

УДК 004.89+519.812

С.М. Гриша, Н.С. Гнатенко

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА БАЗІ ДОСВІДУ ЯК ПІДХІД ДО ПОДОЛАННЯ ФАКТОРА СУБ'ЄКТИВНОСТІ

Вступ

Незважаючи на розмаїття засобів підтримки розв'язання багатокритеріальних задач прийняття рішень (БКЗПР), існує велика кількість задач, в яких експерти приймають кращі рішення, ніж системи підтримки прийняття рішень (СППР), що побудовані за їх участю [1]. Це пов'язано з інтуїтивним характером експертних знань, складністю їх виявлення та об'єктивного моделювання експертних розв'язувальних правил (РП). Розвиток технологій дослідження даних та здобуття знань викликав появу нового підходу до підтримки прийняття рішень, відомого як прийняття рішень на базі досвіду (ПРБД).

ПРБД (англ.: experience-based decision-making, EBDM) як загальний підхід до підтримки прийняття рішень уперше запропоновано в [2], де він визначається як використання досвіду вирішення попередніх проблем прийняття рішень для підтримки прийняття рішень у майбутньому. Підхід активно розвивається в рамках розробки багаточисельних методів [3–8]. Концепція ПРБД тісно пов'язана з концепціями машинного навчання і, власне, є застосуванням навчання за прецедентами в прийнятті рішень. Компанії за роки успішного функціонування накопичують багато даних, у тому числі й про розв'язання задач прийняття рішень (ЗПР). Дослідження таких даних дозволяє отримати нове знання, що може бути використане для підтримки прийняття рішень у майбутньому. Підхід є особливо актуальним у розв'язанні потужного класу типових ЗПР, оскільки він дає можливість повторно використовувати накопичений досвід з прийняття рішень та в певних випадках звизити область залучення експертів [9].

Однією з найважливіших методологічних проблем у теорії прийняття рішень та багатокритеріального вибору є проблема подолання фактора суб'єктивності в процесі прийняття рішення [10]. Проблема викликана існуванням психологічних особливостей поведінки осіб, що беруть

участь у процесі прийняття рішень, що, за даними чисельних експериментальних досліджень [1], можуть викликати помилки, зміщення та викривлення переваг і негативно вплинути на якість рішення, що приймається. В статті досліджуються можливості і перспективи вирішення цієї проблеми в методах ПРБД і пропонується власний метод підтримки прийняття рішень для подолання фактора суб'єктивності.

Постановка задачі

Статтю присвячено розробці підходу до подолання фактора суб'єктивності, що виникає при підтримці прийняття рішень, на основі аналізу досвіду. Тут розв'язуються такі задачі:

- 1) дослідження існуючих засобів та методів використання досвіду в СППР;
- 2) аналіз проблеми суб'єктивності та існуючих засобів її вирішення в методах ПРБД і класичних методах підтримки прийняття рішень;
- 3) визначення основних принципів подолання фактора суб'єктивності на основі аналізу досвіду;
- 4) розробка методу ПРБД із комплексним подоланням фактора суб'єктивності.

Проблема подолання фактора суб'єктивності і класичні підходи до її вирішення

При підтримці прийняття рішень існує три витоки впливу фактора суб'єктивності: 1) експерти, або особа, що приймає рішення (ОПР); 2) аналітик з підтримки прийняття рішень; 3) їх співпраця.

У першому випадку (назвемо такий фактор суб'єктивності фактором 1-го типу) суб'єктивність може бути викликана недостатнім усвідомленням експертами своїх переваг або їх невизначеністю. Так, з літератури з прийняття рішень відомо, що часто бачення експертами проблеми прийняття рішень розвивається в ході дослідження задачі та пошуку розв'язку, переваги уточнюються і знімаються можливі суперечності або нерациональності в них. Для до- визначення переваг у класичних методах підтримки прийняття рішень використовують поетапне прийняття рішень [11] та контроль суперечності [1]. З іншого боку, переваги можуть мати інтуїтивну природу, і в цьому випадку виникає проблема їх коректного усвідомлення. Роз-

глянемо докладніше ідею такої коректності. Метод прийняття рішень звичайно складається із сукупності простих операцій з виявлення переваг, таких, як попарне порівняння альтернатив, впорядкування, оцінка за критеріями тощо. При цьому при здійсненні деяких операцій ОПР робить багато помилок та виявляє непослідовність, тобто деякі операції є занадто складними для ОПР, і в такому разі метод, що спирається на застосування таких операцій, є некоректним. Експериментальні дослідження виявляють кілька типів викривлень, що мають психологічні витоки (більш детально див. [1, 12]). Некоректними операціями вважаються, наприклад, пряме зважування критеріїв та присвоєння оцінок за критеріями, більш достовірними є одновимірні впорядкування за перевагами. Застосування коректних методів опитування експертів дає змогу мінімізувати вплив фактора суб'єктивності.

У другому випадку (фактор 2-го типу) суб'єктивність викликана довільністю вибору методу і побудови формальної моделі підтримки прийняття рішень. Цей процес, звичайно, є інтуїтивним та зумовлений досвідом і майстерністю аналітика. Крім того, побудована модель як будь-яка система обробки інформації може здійснювати небажаний вплив на цю інформацію. Основним підходом до вирішення цієї проблеми є пошук найбільш універсальних моделей та об'єктивних методів моделювання.

У третьому випадку фактор суб'єктивності виникає при застосуванні експертами запропонованої моделі, причиною помилок та зміщень можуть бути процедури відбору суттєвих факторів та структуризації переваг, формалізації альтернатив, процедури прийняття кінцевого рішення та аналізу результату тощо. Так, задача формування множини критеріїв на їх основі покладається на ОПР. В багатоатрибутивній теорії корисності та методі аналізу ієрархій запропоновано деякі методи підтримки цього процесу. Втім, експериментальні дослідження виявляють, що ОПР може розв'язувати цю задачу по-різному, а вибір критеріїв часто впливає на прийняте рішення [1,13]. Проблема формалізації альтернатив насамперед притаманна моделям у вигляді багатовимірної функції-індикатора переваг. Оскільки інформація, що використовується в ЗПР, є слабкоструктурованою, тобто дані мають переважно нечислову природу, часто є неповними,

містять велику кількість скритих залежностей та, як результат впливу факторів суб'єктивності перших двох типів, помилки і викривлення, то виникає проблема підготовки даних до використання в моделі. Класичні методи пропонують різні підходи до підготовки даних, але вони базуються на інтерактивних або дедуктивних процедурах, що також є додатковим витком суб'єктивності [1]. Перспективним є застосування технологій нечітких множин. Так, застосування інтервальної багатоатрибутивної функції корисності або методів програмування переваг [14], нечіткої функції корисності, що надає для кожної оцінки довірчий інтервал [15], та інших чинників дозволяє використання нечітких аргументів, що уможливорює більш гнучкий опис переваг стосовно альтернатив, а також залучення до моделі імовірнісної інформації на наслідках. За результатами моделювання здійснюються дослідження стійкості моделі через аналіз "що, якби" та відбувається корегування моделі. Альтернативним підходом до подолання фактора суб'єктивності 3-го типу є застосування так званої ментальної моделі [16, 17]. Ментальна модель переваг базується на безпосередньому сприйнятті альтернатив експертом, без визначення множини критеріїв та наступної оцінки за ними. Така модель має відображати взаємозв'язок всієї сукупності показників, що описують альтернативу з цілісним сприйняттям її цінності. Втім, чисельні задачі вибору високотехнологічного товару можуть мати близько 100 факторів. Врахувати таку кількість показників за допомогою класичних методів моделювання неможливо, і навряд чи це є доцільним через надмірне ускладнення моделі, тому така концепція не була реалізована. Слід зазначити, що проблему прийняття рішень на базі слабкоструктурованої інформації в багатокритеріальному аналізі рішень часто називають проблемою робастності, а розробка робастних методів і моделей підтримки прийняття рішень є найактуальнішою темою останніх досліджень [18].

На думку авторів, новітні технології аналізу і обробки даних дають можливість розробити новий ефективний підхід до комплексного подолання фактора суб'єктивності всіх трьох типів при розв'язанні типових ЗПР за рахунок аналізу і повторного використання попереднього досвіду. Далі для дослідження можливостей вирішення поставленої проблеми здійснено аналіз існуючих підходів ПРБД.

Основні підходи до прийняття рішень на базі досвіду

Сформулюємо задачу побудови моделі прийняття рішень на основі досвіду в загальному вигляді. Нехай маємо базу даних (БД), що містить інформацію про розв'язання типових задач прийняття рішень експертами. У загальному вигляді ЗПР полягає у виборі з множини дій такої, що веде до наслідку, найбільш бажаного з точки зору особи, що приймає рішення. При цьому ЗПР може бути багатокритеріальною, якщо переваги на наслідках мають для ОПР кілька аспектів (або в ході розв'язання переслідуються кілька цілей одночасно). Характер зв'язку між діями та наслідками ЗПР може бути різним: виділяють детерміновані та недетерміновані ЗПР [19]. Традиційно БКЗПР досліджуються в детермінованій формі, за якою вважається, що кожна дія приводить до єдиного, конкретного наслідку, тому переваги на наслідках можна однозначно перевести в переваги на рішеннях. У цьому випадку задача побудови вирішувального правила полягає фактично в побудові моделі переваг експерта стосовно наслідків прийняття рішень, яка має такий загальний вигляд:

$$\langle X, C \rangle, \quad (1)$$

де X – множина альтернатив; C – функція вибору, що визначається як відображення $C: X \rightarrow X$, що ставить у відповідність множині X підмножину $X^* = C(X) \subseteq X$ вибраних альтернатив. Втім, слід зазначити, що існує ряд прийомів для залучення імовірнісної інформації (та інформації невизначеності щодо наслідків) до моделі багатокритеріального прийняття рішень [20]. При цьому загальний вигляд моделі не змінюється, а змінюється лише зображення X . Тому в подальшому викладі будемо використовувати модель вигляду (1).

Наведемо формальну постановку задачі побудови моделі переваг експертів на базі досвіду. Будемо вважати розв'язком i -ї ЗПР (або прецедентом) трійку

$$T_i = \langle X_i, X_i^*, I_i \rangle,$$

де $X_i \subseteq X$ – множина альтернатив; $X_i^* \subseteq X_i$ – множина вибраних альтернатив; I_i – інформація про переваги, яку було отримано в ході розв'язання ЗПР. Слід зазначити, що I_i не обов'язково є

в прецеденті, тому може не залучатися до побудови моделі. Розв'язанням задачі побудови моделі вважатимемо побудову функції вибору

$$C^* \mid \forall T_i \in T \Rightarrow C^*(X_i) = X_i^*,$$

де T – множина прецедентів, сформованих за даними БД і таких, що будуть сформовані для ЗПР, які виникнуть у майбутньому; $X_i^* \subseteq X_i$ – множина альтернатив, вибраних (або таких, що будуть вибрані) експертами при розв'язанні відповідної задачі, тобто модель має не тільки узгоджуватися з даними, але й мати прогнозуючі властивості. Автори висувають до моделі додаткову вимогу – вимогу мінімізації фактора суб'єктивності.

Існує кілька напрямків розвитку інструментів дослідження даних у СППР, що дозволяють використовувати накопичений досвід у процедурах прийняття рішень, зокрема: 1) прийняття рішень за прецедентами; 2) ідентифікація РП; 3) ідентифікація функції-індикатора переваг. Слід зазначити, що кожен із напрямків відрізняється не тільки підходом до побудови моделі, а й математичним апаратом, який використовується. Це зумовлено тим, що моделювання ЗПР може бути здійснено кількома формальними мовами, зокрема мовою функції вибору (див. вище), бінарних відношень, математичного програмування, логічного виводу тощо, і вибір формальної мови практично зумовлює використання відповідних теоретичних засад та впливає на ефективність і межі застосування моделі. Розглянемо докладніше наведені напрямки.

Прийняття рішень за прецедентами. В основі прийняття рішень за прецедентами лежить пошук схожих ЗПР. Такий підхід побудований на методах машинного навчання – розпізнаванні образів та класифікації. Розв'язання ЗПР здійснюється за таким принципом: існує кілька варіантів поведінки (альтернатив), вибір кожного з них зумовлений настанням певного стану системи, при цьому набір альтернатив звичайно є постійним, а вміння приймати рішення в цьому випадку пов'язане з вмінням класифікувати ситуацію (або стан об'єкта).

Наведемо формальний вигляд моделі. Прецедент має вигляд

$$T_i = \langle X, \theta_i, X_i^* \rangle,$$

де θ_i – множина показників (параметрів), що описують стан системи; X є спільним для всіх прецедентів; для задач класифікації звичайно розв'язком ЗПР є $X_i^* = f(\theta_i)$. Множина “еталонних” прецедентів $T^e = \langle X, \theta^e, X_\theta^* \rangle$ задає множину відповідних класів $K = \Theta^e = \{\theta_1^e, \theta_2^e, \dots, \theta_k^e\}$, де k – кількість еталонів. Розв'язання ЗПР зводиться до пошуку класу, до якого прецедент належить, а цей клас визначає рішення, яке слід прийняти:

$$C(X_i, \theta_i) = \\ = \{\forall x \in X_i \mid x \in X_j^{e*} \Leftrightarrow \theta_i \in K_j, j = \overline{1, k}\}.$$

Найпоширенішими методами класифікації у ЗПР є методи найближчого сусіда та аналогії. За цими методами для розв'язання нової ЗПР відбувається пошук найбільш близького в деякому розумінні еталона, який і визначає розв'язок:

$$\theta_i \in K_j \Leftrightarrow d(\theta_i, \theta_j^e) = \min_{\forall t} d(\theta_i, \theta_t^e),$$

де $d(\theta_i, \theta_t^e)$ – відстань між i -ю ЗПР, яку необхідно розв'язати, та ЗПР у t -му еталоні в деякій метриці, що визначається по-різному залежно від методу, що застосовується (докладніше див. [20]), причому ступінь близькості може також визначати ступінь довіри для такого розв'язку.

Прийняття рішень на основі класифікації добре підходить для певного класу ЗПР, таких, як задачі диспетчеризації та діагностики, що є задачами класифікації за своєю природою. Такі методи успішно реалізовані в диспетчерських СППР реального часу [3]. Зрозуміло, що цей підхід також добре спрацьовує для розв'язання задач контекстного вибору. Іншою перевагою є те, що метод дає можливість залучити імовірнісну інформацію про наслідки прийняття рішень та параметри, що описують стан об'єкта. Втім, підхід має такі недоліки.

1. *Непрозорість моделі прийняття рішень*, що при такому підході залишається скритою в даних та є незрозумілою для експертів.

2. *Необ'єктивність правила класифікації*, що має два витоки. По-перше, близькість ЗПР до деякого еталона визначається за відстанню між ними в деякій метриці, для визначення якої необхідно зображення всіх показників у числовому вигляді. Зрозуміло, що методи переведення даних нечислової природи в числовий вигляд мо-

жуть вплинути на результат класифікації. По-друге, правило класифікації звичайно задається аналітиком з прийняття рішень при погодженні з експертом і є необ'єктивним у тому розумінні, що експерти не завжди спроможні усвідомлювати та вірно висловлювати свої знання.

3. *Проблема побудови множини еталонів*. Побудова еталонів звичайно відбувається дедуктивно на етапі проектування або за допомогою інтерактивних процедур і є додатковим витком суб'єктивності. Крім того, при великій розмірності простору показників θ задача стає дуже трудомісткою, і виникає питання про пошук більш ефективних методів опису еталонів. Ця проблема може бути вирішена через включення до множини еталонів всіх прецедентів, що зберігаються в БД, але такий підхід призводить до збільшення часу, що витрачається на класифікацію. Таким чином, проблема полягає в ефективній побудові множини еталонів оптимально-го розміру.

4. *Обмеження застосування*. Такий підхід можна застосувати тільки до розв'язання обмеженого класу задач прийняття рішень. Існують ЗПР, для розв'язання яких необхідне залучення більш тонкої інформації, як, наприклад, інформації про заміщення та компенсацію оцінок альтернатив за критеріями.

В цілому прийняття рішень за прецедентами доцільно застосовувати в добре структурованих типових ЗПР на основі класифікації за невеликої кількості шаблонів та показників. У цьому випадку можливість впливу фактора суб'єктивності буде мінімізовано.

Ідентифікація розв'язувальних правил. Як було зазначено, при прийнятті рішень людина спроможна сприймати лише шість-сім факторів одночасно. Експериментальні дослідження показали, що при більшій кількості факторів дані структуруються певним чином [1], і така структура дає можливість експерту приймати рішення за умов неповної, неточної та навіть помилкової інформації [4]. Тому для подолання проблем прийняття рішень за прецедентами було запропоновано використовувати структурований опис ситуації. При цьому прийняття рішень також зводиться до класифікації ЗПР, але ця класифікація полягає у визначенні структурної аналогії [3], тобто приналежності її структури до деякого класу структур (визначається схожість у деякому розумінні структур, на відміну від

схожості показників, що описують ЗПР та еталон, як у прийнятті рішень за прецедентами). Прикладами такої структуризації є семантичні мережі [3, 20], різні ієрархічні структури [1, 4, 5] тощо.

Класи "еталонних" структур та розв'язки ЗПР, які вони визначають, природно задаються у формі множини РП вигляду "якщо ..., то ...", і побудова моделі прийняття рішень зводиться до визначення множини РП, що описують переваги експерта. Дійсно, дослідження поведінки досвідчених експертів виявили, що вони користуються набором таких розв'язувальних правил, який поповнюється або корегується з накопиченням досвіду [4]. В СППР на основі структурної аналогії ідентифікація РП відбувається в ході аналізу накопичених прецедентів.

Особливістю підходу в цілому є те, що інструменти ідентифікації РП та прийняття рішень на їх основі звичайно інтегровані в деяку базу знань (БЗ) і використовують технології подання і обробки знань, такі як, наприклад, логічний та семантичний виводи. Через це фактично не потрібна попередня обробка даних, що описують ЗПР, така, як, наприклад, зведення даних нечислової природи до числового вигляду. Крім того, такі формальні мови (застосування яких притаманне системам штучного інтелекту) добре пристосовані для опису переваг за неповноти, невизначеності або суперечливості даних про ЗПР. Іншою перевагою є те, що в ході побудови розв'язувальних правил автоматично відбувається відбір суттєвих факторів. Втім, підхід вимагає і вирішення ряду проблем.

1. *Проблема побудови множини РП в обчислювальний час.* Вона полягає в тому, що для ідентифікації РП звичайно необхідний аналіз дуже великих масивів даних, що можуть містити помилки або неточну інформацію. Як ефективні методи ідентифікації, застосовують методи еволюційного моделювання [16], такі, як, наприклад, генетичні алгоритми (ГА) [4].

2. *Можлива необ'єктивність моделі.* Попередні припущення щодо структури сприйняття об'єкта експертом можуть виявитися не універсальними та такими, що застосовуються лише для деякого класу ЗПР.

Методи прийняття рішень на основі структурної аналогії розроблені як для ЗПР на основі класифікації, так і для задач вибору [16].

Ідентифікація розв'язувальних правил для розв'язання задач багатокритеріального вибору. В задачах вибору відбувається ідентифікація розв'язувальних правил попарного порівняння, за результатами застосування яких будується глобальне відношення переваги, і задача зводиться до оптимізації за бінарним відношенням [6]. Нагадаємо загальний принцип побудови відношення переваги: він полягає в декомпозиції вихідної задачі на множину задач з парного порівняння альтернатив. У загальному випадку розв'язавши C_n^2 задач вибору з двох альтернатив (n – кількість альтернатив), можна застосувати одне з правил вибору для оптимізації за бінарним відношенням [19], таке, наприклад, як правило оптимальності з домінування $C(X) = \{x \in X \mid \forall y \in X [x R y]\}$ для визначення розв'язку ЗПР. Ідентифікація вирішувального правила дає можливість визначити для кожної пари альтернатив кращу в деякому розумінні і, таким чином, задає відношення переваг на множині альтернатив.

Основні переваги методу: 1) модель прийняття рішень легко інтерпретується та є прозорою для ОПР; 2) модель придатна для опису будь-яких переваг (зокрема, неповних, циклічних) за винятком ситуації контекстного вибору; 3) модель можна побудувати на основі об'єктивного опису прецедентів у тому розумінні, що дані, які описують альтернативу та зберігаються в БД, можна безпосередньо залучати до прецедента без додаткової обробки. З іншого боку, такий підхід має ряд недоліків.

1. *Проблема низької інформативності прецедентів.* Класичне відношення переваги відображає саму наявність переваги, але не дає її ступеня (відомо, що альтернатива краща за іншу, але невідомо, наскільки), тому для побудови моделі потрібна досить велика вибірка; крім того, в деяких задачах більш тонка інформація є суттєвою для вибору рішення. У класичних методах підтримки прийняття рішень є спроби підвищити інформативність відношення переваги через застосування його нечіткого вигляду, що будується на базі лінгвістичних оцінок [21]. У методах прийняття рішень на основі пошуку шаблонів такий підхід поки що не використовується.

2. *Проблема оптимізації за бінарним відношенням.* Вона полягає в тому, що звичайно за-

гальні правила оптимальності дають змогу лише звузити вихідну множину альтернатив ЗПР до множини оптимальних, при цьому вибір остаточного рішення або покладається на експерта, або вимагає застосування спеціальних правил вибору, які часто накладають обмеження на структуру переваг (наприклад, вимагає їх ациклічності або компенсації переваг за критеріями).

3. *Обмеження формальної мови бінарних відношень.* Крім проблеми оптимізації за бінарним відношенням, існує таке обмеження застосування моделі: декомпозиція ЗПР на множину задач попарного порівняння можлива за умови незалежності переваг між двома альтернативами від співвідношення їх з іншими альтернативами.

4. *Незвичайний формальний вигляд моделі.* Модель прийняття рішень на базі множини розв'язувальних правил є моделлю, характерною для систем штучного інтелекту. І хоча вона є більш загальною, ніж відношення переваги або цільова функція (ЦФ), її застосування не дає змогу безпосередньо залучити добре розроблений апарат теорії прийняття рішень та вимагає додаткових досліджень у цьому напрямку. Так, хоча ця модель дозволяє побудувати відношення переваги, вона не забезпечує повного розв'язання ЗПР через особливості оптимізації за бінарним відношенням (див. нижче).

В цілому цей найпоширеніший підхід до прийняття рішень на базі попереднього досвіду дає можливість будувати універсальні інструменти підтримки прийняття рішень, що добре інтегруються в сучасні бази знань та інтелектуальні системи. Втім, існує ряд задач багатокритеріального вибору, для яких застосування таких методів не є достатнім для побудови моделі прийняття рішень.

Прийняття рішень на основі ідентифікації функції-індикатора переваг. У теорії прийняття рішень під функцією-індикатором переваг (функцією цінності, корисності, цільовою функцією) звичайно розуміють деяку функцію

$$v(\bullet): X \rightarrow \mathfrak{R} \mid \forall x, y \in X, v(x) > v(y) \Leftrightarrow x \succ y, \quad (2)$$

де X – множина альтернатив; \succ – відношення переваг на X . Змістовно, таку функцію пов'язують з деякою суб'єктивною внутрішньою мірою цінності, що притаманна ОПР. Якщо така функція відома, задачу прийняття рішень

можна звести до задачі оптимізації, і вирішувальне правило матиме вигляд

$$C(\Omega) = \{x \in \Omega \mid x = \operatorname{argmax}(v(k_1(x), k_2(x), \dots, k_m(x)))\},$$

де $k_i(x)$ – звичайно оцінка альтернативи x за i -м критерієм. Застосування функції-індикатора переваг для розв'язання багатокритеріальних ЗПР дає змогу залучити теоретичний апарат теорії очікуваної корисності, багатоатрибутивної теорії корисності, векторної оптимізації та інші добре розроблені методи багатокритеріального аналізу рішень.

У літературі зустрічаються два підходи до побудови індикатора переваг за даними досвіду – це параметрична та структурна ідентифікації. У першій групі методів використовується модель конкретного вигляду, а ідентифікація полягає у визначенні невідомих параметрів моделі. При цьому вигляд моделі зумовлений певною аксіоматикою. Зрозуміло, що застосування СППР з параметричною ідентифікацією моделі обмежено групою осіб, переваги яких узгоджуються з такою аксіоматикою. При цьому перевірка застосовності моделі в довільному випадку вимагає проведення трудомістких складних процедур додаткового опитування експертів [1]. З цієї причини перспективним є розвиток методів, спрямованих на пошук структури довільної моделі з наступною ідентифікацією параметрів. При цьому аксіоматика є найбільш загальною і включає лише умови існування індикатора переваг [1]. Пошук функції звичайно здійснюють у класі поліномів через ідентифікацію коефіцієнтів повного полінома Колмогорова–Габора:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i x_i + \sum_{j=1}^N \sum_{1 \leq i \leq j} a_{ij} x_i x_j + \sum_{j=1}^N \sum_{1 \leq i \leq j \leq k} a_{ijk} x_i x_j x_k + \dots \quad (3)$$

Підсумовуючи сказане, слід зазначити, що прийняття рішень на базі структурної ідентифікації функції-індикатора переваг дозволяє: 1) звести слабкоструктуровану типову ЗПР до задачі оптимізації; 2) залучити імовірнісну інформацію, розв'язати недетерміновані задачі; 3) застосовувати більш інформативні прецеденти, що означає менший об'єм необхідної навчальної вибірки.

Втім, використання такого підходу до побудови моделі вимагає вирішення ряду проблем.

1. *Проблема розміру навчальної вибірки*, необхідної для регресії. В [7] запропоновано метод прийняття рішень на базі побудови множини "масових" функцій корисності. Цей метод добре застосовується в маркетингових задачах, коли цікавляться масовими, середніми перевагами, та є непристосованим до ідентифікації індивідуальних переваг, оскільки він потребує великої вибірки. Ця проблема вирішується через застосування методів еволюційного моделювання, які дають можливість здійснити ідентифікацію за малою вибіркою. Так, в [8] ідентифікація здійснюється за біокібернетичним підходом через застосування комбінації нейронної мережі та генетичного алгоритму; в підході до прийняття рішень на базі ідентифікації функції корисності (ПРІФК) пропонується здійснювати ідентифікацію засобами методу групового обліку аргументів (МГОА) [9]. Також є пропозиції скорочувати вибірки формуванням її за критерієм інформативності [7, 9].

2. *Проблема підготовки даних та числового представлення прецедентів*. Як і в класичних методах, в основі підходу, що використовується для вирішення цієї проблеми, лежать методи "м'яких обчислень". У [8] запропоновано метод прийняття рішень на основі досвіду з побудовою цільової функції в нечіткому вигляді на базі критеріальних та інтегральних лінгвістичних оцінок. Втім, згідно з [13] присвоєння інтегральної оцінки не є коректним з точки зору людинної системи обробки інформації та може бути додатковим витком впливу фактора суб'єктивності при побудові моделі.

3. *Пошук моделі оптимальної складності*. Особливістю функції-індикатора переваг є множинність стратегічно еквівалентних функцій-індикаторів переваг, тобто для опису одних і тих самих переваг може бути застосована будь-яка з множини комонотонних [19] функцій, і в процесі її ідентифікації слід побудувати функції найпростішого вигляду. Проблема вирішується через застосування еволюційних методів моделювання (див. наприклад, [8]). Іншою стороною проблеми є проблема відбору змінних моделі.

4. *Проблема відбору суттєвих показників*. Проблема ускладнюється тим, що для подальшого успішного застосування моделі необхідно обмежити її складність. З іншого боку, пошук

моделі у вигляді полінома (3) можливий лише за незалежності показників, залучених до моделі. На думку авторів, вирішення цієї проблеми через аналіз даних є, можливо, єдиним способом об'єктивно відібрати суб'єктивно значущі фактори, проте в методах ідентифікації функції-індикатора переваг на основі досвіду така можливість поки що не реалізована.

5. *Проблема оптимізації*. Ще одна група проблем структурної ідентифікації цільової функції пов'язана з пошуком розв'язку за прийнятний час. Ця проблема активно досліджується і вирішується в рамках багатоцільової комбінаторної оптимізації, що об'єднує еволюційні технології з так званими метаевристичними [22]. У [8] для вирішення цієї проблеми застосовується нейронна мережа з ГА. Незважаючи на відсутність аналітичного вигляду для РП, це забезпечує знаходження максимуму, а РП має властивості стійкості та адаптивності. Перспективним є застосування й інших методів.

В цілому підхід прийняття рішень на основі ідентифікації функції-індикатора переваг дає можливість звести слабко структуровану ЗПР до задачі оптимізації і є перспективним для застосування при розв'язанні типових задач вибору, в яких суттєвим є порівняння близьких за перевагами альтернатив. Крім того, застосування моделі в такому вигляді дозволяє залучати теоретичний апарат теорії корисності та її багатотрибутивного різновиду, векторної оптимізації та інші добре розроблені в теорії прийняття рішень. Втім, цей підхід лише починає розроблятися, і для успішного застосування таких методів для розв'язання широкого кола типових ЗПР необхідне вирішення низки суттєвих проблем, насамперед проблеми впливу фактора суб'єктивності.

Результати дослідження методів підтримки прийняття рішень на основі досвіду

У табл. 1 наведено основні характеристики методів прийняття рішень на базі досвіду та класичних методів підтримки прийняття рішень.

З таблиці видно, що методи прийняття рішень на основі досвіду є ефективним засобом підтримки типових задач прийняття рішень, що дозволяє звужити область залучення експертів та здійснювати автоматичну ідентифікацію моделі переваг. Особливо ефективними є методи прийняття рішень на основі побудови класифікуючих правил, що пристосовані для розв'язання широкого спектра задач, використовують допустимі процедури опитування експертів та можуть

бути застосовані безпосередньо до аналізу існуючої бази знань. Методи прийняття рішень на основі досвіду для розв'язання задач багатокритеріального вибору є в цілому менш розробленими, ніж такі для розв'язання задач класифіка-

ції, і стикаються з рядом суттєвих проблем, зокрема проблемою об'єктивного відбору суттєвих факторів, усунення помилок, змішень та суперечностей, забезпечення виконання аксіоматичних обмежень тощо.

Таблиця 1. Основні характеристики класичних методів підтримки прийняття рішень і методів прийняття рішень на базі досвіду

Методи підтримки прийняття рішень	Тип	Призначення					Функціональність					Технічні характеристики						
		Неперервні (н)/дискретні (д)	Унікальні (у)/типіві (т)	Детерміновані (д)/недетерміновані	Класифікації (к)/вибору (в)	Колективний вибір	Горизонт: оперативний (о)/стратегічний (с)	Підтримка дослідження предметної області – декомпозиція цілей (д), відбір суттєвих факторів	Пошук недомінованих альтернатив	Контроль якості моделі: забезпечення стійкості (с), контроль суперечності(к), узгодження рішень з експертом (у)	Засоби інтерпретації та пояснені	Накопичення і використання досвіду	Характер процедур опитування експертів: складні (с), допустимі (д), недосліджені	Робастність	Існування розв'язку гарантоване	Обмеження: аксіоматичні (а)/розмірності (р)	Інтеграція в БД або БЗ	Модельовання переваг: дедуктивне (д), інтерактивне (і), автоматичне (а)
Методи багатоатрибутивної теорії корисності (MAUT)/метод аналізу ієрархій (АНР)	Евристичні методи	*	*	*	в	+	с	д	+	с	-	-	с	+	+	а	-	і
Методи ELECTRE	Оптимізація за бінарним відношенням	д	у	д	в	+	с	-	+	-	-	-	д	+	+	а	-	і
Вербальний аналіз рішень		д	*	*	в	+	с	*	+	*	+	-	д	+	+	-	-	і
Методи оптимізації за бінарним відношенням		д	*	д	в	+	с	-	+	-	-	-	д	-	-	-	-	і
Методи поетапного вибору		д	*	*	в	+	с	*	+	к	-	-	д	+	-	-	-	і
Інтерактивні/ітеративні процедури багатокритеріальної оптимізації	Багатокритеріальна/векторна оптимізація	н	у	д	в	-	с	-	+	-	-	с	-	+	а	-	і	
Методи з апроксимацією паретової границі та інформуванням про неї		н	у	д	в	-	с	-	+	у	+	-	н	-	+	*	-	і
Еволюційні алгоритми		*	*	д	*	-	с	-	+	-	-	-	с	-	+	а	-	і
Методи прийняття рішень на базі цільової функції		н	*	д	в	-	с	-	+	с	-	-	с	-	+	а	-	і

Кінець таблиці 1.

Методи підтримки прийняття рішень	Тип	Призначення					Функціональність					Технічні характеристики						
		Неперервні (н)/дискретні (д)	Унікальні (у)/типові (т)	Детерміновані (д)/недетерміновані	Класифікації (к)/вибору (в)	Колективний вибір	Горизонт: оперативний (о)/стратегічний (с)	Підтримка дослідження предметної області—декомпозиція цілей (д), відбір суттєвих факторів	Пошук недомінованих альтернатив	Контроль якості моделі: забезпечення стійкості (с), контроль суперечності(к), узгодження рішень з експертом (у)	Засоби інтерпретації та пояснені	Накопичення і використання досвіду	Характер процедур опитування експертів: складні (с), допустимі (д), недосліджені	Робастність	Існування розв'язку гарантоване	Обмеження: аксіоматичні (а)/розмірності (р)	Інтеграція в БД або БЗ	Модельовання переваг: дедуктивне (д), інтерактивне (і), автоматичне (а)
Методи розв'язувальних правил/нечітких РП (DRSA)	Розв'язувальні правила	*	т	*	*	+	о	-	+	с	-	-	д	+	-	р	БЗ	д
Методи експертної класифікації	Розв'язувальні правила	*	т	*	к	+	о	*	+	*	-	-	д	+	+	р	БЗ	і
Прийняття рішень за прецедентами	Прийняття рішень на базі досвіду	н	т	*	к	-	о	-	-	-	-	+	-	+	+	*	БД	д
Прийняття рішень на базі ідентифікації правил класифікації	Прийняття рішень на базі досвіду	*	т	*	к	-	о	д	+	-	-	+	н/д	+	-	-	БЗ	а
Прийняття рішень шляхом ідентифікації вирішувальних правил вибору (DRSA)	Прийняття рішень на базі досвіду	*	т	*	в	-	о	-	+	с	-	+	д	+	-	*	-	а
Методи ідентифікації функцій-індикатора переваг	Прийняття рішень на базі досвіду	*	т	д	в	-	о	-	+	с	-	+	н/с	+	+	*	-	а

Примітка. Цим методам властиві всі характеристики (*), наведені у відповідному стовпці.

Аналіз методів прийняття рішень на основі досвіду показав, що застосування індуктивної побудови моделі дозволило знизити вплив фактора 2-го типу. Автоматичний пошук моделі в певному класі дає змогу здійснювати побудову довільної моделі для широкого спектра випадків, гарантує модель оптимальної складності і таку, що найкраще підходить до висловлених переваг. Єдиним втручанням аналітика в процес моделювання є вибір класу моделей та завдання критеріїв відбору. Їх вплив на процес прийняття рішень досліджений недостатньо, втім область залучення аналітика є значно меншою, ніж при традиційних методах моделювання.

Однак новітні технології дослідження даних, на думку авторів, дають можливість звужити

область залучення експертів та аналітиків і при виконанні інших функцій підтримки прийняття рішень, таких, як підтримка дослідження предметної області та контроль якості. Звичайно ці функції реалізовані у вигляді інтерактивних процедур та є витком впливу суб'єктивних факторів 1-го та 3-го типу. Застосування аналізу досвіду для незалежного виконання цих функцій дозволить не тільки скорегувати наслідки впливу, а й подолати психологічні витоки фактора суб'єктивності. Таким чином, необхідна розробка додаткових інструментів аналізу і дослідження даних, крім засобів ідентифікації моделі, таких, що будуть враховувати психологічні аспекти процесу прийняття рішень та дадуть змогу використати потужний потенціал ПРБД для мінімізації

впливу суб'єктивних факторів. Такими засобами є: 1) засоби виявлення і уточнення переваг, що є комфортними для експертів та дозволяють ефективно сформувати та виявити повні, несутеречливі, дійсні переваги експертів; 2) засоби підготовки даних, таких, що мають здійснювати фільтрацію від помилок, поповнення відсутніх даних, перевод в числовий вигляд тощо; 3) засоби зменшення розмірності задачі – підвищення інформативності та розміру навчальної вибірки, відбору суттєвих показників; 4) засоби розв'язання задачі оптимізації за побудованою моделлю, що гарантують розв'язок в обчислювально прийнятний час; 5) засоби інтерпретації моделі для зображення моделі прийняття рішень у зрозумілому для експертів вигляді.

Проведений аналіз також дав можливість виявити ефективні рішення, що є перспективними в подальшому розвитку підходу: 1) поєднання та комбінування формальних підходів до побудови моделі прийняття рішень для подолання недоліків та використання їх переваг; 2) застосування методів еволюційного моделювання для побудови моделі; 3) застосування нових методів багатоцільової комбінаторної оптимізації та метаевристик для розв'язання задач оптимізації за моделлю прийняття рішень; 4) реалізація розроблених моделей і методів у вигляді універсальних, гнучких інструментів, що інтегруються в БД ERP-систем і дають змогу максимально звужити область залучення експертів.

Розробка основних положень методу прийняття рішень на основі ідентифікації функції-індикатора переваг для подолання фактора суб'єктивності

З урахуванням проведеного аналізу автори статті пропонують свій підхід до подолання фактора суб'єктивності, що базується на дослідженні досвіду. Цей підхід заснований на застосуванні трьох принципів: 1) формування прецедентів у ході ділової гри з контролем суперечності; 2) еволюційної побудови моделі; 3) використанні ментальної моделі переваг.

Ці принципи реалізуються в новому методі підтримки прийняття рішень на основі досвіду, який пропонують автори – методі PRIOL (Precedence Indicator Objective Learning method). Метод базується на підході до прийняття рішень на основі ідентифікації функції-індикатора переваг, запропонованому авторами в [9] під первинною назвою “прийняття рішень на базі ідентифікації функції корисності” (ПРІФК). Доцільність використання такого підходу в ПРБД зумовлена

тим, що він дає змогу звести довільну слабкоструктуровану ЗПР до задачі оптимізації та звужити в певних випадках область залучення експертів, і таким чином підвищити ефективність розв'язання типових ЗПР. Основними рисами підходу ПРІФК є [9]: 1) поступова ідентифікація моделі переваг експертів у вигляді функції-індикатора переваг із визначенням ступеня локальної ідентифікації та можливістю часткового звуження області залучення експертів; 2) комбінування засобів навчання за прецедентами та активного навчання, що дозволяє здійснювати ідентифікацію моделі переваг експертів як на накопичених даних, так і в ході ділової гри; 3) використання еволюційних процедур моделювання із застосуванням евристичних критеріїв селекції. Зазначені особливості, на думку авторів, складають ефективну базу для побудови ПРБД-методу. Розглянемо більш детально три запропоновані принципи комплексного подолання фактора суб'єктивності на основі досвіду та їх реалізацію в методі PRIOL.

Реалізація активного навчання у вигляді ділової гри з контролем суперечності. В методі PRIOL здійснюється імітація процесу прийняття рішень у типових ЗПР у вигляді ділової гри. Експерти працюють в умовах, що імітують реальні умови прийняття рішень та здійснюють розв'язання набору типових ЗПР, сформованих таким чином, щоб забезпечити не тільки побудову функції-індикатора переваг, але й здійснити перевірку суперечностей у перевагах. Таким чином, ділова гра використовується як метод тренування експертів у природних умовах, що дозволяє їм розвинути, уточнити та поповнити свої переваги. Типова ЗПР полягає у виборі з невеликого набору альтернатив (трьох-чотирьох) однієї або кількох, кращих за думкою експертів; для розв'язання використовуються психологічно допустимі операції.

Таке виявлення переваг з контролем суперечності запропоноване для прийняття рішень на основі досвіду вперше. Ідентифікація функції-індикатора переваг під час ділової гри насамперед спрямована на усунення не наслідків впливу фактора суб'єктивності (як в існуючих методах), а витоків цього фактора. При цьому ділова гра дозволяє комплексно розв'язати такі задачі: 1) здійснити розвиток, уточнення, формування несуперечливих переваг експертів у ході розв'язання типових ЗПР у природних для експерта умовах (задачі можуть бути сформовані спеціально для уточнення або перевірки окремих властивостей переваг); 2) здійснити ідентифікацію моделі, що узгоджується з рішеннями експертів,

його перевірку та адаптацію в разі необхідності; 3) забезпечити поступове поліпшення розуміння експертами принципів роботи СППР, природи моделі прийняття рішень, сформувавши довіру до результатів роботи СППР, що, за дослідженнями [23], є необхідним фактором успішного використання СППР.

Розробка еволюційного алгоритму моделювання переваг експертів з поступовим ускладненням класу моделі переваг. У методі PRIOL використовуються успішні розв'язки в ПРБД, що були виявлені в ході аналізу існуючих підходів, такі, як еволюційне моделювання, застосування нечіткої функції-індикатора переваг, комбінування формальних підходів до моделювання переваг експертів. Процес індуктивної побудови моделі в PRIOL базується на використанні еволюційних методів моделювання, а саме нечіткого МГОА (НМГОА) [24]. Пошук функції-індикатора переваг здійснюється в класі поліномів вигляду (3) з нечіткими коефіцієнтами на основі запропонованого авторами евристичного критерію відбору моделі. Критерій визначає ступінь непогодженості моделі з прецедентами та формується з таких принципів. Наведемо формальну модель побудови функції-індикатора переваг. Маємо набір прецедентів вигляду (X, X^*) , де X^* може містити кілька альтернатив, з яких експерти затрудняються вибрати найкращу. Необхідно побудувати функцію вигляду (2). З кожного прецедента відомо, що

$$|v(x_1) - v(x_2)| = 0 \quad \forall x_1, x_2 \in X^*,$$

$$(v(x_1) - v(x_2)) \geq h \quad \forall x_1 \in X^*, x_2 \in X \setminus X^*,$$

де h – поріг, що визначає відмінність альтернатив, близьких за перевагами. Таким чином, отримуємо множину нерівностей, що мають виконуватися, якщо функція описує переваги. Тоді евристичний критерій відбору моделі має відображати відносну кількість нерівностей, що не виконуються. При пошуку відбувається поступове ускладнення моделі починаючи з лінійного вигляду. Транзитивність переваг, що є основною вимогою для існування функції-індикатора переваг, забезпечується самою процедурою виявлення переваг із усуненням суперечностей.

Ідентифікація “ментальної моделі” переваг.

У методі PRIOL вперше запропоновано реалізацію концепції ментальної моделі корисності, через: а) використання об'єктивного опису прецедентів та альтернатив, коли як аргументи

функції-індикатора переваг використовуються об'єктивні показники, при цьому якісні показники та відсутні характеристики зображають у вигляді бінарних змінних (такий підхід дозволяє імітувати прийняття рішень експертом не тільки на основі якісних даних, але й при умовах їх відсутності, а проблема розмірності, що виникає при цьому, вирішується при відборі суттєвих факторів); б) вирішення проблеми відбору суттєвих факторів – відбір суттєвих факторів здійснюється в ході ідентифікації (основна ідея полягає в застосуванні узагальненого МГОА з ортогоналізацією за групами аргументів – детально такий підхід до зниження розмірності задачі описано в [25]); в) застосування нечіткого індикатора переваг та принципів стохастичного домінування. Оскільки нечіткі функції більше підходять до опису слабкоструктурованих залежностей, пошук функції в нечіткому вигляді дозволить, на думку авторів, ідентифікувати модель простішого вигляду.

Таким чином, метод підтримки прийняття рішень PRIOL дасть можливість не тільки усунути фактори суб'єктивності, пов'язані з довільністю побудови моделі аналітиком, але й усунути або зменшити вплив фактора суб'єктивності, що походить від психологічних особливостей процесу прийняття рішень та виникає при виконанні таких операцій, як: 1) усвідомлення та уточнення переваг; 2) відбір суттєвих факторів; 3) опис предметної області та формалізація опису альтернатив; 4) використання побудованої моделі для прийняття рішень.

У табл. 2 наведено порівняльні характеристики класичних засобів підтримки прийняття рішень й основних підходів ПРБД, згрупованих за типом розв'язуваних ЗПР. Розглядаються різні методи для розв'язання ЗПР на основі класифікації та багатокритеріального вибору, в тому числі запропонований авторами метод PRIOL. Показано реалізовані принципи підтримки прийняття рішень, що сприяють подоланню фактора суб'єктивності, та їх можливі недоліки.

З таблиці видно, що метод підтримки прийняття рішень на базі досвіду PRIOL дозволяє мінімізувати вплив фактора суб'єктивності різної природи на всіх етапах процесу прийняття рішення. Єдиним умовним недоліком запропонованого методу є обчислювальна складність алгоритму ідентифікації моделі. Цей недолік може бути усунений за допомогою використання сучасних засобів розподілу обчислень.

Таблиця 2. Порівняльний аналіз методів підтримки прийняття рішень на основі досвіду в контексті подолання фактора суб'єктивності

Засоби подолання фактора суб'єктивності за його типами	Основні переваги та можливі недоліки методів	Класичні методи ППР	Основні підходи ПРБД					
			ПР на основі класифікації		Задачі багатокритеріального вибору			
			ПР по прецедентах	Ідентифікація розв'язувальних правил	Ідентифікація розв'язувальних правил	Нечітка функція-індикатор переваг з лінгвістичними оцінками	PROL	
Суб'єктивність суджень експертів	+	Використовуються природні процедури опитування експертів	+/-	+/-	+	+	-	+
	+	Переваги можуть бути розвинені і уточнені в процесі ПР	+/-	-	-	-	-	+
Суб'єктивність методу	+	Враховується попередній досвід	-	+	+	+	+	+
	+	Здійснюється перевірка несуперечливості	+/-	-	+/-	+/-	-	+
Суб'єктивність взаємодії	+	Виявлення переваг дуже трудомістке	+/-	+	+/-	+	-	-
	+	Вибір (побудова) моделі здійснюється об'єктивно	-	-	+	+	+	+
Суб'єктивність взаємодії	+	Модель застосовується в широкому спектрі випадків	+/-	-	+	+	-	+
	+	Модель добре масштабується	-	-	+/-	-	-	+
Суб'єктивність взаємодії	+	Модель не потребує попередньої обробки даних (або обробка не викривляє переваги)	+/-	-	+	+	-	+
	+	Велика обчислювальна складність алгоритму моделювання	-	-	+	+	+	+
Суб'єктивність взаємодії	+	Стійкість до невизначеності	+/-	+	+	+	+	+
	+	Звуження області залучення експертів	-	+	+	+	+	+
Суб'єктивність взаємодії	+	Модель не висуває жорсткі вимоги до переваг експертів, метод підтримки прийняття рішень не впливає на формування та висловлювання переваг експертів	+/-	+	-	-	+	-
	+	Непрозорість моделі та рекомендованих рішень для експертів	+/-	+	-	-	+	-
Суб'єктивність взаємодії	+	Не гарантоване існування рішення або його оптимальність	+/-	+	-	+	-	-

Висновки

Аналіз існуючих підходів до підтримки прийняття рішень на основі досвіду, останніх психологічних досліджень та практики усунення фактора суб'єктивності в теорії прийняття рішень виявив актуальність та доцільність розробки методів підтримки багатокритеріального вибору на основі досвіду з подоланням фактора суб'єктивності та дозволив визначити сутність підходу до побудови таких методів. Запропонований авторами підхід дає можливість здійснити комплексне подолання факторів суб'єктивності, що виникають у процесі підтримки прийняття рішень. Розроблений у рамках підходу метод прийняття рішень на базі ідентифікації функції-індикатора переваг PRIOL за своїми принципами забезпечує не тільки зведення слабкоструктурованої ЗПП до задачі оптимізації, але й одночасно усунення витоків суб'єктивності на всіх етапах процесу прийняття рішень, та, тим самим, покращення якості

процесу прийняття рішень і підвищення довіри до результатів використання СППР.

Розроблений підхід призначений до застосування для підтримки широкого спектра типових задач багатокритеріального вибору, що потребують підвищеної відповідальності та оперативності в прийнятті рішень. Підхід є особливо корисним для колективного прийняття рішень високої важливості, оскільки дозволяє через тренування експертів випрацювати спільну несуперечливу систему переваг.

Основним напрямком подальших досліджень з розвитку підходу є детальна розробка та реалізація в рамках методу PRIOL алгоритму еволюційної побудови моделі прийняття рішень, алгоритму пошуку рішення та здійснення експериментальних досліджень прототипу системи з точки зору подолання факторів суб'єктивності. Для підвищення ефективності процесу ідентифікації моделі алгоритм буде реалізовано засобами паралельних обчислень.

С.Н. Гриша, Н.С. Гнатенко

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОПЫТА КАК ПОДХОД К ПРЕОДОЛЕНИЮ ФАКТОРА СУБЪЕКТИВНОСТИ

Предложен новый подход к преодолению фактора субъективности в процессе поддержки принятия решений, основанный на анализе накопленного опыта принятия решений. Исследованы основные методы принятия решений на основе опыта, в том числе методы принятия решений по прецедентам, на основе идентификации решающих правил и функции-индикатора предпочтений; рассмотрена их подверженность влиянию фактора субъективности и возможности решения проблемы. Сформулированы основные принципы преодоления фактора субъективности на основе опыта, которые реализованы в новом методе поддержки принятия решений на основе идентификации функции-индикатора предпочтений PRIOL.

S.M. Grysha, N.S. Gnatenko

EXPERIENCE-BASED DECISION MAKING AS THE APPROACH TO SUBJECTIVITY OVERCOMING

In this study, we introduced the novel approach to decision-making subjectivity overcoming in DSS on the basis of the previous experience analysis. We studied the main trends of the experience-based decision-making, namely precedence-based decision making, decision rules and preference indicator identification. Also we analysed their exposure to subjectivity influence and possibilities of its overcoming. We formulated the major principles of the experience-based subjectivity overcoming and implemented in the new method of decision making, PRIOL, which was based on preference indicator learning.

1. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах. – М.: Логос, 2006. – 392 с.
2. Hullermeier E. Experience-Based Decision Making: A Satisficing Decision Tree Approach // Systems, Man and Cybernetics, Part A, IEEE Transactions. – 2005. – 35, Issue 5. – P. 641–653.
3. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Поиск решения на основе структурной аналогии для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2005. – № 1. – С. 97–109.
4. Асанов А.А. Генетический алгоритм построения экспертных решающих правил в задаче многокритериальной классификации // Электронный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ». – 2002. – С. 1744–1753.

5. *Ben-David A., Sterling L.* Generating rules from examples of human multiattribute decision making should be simple // *Expert Systems with Applications*. – 2006. – N 31. – P. 390–396.
6. *Greco S., Matarazzo B., Slowinski R.* Dominance-based Rough Set Approach as a proper way of handling graduality in rough set theory // *Transactions on Rough Sets VII, LNCS 4400*. – Berlin: Springer-Verlag, 2007. – P. 36–52.
7. *Chajewska U., Koller D., Ormonet D.* Learning an Agent's Utility Function by Observing Behavior // *Proc. of the Eighteenth Intern. Conf. on Machine Learning table of contents*. – 2001. – P. 35–42.
8. *Шаранов В.М., Снитюк В.Е.* Биокрибернетический метод определения оптимума целевой функции в условиях неопределенности // *Искусственный интеллект*. – 2002. – № 4. – С. 123–129.
9. *Гриша С.М., Гнатенко Н.С.* Прийняття рішень на основі ідентифікації функції корисності // *Наукові вісті НТУУ "КПІ"*. – 2007. – № 3. – С. 40–46.
10. *Гнатенко Г.М., Снитюк В.Є.* Експертні технології прийняття рішень. – К.: ТОВ "Маклаут", 2008. – 444 с.
11. *Brugha C.M.* Phased multicriteria preference finding // *European Journal of Operational Research*. – 2004. – N 158. – P. 308–316.
12. *Pöyhönen M., Härmäläinen R.P.* Notes on the weighting biases in value trees // *J. of Behavioral Decision Making*. – 1998. – 11. – P. 139–150.
13. *Larichev O.I.* Cognitive Validity in Design of Decision-Aiding Techniques // *J. of Multi-Criteria Decision Analysis*. – 1992. – 1, N 3. – P. 127–138.
14. *Salo A., Härmäläinen R.P.* Preference programming through approximate ratio comparisons // *European Journal of Operational Research*. – 1995. – N 82. – P. 458–475.
15. *Ma J., Ruan D., Xu Y., Zhang G.* A fuzzy-set approach to treat determinacy and consistency of linguistic terms in multi-criteria decision making // *Intern. J. of Approximate Reasoning*. – 2007. – 44. – P. 165–181.
16. *Wallenius J., Dyer J.S., Fishburn P.C., Steuer R.E., Zionts S., Kalyanmoy D.* Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: Recent Accomplishments and What Lies Ahead // *Management Science*. – 2008. – N 7. – P. 1336–1349.
17. *Keeney R.* Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making. – Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1992. – 416 p.
18. *Sayin S.* Robustness Analysis: Robustness Algorithms for Multiple Criteria Optimization // *European Working Group "Multiple Criteria Decision Aiding"*. – 2005. – Ser. 3, N 11. – P. 6–7.
19. *Вилкас Э.Й.* Оптимальность в играх и решениях. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1996. – 256 с.
20. *Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А., Фомина М.В.* Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. – М.: Физматлит, 2004. – 704 с.
21. *Chiclana F., Herrera F., Herrera-Viedma E.* Integrating three representation models in fuzzy multipurpose decision making based on fuzzy preference relations // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1998. – N 97. – P. 33–48.
22. *Jaszkiewicz A.* Multiple objective metaheuristic algorithms for combinatorial optimization. – Poznan: Politechnika Poznanska, 2001. – 148 p.
23. *Gönül M.S., Önköl D., Lawrence M.* The effects of structural characteristics of explanations on use of a DSS // *Decision Support Systems*. – 2006. – N 42. – P. 1481–1493.
24. *Зайченко Ю.П., Заець І.О.* Синтез та адаптація нечітких прогнозуючих моделей на основі методу самоорганізації // *Наукові вісті НТУУ "КПІ"*. – 2001. – № 2. – С. 32–41.
25. *Madala H.R., Ivakhnenko A.G.* Inductive Learning Algorithms for Complex System Modeling. – CRC Press, Inc., 2000. – 368 p.

Рекомендована Радою факультету інформатики та обчислювальної техніки НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції
27 червня 2008 року