити спільну умовну імовірність $p(R_j / x_1, \dots, x_i, \dots, x_q) = p(R_j / X)$.

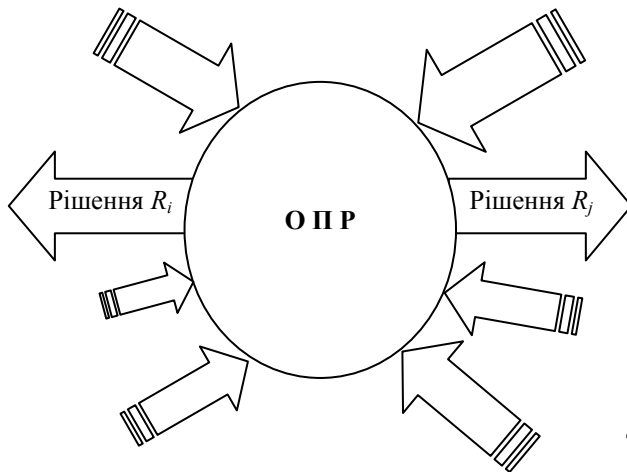


Рис.1.Схема несилкових впливів в процесі прийняття рішення

Методами теорії імовірності вирішити завдання знаходження спільної умовної імовірності лише за окремих умовних і безумовною, не можна. Але завдання побудови раціональної СППР (3) формулюється не як «знайти спільну умовну імовірність», а як «оцінити спільну умовну імовірність», тобто СППР з імовірністю, яка близька до 1, вибере те ж рішення, яке було б прийняте і за спільної умовної імовірності (3). Формально це можна записати так:

$$\forall R_k \in R \exists R_j \in R: p(\eta_M(R_j/X) \geq \eta_M(R_k/X) | p(R_j/X) \geq p(R_k/X)) \approx 1, (4)$$

де $\eta_M(R_j/X)$ – оцінка спільної умовної імовірності рішення R_j , що отримана в системі підготовки прийняття рішень М; $\eta_M(R_k/X)$ – оцінка спільної умовної імовірності рішення R_k , яка отримана в системі підготовки прийняття рішень М;

$$p(\eta_M(R_j/X) \geq \eta_M(R_k/X) | p(R_j/X) \geq p(R_k/X))$$

– умовна імовірність того, що якщо умовна імовірність вибору рішення R_j максимальна, то і оцінка спільної умовної імовірності рішення R_j максимальна.

Вираз (4) означає: якщо спільна умовна імовірність деякого рішення максимальна, то майже завжди максимальна і її оцінка. Оптимальна система підготовки прийняття рішень завжди дає найвищу оцінку найбільшій спільній умовній вірогідності (2), бо імовірності рішень завжди співпадають.

Для оцінки ефективності СППР, значення i імовірності – це продукт СППР. Відповідно, відхилення значення виразу (4) від одиниці буде критерієм ефективності СППР:

$$1 - p(\eta_M(R_j/X) \geq \eta_M(R_k/X) | p(R_j/X) \geq p(R_k/X)) \rightarrow \min (5)$$

за обмежень:

1. $X = \{x_i\}, i = \overline{1, q}$;
2. $R = \{R_k\}, k = \overline{1, m}$;
3. $\forall R_k \in R: p(R_k/x_1), \dots, p(R_k/x_i), \dots, p(R_k/x_q)$;
4. $\forall R_k \in R \exists R_j \in R: p(R_j/X) \geq p(R_k/X)$;
5. $\forall R_k \in R: p(R_k/x_1), \dots, p(R_k/x_i), \dots, p(R_k/x_q) \xrightarrow{M} \eta_M(R_k/X)$,

де М – система підготовки прийняття рішень.

Прийняття рішення представимо як результат «згоди» ОПР з найбільш значимими впливами на це рішення (рис.1).

Оскільки в даній інтерпретації процес прийняття рішення можна представити як процес визначення найбільш значимих інформаційних впливів (дій) на ОПР, розглянемо можливість застосування підходу, що базується на математичному апараті теорії несилкової взаємодії.

Формалізуємо постановку завдання. Про що свідчить різниця в імовірностях прийняття рішення R_0 відносно різних чинників? Відхилення умовних від абсолютної імовірності, а також в умовних ймовірностях свідчить про існування несилкової (інформаційної) дії на об'єкти і процеси прийняття рішень. Щодо суті це означає, що в предметній області ситуація змінилась таким чином, що вигода рішення R_0 тепер можлива з імовірністю p_j . Мірами оцінки ситуації, відносно рішення в теорії несилкової взаємодії, є визначеність і інформованість [8].

Зв'язок між визначеністю та імовірністю задається формулою:

$$d = \begin{cases} 0,5 \cdot \sqrt{\frac{p}{1-p} + \frac{1-p}{p}} - 2, & \text{при } p \geq 0,5 \\ -0,5 \cdot \sqrt{\frac{p}{1-p} + \frac{1-p}{p}} - 2, & \text{при } p < 0,5 \end{cases}$$

де p – імовірність рішення; d – визначеність цього рішення.

Зв'язок між інформованістю та імовірністю задається формулою:

$$i = \frac{0,5}{\sqrt{p \cdot (1-p)}},$$

де i – інформованість СППР відносно деякого рішення.

яка сформована впливом $b_j \in B$; i_j – інформованість, яка відповідає визначеності d_j ; p_j – імовірність прийняття рішення R_0 задана всіма впливами $b_j \in B$.

При цьому, з [8]

Міра несилової дії $b_j \in B, j = \overline{1, n}$ повинна відбивати різницю у визначеності та інформованості «до» і «після» змін в предметній області. І саме зміна визначеності і інформованості є причиною зміни імовірності:

$$d_0 \rightarrow d_j \wedge i_0 \rightarrow i_j \Rightarrow p_0 \rightarrow p_j,$$

де p_0 – імовірність прийняття рішення R_0 ; d_0 – визначеність рішення R_0 ; i_0 – інформованість СППР М відносно рішення R_0 ; d_j – визначеність рішення R_0 .

$$d_0 = \begin{cases} 0,5 \cdot \sqrt{\frac{p_0}{1-p_0} + \frac{1-p_0}{p_0}} - 2, \text{ при } p_0 \geq 0,5 \\ -0,5 \cdot \sqrt{\frac{p_0}{1-p_0} + \frac{1-p_0}{p_0}} - 2, \text{ при } p_0 < 0,5 \end{cases};$$

$$i_0 = \frac{0,5}{\sqrt{p_0 \cdot (1-p_0)}};$$

$$d_j = \begin{cases} 0,5 \cdot \sqrt{\frac{p_j}{1-p_j} + \frac{1-p_j}{p_j}} - 2, \text{ при } p_j \geq 0,5 \\ -0,5 \cdot \sqrt{\frac{p_j}{1-p_j} + \frac{1-p_j}{p_j}} - 2, \text{ при } p_j < 0,5 \end{cases};$$

$$i_j = \frac{0,5}{\sqrt{p_j \cdot (1-p_j)}}.$$

Необхідно знайти перехід від різниці у визначеності прийняття рішення R_0 у випадку, коли в присутній вплив (чинник рішення) $b_j \in B$ до визначеності прийняття рішення R_0 , що задається всіма впливами (чинниками), які входять у множину B [8]:

$$d_0 \rightarrow d_\Sigma \wedge i_0 \rightarrow i_\Sigma \Rightarrow p_\Sigma = 0,5 + \frac{d_\Sigma}{2 \cdot i_\Sigma},$$

де d_Σ – визначеність рішення R_0 , яка сформована всіма впливами $b_j \in B$; i_Σ – інформованість, яка відповідає визначеності d_Σ ; p_Σ – імовірність рішення R_0 при всіх впливах (чинниках), що входять в B .

Рішення цієї задачі покажемо на конкретному прикладі.

Приклад. Нехай в деякій системі управління проектами ОПР схильний прийняти деяке рішення X з імовірністю $p(X)=0,2$. Якщо на нього вплинуть

події Y, C і D , то ця імовірність стає рівною $p(X/Y)=0,1$, $p(X/C)=0,8$ і $p(X/D)=0,15$. Необхідно оцінити, яка ж імовірність цього рішення в випадку, коли відбудуться всі події Y, C і D .

В цій задачі необхідно за окремими умовними ймовірностями і безумовною імовірністю прийняття рішення оцінити спільну умовну імовірність такого вибору.

Зміна імовірності прийняття рішення X , це результат несилового впливу подій Y, C , і D на особу, що приймає рішення (ОПР). Цей вплив призводить до зміни визначеності на величину $\Delta d(X)$. Оскільки в цьому прикладі мова йде про несильовий (інформаційний) вплив подій (точніше, відображення цих подій в інтелектуальному апараті ОПР) на вибір рішення, то для вирішення завдання скористаємося математичним апаратом теорії несилової взаємодії для побудови моделі оперування числовими значеннями впливу подій на процес прийняття рішень.

Скористаємось методом розрахунку величини несилової дії, приведеним в [8].

1. Обчислимо визначеності, що формують приведені імовірності (результат несилової дії):

$$p(X) < 0,5 \Rightarrow d(X) = -0,5 \cdot \sqrt{\frac{0,2}{1-0,2} + \frac{1-0,2}{0,2}} - 2 = -0,75;$$

$$p(X/Y) < 0,5 \Rightarrow d(X/Y) = -0,5 \cdot \sqrt{\frac{0,1}{1-0,1} + \frac{1-0,1}{0,1}} - 2 = -1,333;$$

$$p(X/C) > 0,5 \Rightarrow d(X/C) = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{0,8}{1-0,8} + \frac{1-0,8}{0,8}} - 2 = 0,75;$$

$$p(X/D) < 0,5 \Rightarrow d(X/D) = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{0,15}{1-0,15} + \frac{1-0,15}{0,15}} - 2 = -0,98$$

2. Обчислимо інформованості, які відповідні знайденим визначеностям:

$$i(X) = \sqrt{(-0,75)^2 + 1} = 1,25;$$

$$i(X/Y) = \sqrt{(-1,333)^2 + 1} = 1,667;$$

$$i(X/C) = \sqrt{(0,75)^2 + 1} = 1,25;$$

$$i(X/D) = \sqrt{(-0,98)^2 + 1} = 1,4.$$

3. Обчислимо сумарний, за всіма діями на систему, приріст визначеності вибору рішення X :

$$\begin{aligned} \Delta d^P &= i(X) \cdot (d(X/Y) + d(X/C) + d(X/D)) - \\ &- d(X) \cdot (i(X/Y) + i(X/C) + i(X/D)) = \\ &1,25 \cdot (-1,333 + 0,75 - 0,98) + \\ &+ 0,75 \cdot (1,667 + 1,25 + 1,4) = 1,284. \end{aligned}$$

4. Обчислення приросту інформованості ОПР:

$$\Delta i^P = \sqrt{(\Delta d^P)^2 + 1} = \sqrt{1,284^2 + 1} = 1,627.$$

5. Обчислення нової визначеності рішення X :

$$\begin{aligned} d_{\Sigma}^P &= \Delta d^P \cdot i(X) + d(X) \cdot \Delta i^P = \\ &= 1,284 \cdot 1,25 - 0,75 \cdot 1,627 = 0,384. \end{aligned}$$

6. Обчислення нової інформованості ОПР відносно прийняття рішення X :

$$i_{\Sigma}^P = \sqrt{d_{\Sigma}^{P^2} + 1} = \sqrt{0,384^2 + 1} = 1,07.$$

7. Обчислення імовірності рішення X

$$p^P(X/YCD) = 0,5 + \frac{0,384}{2 \cdot 1,07} = 0,679.$$

Вона збільшилася (відносно початкової), що свідчить про те, що можливість прийняття рішення X стала більшою. Дві з подій, Y і D зменшують можливість вибору X . Причому, подія D , дуже сильно. А подія C – збільшує дуже-дуже сильно. Напевно сумарний вплив подій Y і D менший, ніж вплив однієї події C .

Висновки та перспективи подальших досліджень

В процесі досліджень було показано, що математичний апарат теорії несилової взаємодії досить простий і зручний для побудови систем прийняття рішень в різних предметних областях. В подальшій роботі планується навести приклади систем, побудованих на розроблених моделях і методах несилової взаємодії в конкретних предметних областях.

Список літератури

1. Бушуева Н.С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития: Монография. – К.: Наук. світ, 2007. – 200 с.
2. Поспелов Г. С. Искусственный интеллект — основа новой информационной технологии. — М.: Наука, 1988. — 280 с.
3. Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень/В.Ф.Ситник/. Навчальний посібник. К.: КНЕУ, 2004.-685 с.
4. Салапатов В.І. Системи підтримки прийняття рішень// В.І. Салапатов, О.О.Щербіна// Навчальний посібник. - Черкаси: Вид.ЧНУ ім.Б.Хмельницького, 2009, - 210 с.
5. Шапот М. Интеллектуальный анализ данных в системах поддержки принятия решений. Открытые системы, 1998, N1, с. 30–35.
6. Корнеев В. В. и др. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации.—М.: Нолидж, 2000. — 352 с.
7. Ситник В. Ф. Засоби дейтамайнінгу для аналізу бізнесових рішень // Науково-технічна інформація, 2002. — № 3, С. 60—64.
8. Тесля Ю.Н. Введение в информатику природы/Юрий Тесля//.К.: Маклаут, 2010.- 255 с.

Стаття надійшла до редколегії 15.12.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Тесля Ю.М. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.