



ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

УДК 658.012.122

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ СИТУАЦІЙ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ХАРАКТЕРИСТИК НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

О.П. КУТАХ

Розглядаються проблеми дослідження динамічних ситуацій, які характерні для технічних систем, та концептуальний підхід до прийняття рішень щодо їх ефективного функціонування. Здійснено формалізацію динамічних ситуацій і для кожної з них створюється відповідний інструментарій на основі теорії прийняття рішень в умовах невизначеності. Наведені аналітичні вирази для оптимальних керівних впливів і оптимальних траєкторій реалізації процесів функціонування технічних систем.

ВСТУП

Для поліпшення якості управління за допомогою технічних систем необхідні методи та моделі теорії прийняття управлінських рішень, що дозволяють в умовах невизначеності розглядати багатокритеріальні задачі, використовувати при цьому об'єктивні та суб'єктивні оцінки поведінки систем. Описано виміри різних шкал для опису приналежності об'єктів технічної системи до певних класів. Здійснено структурування задачі прийняття рішень у залежності від кількості цілей, ситуацій, особливостей однієї чи групи осіб, які приймають рішення.

КЕРУВАННЯ — ФУНКЦІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Керування — необхідний елемент суспільного виробництва і соціального розвитку суспільства. Характерною особливістю керування будь-якими об'єктами є досягнення чітко визначених цілей. Цьому процесові відповідає циклічно повторювана в часі послідовність задач чи функцій керування. Найбільш загальні (агреговані) функції керування — планування, організація, регулювання і контроль. Виконання загальних і часткових функцій керування вимагає прийняття рішень. Тобто функція прийняття рішень виконує в процесі керування особливу роль: вона необхідна для здійснення всіх інших функцій. Тому знання методів, засобів і процедур процесу прийняття рішень є необхідною умовою підвищення ефективності керування.

Організаційно-технологічний характер рішень має безпосереднє відношення до побудови науково обґрунтованих процедур підготовки і прийняття рішень, до застосування сучасних методів і засобів. Саме в організації і технології прийняття рішень насамперед відбивається загальне зростання ролі науки і техніки в управлінському процесі.

Застосування наукового підходу дозволяє керівникові більш об'єктивно оцінювати проблемну ситуацію, враховувати наявні ресурси і обмеження, формулювати й аналізувати варіанти рішень, вибрати з них оптимальне і передбачати його можливі наслідки [1].

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ

Сьогодні у теорії прийняття рішень можна виділити три концепції: математичного вибору рішень (нормативний підхід), якісно-предметну (дескриптивний підхід) і комплексну концепцію управлінських рішень.

Основний акцент у концепції математичного вибору рішень ставиться на розробці математичних методів, моделей і алгоритмів вибору рішень (при цьому в більшості випадків ігнорується роль суб'єкта). Це ігнорування означає, що оцінка переваг критеріїв вибору зводиться до неформальної. Застосування результатів даної концепції в сфері управлінських рішень є допоміжним заходом [2].

Якісно-предметна концепція характеризується якісним (описовим) підходом до прийняття рішень. Велику вагу має доказ положень, які викладаються методом прецеденту. Найважливіше значення в цій концепції надається ролі суб'єкта в процесі ухвалення рішення. Однак описовий характер досліджень дає дуже нечітке уявлення про закономірності процесів прийняття рішень, бо орієнтує керівника лише на загальне уявлення про процес керування [3].

Комплексна концепція керівних рішень характеризується всебічним врахуванням всіх аспектів, а також раціональним використанням логічного мислення та інтуїції суб'єкта керування, математичних методів і обчислювальних засобів при формуванні і виборі рішень. Провідна роль відводиться суб'єктові керування. Математичні методи і технічні засоби розглядаються як допоміжний інструмент. Велика увага приділяється організаційно-технологічному аспектові процесу прийняття рішень. Важливою особливістю цієї концепції є застосування сучасних методів числення з використанням якісних даних, що дозволяє якісні судження суб'єктів піддати кількісному аналізу.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИНАМІЧНИХ СИТУАЦІЙ: ДОСЛІДЖЕННЯ І ВИМІР

У процесі ухвалення рішення особа, яка його приймає (ОПР), і експерти задають ситуації, цілі, обмеження, варіанти рішень і проводять вимір їхніх характеристик. Ці виміри можуть носити якісний або кількісний характер і бути суб'єктивними або об'єктивними.

Об'єктивні якісні і кількісні виміри здійснюються вимірювальними приладами з використанням фізичних законів. Суб'єктивні виміри викону-

ються людиною, тому їх змістовна інтерпретація, з одного боку, визначається закономірностями процесу вимірювання, а з іншого — загальним механізмом мислення.

В останні роки здійснено спробу створити загальну формальну схему об'єктивних і суб'єктивних вимірів [4].

На основі використання логіки і теорії відношень побудовано теорію вимірів, яка пропонує конструктивні методи суб'єктивних вимірів. Визначимо вимір як процедуру порівняння об'єктів за визначеними показниками. Оперуємо трьома поняттями: об'єкти, показники, процедура порівняння. Об'єктами можуть бути предмети, явища, події, рішення і т. ін.; показниками порівняння — просторові, часові, фізичні, фізіологічні, соціологічні та інші властивості і характеристики об'єктів.

Процедура порівняння складається із визначення відношень між об'єктами і чітко сформульованого способу їхнього порівняння. Можна встановлювати такі відношення між об'єктами: «більше», «менше», «рівні», «гірше», «переважніше» і т. ін. Уведемо поняття емпіричної системи

$$M = \langle X, R \rangle,$$

де $X = (X_1, X_2, \dots, X_m)$ — множина об'єктів; $R = (R_1, R_2, \dots, R_s)$ — множина відношень. Розглянемо основні властивості бінарних відношень: $X_i R_k X_j$ або $(X_i X_j) \in R_k$.

Відношення R повне (лінійне), якщо всі об'єкти з множини X порівняні між собою за цим відношенням, інакше R — неповне відношення. Повне і неповне відношення R може мати властивості рефлексивності, антирефлексивності, симетричності, антисиметричності, транзитивності. Залежно від варіантів присутності цих властивостей існують відношення еквівалентності, строгого та нестрогого порядків (див. таблицю).

Типи відносин та їх властивості

Тип відносин	Властивості				
	Рефлексивність	Антирефлексивність	Симетричність	Антисиметричність	Транзитивність
Еквівалентність	+		+		+
Строгий порядок		+			+
Нестрогий порядок	+			+	+

Змістовно: еквівалентність — взаємозамінність, однаковість (символ « \sim »); нестрогий порядок — об'єднання відношень строгого порядку та еквівалентності) (символ « \geq »).

Згодом з'явилася необхідність встановлення універсальної системи з відношеннями, тобто числової системи (ЧС)

$$N = \langle C, S \rangle,$$

де C — множина дійсних чисел; S — множина відношень.

Вимір являє собою відображення об'єктів емпіричної системи (ЕС) на множину чисел у ЧС. У теорії вимірів існують проблеми подання й одиничності.

Проблема подання полягає в доведенні можливості подання ЕС за допомогою ЧС, яка зберігає відношення між об'єктами, тобто гомоморфної чи ізоморфної.

Проблема одиничності полягає у виявленні всіх можливих способів представлення заданої ЕС різними ЧС і встановленні зв'язку між ними. Її можна сформулювати як проблему визначення типу шкали вимірів, тобто сукупності ЕС (M), ЧС (N) і відображення (f):

$$\langle M, N, f \rangle.$$

Найбільш уживані в практиці вимірів такі типи шкал: найменувань, порядкова, інтервалів, відношень, різностей та абсолютна шкала.

Шкала найменувань використовується для опису приналежності об'єктів до визначених класів. Всім об'єктам одного класу надаються однакові числа, а об'єктам різних класів — різні числа. Шкала зберігає відношення еквівалентності і розходження між об'єктами. Існує велике число варіантів надання чисел класам еквівалентних об'єктів. Тому поняття одиничності відображення f для шкали найменувань складається у взаємно-однозначності припустимого перетворення Φ .

Шкала порядку застосовується для вимірювання упорядкування об'єктів за однією ознакою чи за їх сукупністю. Числа в шкалі визначають порядок проходження об'єктів і не дають можливості визначити, наскільки один об'єкт вагомий за інший. Для порядкової шкали припустимим перетворенням Φ є будь-яке монотонне перетворення.

Шкала інтервалів застосовується для відображення величини розходження між властивостями об'єктів, а при експертному оцінюванні — для оцінки корисності об'єктів. Основна властивість цієї шкали — рівність інтервалів. Інтервальна шкала може мати довільні точки відліку і масштаб. Припустимим перетворенням є лінійне перетворення $\Phi(x) = ax + b$. Шкала інтервалів — єдина з точністю до лінійного перетворення.

Шкала відносин використовується для вимірювання довжини, маси, ваги. Числа цієї шкали відображають відношення властивостей об'єктів. Припустимим перетворенням є подібність: $\Phi(x) = ax$.

Шкала різностей використовується для вимірювання властивостей об'єктів в разі необхідності подання: наскільки один із об'єктів перевершує інший за однією чи декількома ознаками. Припустиме перетворення для шкали різностей — це перетворення зрушення $\Phi(x) = x + b$.

Абсолютна шкала є особливим випадком шкали інтервалів з нульовою точкою відліку й одиничним масштабом. Припустимим перетворенням для абсолютної шкали є тотожне перетворення $\Phi(x) = x$. Існує одне і тільки одне відображення об'єктів у ЧС.

Шкали найменувань і порядку — якісні шкали, а шкали інтервалів, відношень, різностей і абсолютна — кількісні. У цих шкалах існують поняття початку відліку і масштабу, які вибираються довільно.

При формуванні і дослідженні динамічних ситуацій, цілей, обмежень і варіантів рішень ОПР і експерти виконують об'єктивні та суб'єктивні вимірювання характеристик вірогідності, вагомості і переваг. Для здійснення су-

Об'єктивних вимірювань застосовуються різні методи, найбільш уживаними з яких є ранжування, парне порівняння, безпосередня оцінка і послідовне порівняння.

ВИМІРЮВАННЯ ЙМОВІРНОСТІ СИТУАЦІЙ

При опису проблемної ситуації часто має місце невизначеність, обумовлена неповнотою чи недостовірністю інформації про проблему. Для усунення цієї невизначеності має бути сформульована повна група альтернативних ситуацій з визначенням їх кількісних характеристик, важливу роль серед яких грає характеристика достовірності — ймовірність ситуацій. Для повної групи альтернативних ситуацій сума ймовірностей їхньої появи дорівнює одиниці.

Постановка задачі на вимірювання ймовірностей ситуацій: нехай визначено повну групу альтернативних ситуацій $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$, необхідно виміряти значення ймовірностей цих ситуацій p_1, p_2, \dots, p_n . Сума ймовірностей дорівнює одиниці: $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$.

Можливі два способи вимірювання значень ймовірностей ситуацій. Перший ґрунтується на використанні статистичних даних про частоти появи ситуацій. Якщо в минулому виникали подібні ситуації і накопичилася статистика про їхнє здійснення, то на цій основі оцінки ймовірностей ситуацій визначаються як відносні частоти ситуацій. Ймовірності ситуацій, які були визначені на основі статистичних даних, називаються об'єктивними ймовірностями ситуацій. Однак у багатьох випадках статистичні дані про частоти появи ситуацій дуже обмежені за обсягом або взагалі відсутні. Тому використовується другий шлях, що спирається на суб'єктивні вимірювання ОНР. Суб'єктивні ймовірності — це числові оцінки ймовірності ситуацій, які виражають думку ОНР про шанси на появу цих ситуацій.

Нехай існує кінцева множина ситуацій $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$. Визначимо бінарне відношення правдоподібності (\succ) між ними. Запис $S_i \succ S_j$ показує, що ситуація S_i більш правдоподібна, ніж ситуація S_j , і означає, що обидві ситуації однаково правдоподібні. Якщо припустити: всі ситуації з множини S порівняні між собою щодо правдоподібності, — то відношення правдоподібності є відношенням повного нестроного порядку.

Вимірювання ймовірності ситуацій — це відображення множини ситуацій на числову вісь із збереженням відношень правдоподібності. Практичне вимірювання суб'єктивних ймовірностей здійснюється методом безпосередньої оцінки з вимогою, щоб сума всіх ймовірностей дорівнювала одиниці. Вимірювання проводиться у шкалі відношень на відрізку числової осі $[0, 1]$. Для підвищення точності вимірювань суб'єктивних ймовірностей доцільно проводити групову експертизу з необхідною обробкою висловлень експертів.

ВИМІРЮВАННЯ ВАЖЛИВОСТІ ЦІЛЕЙ

У задачі ухвалення рішення після визначення проблемної ситуації формується множина конкретних цілей. Важливим етапом цього процесу є

визначення кількості цілей, і суть проблеми полягає у встановленні їхньої пріоритетності. У центрі уваги керування перебуває головна мета, а підлеглі цілі виступають точками контролю за досягненням цієї мети. Вимірювання важливості цілей — прерогатива ОПР, оскільки немає способу одержання абсолютно об'єктивної оцінки важливості цілей на основі будь-яких аналітичних обчислень чи формальних висновків. У той же час діяльність людини обумовлюється правильним розумінням законів суспільного розвитку, цілей і задач суспільства в цілому, що, у свою чергу, забезпечує передумову достовірності оцінки важливості цілей під час рішення конкретної проблеми. Оцінки важливості цілей суттєво впливають на вибір оптимального рішення.

Числова характеристика важливості цілей називається пріоритетом. Вимірювання пріоритетів виконують у порядковій шкалі або у шкалі відношень, при цьому емпіричною системою є множина цілей з бінарним відношенням нестрогого порядку. Для того щоб мати можливість упорядкувати всі цілі, необхідно зробити припущення, що всі цілі є порівняними між собою за важливістю. Як ЧС приймається множина натуральних чисел з бінарним відношенням нестрогої нерівності. Вимірювання пріоритетів у порядковій шкалі виконується методом ранжування чи парного порівняння з наступною обробкою для побудови рейтингу. Найбільш важлива ціль одержує перший ранг і т.д. При вимірюванні пріоритетів у шкалі відношень значення пріоритетів вибирають на відрізьку від нуля до одиниці так, щоб сума числових значень пріоритетів для всіх цілей дорівнювала одиниці. Такі пріоритети називають коефіцієнтами важливості цілей. Вони дають можливість оцінювати, у скільки разів кожна ціль переважає інші за важливістю (відносна вага мети).

Нехай існує n цілей і проведено їхнє парне порівняння щодо важливості. Результати вимірювання можуть бути представлені у вигляді матриці $[Z_{ij}]$, елементами якої є нулі і одиниці. Одиниця ставиться на перетинанні i -го рядка та j -го стовпця, якщо ціль A_i не менш вагома, ніж ціль A_j з точки зору важливості; у протилежному випадку — нуль.

Просумуємо Z_{ij} у стовпцях.

$$Z_i = \sum_{j=1}^n Z_{ij} \quad (i = \overline{1, n}).$$

За змістом цю суму можна інтерпретувати як кількість цілей, які «голосують» за велику важливість мети A_i . Іншими словами, сума Z_i — це кількість цілей, для яких ціль A_i більш важлива. Величина

$$K_i = \frac{Z_i}{\sum_{i=1}^n Z_i} \quad (i = \overline{1, n})$$

буде коефіцієнтом важливості мети A_i , оскільки в чисельнику стоїть загальна кількість «голосів», поданих за важливість мети A_i , а в знаменнику — загальне число голосів.

ВИМІРЮВАННЯ ПЕРЕВАГ РІШЕНЬ

Для здійснення вибору найкращого рішення необхідно дати оцінку перевагам альтернативних варіантів рішень. Вимірювання переваг є відображенням рішень на числову вісь. Це відображення здійснюється функцією переваги

$$f(Y_i, S_j, A_k),$$

яка визначає перевагу рішення Y_i в ситуації S_j для досягнення мети A_k . Функція переваги описує комплексну оцінку позитивних і негативних наслідків рішення та характеризує їхню ефективність і якість.

Для забезпечення комплексної оцінки переваг рішень необхідно сформулювати повну множину цілей і конкретизувати їх шляхом призначення показників ступеня їх досягнення. Принцип комплексної оцінки рішень вимагає урахування всіх істотних напрямків і факторів: економічних, політичних, соціальних, технічних, екологічних та ін.

Для побудови функції переваги рішень необхідно виміряти перевагу рішень за кожним показником досягнення цілей для кожної ситуації. Після оцінки переваги рішень за кожним показником і оцінки ситуації необхідно дати інтегральну оцінку, тобто побудувати функцію переваги. З характеру відношення переваги можна зробити висновок про можливість вибору рішення, тобто про вид функції вибору.

Нехай існує відношення переваги R , тоді найкращим вважається таке рішення, яке має найбільшу перевагу щодо будь-якого іншого рішення у всій множині рішень. Уведемо функцію вибору $CR(Y)$, що відображає вихідну множину рішень на підмножину кращих рішень. Виникає задача побудови відношень переваги за спостереженням значень функції вибору. Для того щоб існували найкращі рішення, відношення переваги R має бути повним (лінійним) нестрогим порядком. Якщо ж відношення переваги є нелінійним нестрогим порядком, то єдиного найкращого рішення може не існувати. Оскільки в реальній ситуації необхідно вибрати одне рішення, то для цього потрібно перетворити відношення переваги R у лінійний строгий порядок (строге ранжування). Для цього необхідна інформація про ступінь важливості показників у випадку нелінійного нестроного порядку і про відмінність еквівалентних варіантів рішень у випадку лінійного нестроного порядку.

ФОРМУВАННЯ Й ОЦІНКА РІШЕНЬ

Аналіз проблемної ситуації, формування цілей і обмежень, створення динамічної моделі РС дозволяють приступити до безпосередньої розробки альтернативних варіантів рішень. Насамперед необхідно визначити можливу область рішень, їхній характер: організаційний, технічний, технологічний, економічний і т.д.

Одночасно визначаються і вимоги до експертів для формування рішень [5]. Визначивши область можливих рішень, потрібно визначити, який тип рішень раціонально використовувати. Умовну множину рішень можна роз-

ділити на три типи: стандартні, удосконалення й оригінальні рішення. Для вибору рішень природно використати прецеденти. Наявність банку даних з типовими проблемними ситуаціями забезпечує ОПР стандартними оптимальними рішеннями. Однак найбільша кількість рішень належить до іншого типу — удосконалення, тобто до визначеної видозміни відомих варіантів рішень. При розробці оригінальних рішень застосовується один з видів експертної оцінки — метод генерування ідей, в основі якого лежить спроба висунення якомога більшої кількості різних нових ідей вирішення проблеми для наступного їхнього аналізу. Щоб забезпечити очікувану впевненість у ступені повноти множини варіантів доцільно сформулювати два крайніх варіанти рішень: ідеальне (найкраще) і найгірше (без урахування можливостей їхньої реалізації). Далі варто сформулювати альтернативні варіанти, розташовані між «крайніми». Після формування альтернативних варіантів рішень необхідно приступити до оцінки переваг кожного з них.

Спочатку доцільно зробити якісний опис очікуваних переваг і недоліків альтернатив. Потім — оцінити ймовірності реалізації рішень, для чого варто визначити види й обсяги ресурсів, необхідних для здійснення рішення. Очікуваний ефект — ступінь досягнення поставлених цілей і можливість їх реалізації. Ці результати записують в таблиці зі стовпцями — показниками витрат ресурсів, ступеня досягнення мети і можливості реалізації, і рядками — варіантами рішень. Потім роблять порівняльну оцінку переваг рішень щодо досягнення цілей у кожній ситуації.

СТРУКТУРИЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

У процесі аналізу проблемної ситуації, формування гіпотез, цілей, обмежень, варіантів рішень визначаються основні елементи задачі прийняття рішень. Вимірювання характеристик елементів задачі (ймовірностей гіпотез, пріоритетів, критеріїв, показників ступеня досягнення цілей, переваг рішень) зменшує невизначеність і забезпечує умови для об'єктивного вибору оптимального рішення.

У залежності від наявності чи відсутності гіпотез, кількості цілей, ситуацій, індивідуального чи групового ОПР розрізняються типи задач прийняття рішень.

1. Найпростіший — задача, у якій індивідуальний ОПР формулює одну мету з одним показником та існує одна ситуація (відсутня гіпотеза).
2. На відміну від попереднього існує кілька гіпотез.
3. Існує кілька цілей і одна ситуація. Рішення приймається однією особою.
4. На відміну від попереднього існує кілька цілей і кілька ситуацій.

Для групового ОПР розрізняються такі типи задач прийняття рішень:

1. Одна мета і одна ситуація.
2. Одна мета і кілька ситуацій.
3. Кілька цілей і одна ситуація.
4. Кілька ситуацій і цілей.

У всіх типах задач має бути множина альтернативних варіантів рішень. Отримана в процесі структуризації задачі і підготовки рішення різнобічна інформація має бути упорядкована і представлена у формі, зручній для про-

ведення вибору рішення. Це таблиця, у якій наводяться цілі A_q , варіанти рішень Y_i , значення функції переваги $f_i(f_{ij})$ щодо досягнення кількості цілей відповідного типу задачі, гіпотетичні ситуації S_j (гіпотези), ймовірності ситуацій p_j . Вимірювання переваг може бути здійснене у порядковій шкалі (f_i, f_{ij} — ранги) або у кількісній (f_i, f_{ij} — числа, що визначають ступінь досягнення мети і дозволяють визначити, наскільки чи в скільки разів одне рішення краще від іншого).

Вибір рішення є заключним і найбільш відповідальним етапом. На цьому етапі все ще зберігається велика невизначеність інформації, обумовлена наявністю багатьох ситуацій і цілей. У зв'язку з цим використовується принцип послідовного зменшення невизначеності та звуження множини рішень, що проводиться за стадіями. На першій стадії вихідна множина альтернативних рішень Y_i звужується до множини допустимих рішень $Y_D \subseteq Y_i$. На другій — множина допустимих рішень звужується до множини ефективних рішень $Y_E \subseteq Y_D$. Нарешті, на третій — здійснюється вибір єдиного рішення Y^* з множини ефективних рішень

$$Y^* \subseteq Y_E.$$

Множина альтернативних рішень звужується до множини припустимих рішень на основі урахування обмежень, оскільки прийнятними (допустимими) називаються рішення, які задовольняють наявній множині обмежень. Така процедура звуження може виконуватися логічно або формально і на практиці починає здійснюватися ще на етапі формування вихідної множини Y_i .

Звуження множини Y_n до множини ефективних рішень Y_E здійснюється на основі аналізу переваг. Рішення називається ефективним, якщо не існує кращого. Множину ефективних рішень називають також множиною Парето, множиною не домінуючих рішень [6]. Усі ці рішення не порівняні між собою. Якщо на множині показників досягнення цілей переваги рішень можуть бути виміряні в якісній чи кількісній формі, то визначення множини ефективних рішень Y_E може бути формалізовано.

Визначення єдиного оптимального рішення Y^* з множини Y_E в силу непорівнянності цих рішень може бути здійснене тільки із залученням додаткової інформації. Це можуть бути результати досліджень операцій (задача математичного моделювання і методи оптимізації), експериментів, аналізу документації, експертних опитувань, моніторингу і т.д. В узагальненій формі вся додаткова інформація може бути зведена до визначення вагових коефіцієнтів важливості цілей (показників) і членів групового ОПР. Наявність таких відносних ваг важливості дозволяє використовувати математичні методи й обчислювальну техніку для визначення єдиного оптимального рішення. Якщо додаткову інформацію в явній формі одержати не можна, то ОПР проводить неформальний аналіз множини Y_E і визначає оптимальне рішення, співвідносячи важливість цілей та різних позитивних і негативних наслідків рішень.

Подальша структуризація задачі ухвалення рішення впливає з постановки задачі.

Нехай у результаті аналізу ОПР розглядає існування декількох ситуацій $S = (S_1, \dots, S_n)$ з ймовірностями їхньої появи $p = (p_1, \dots, p_n)$ і множини допустимих рішень $Y_D = (Y_1, \dots, Y_m)$.

Виконаємо вимірювання переваг рішень на множині ситуацій.

$$f(Y_i, S_j) = f_{ij} \quad (i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}).$$

Наявність невизначеності вибору оптимального рішення породжує два шляхи її усунення:

1. Для кожної ситуації визначається своє оптимальне рішення. Цей шлях можливий, тільки якщо очікується поява конкретної ситуації. Наприклад, інструкції про заходи аварійної ситуації технічній системі, якими встановлюється порядок та спосіб її уникнення, обов'язки і дії працівників у разі виникнення аварійної ситуації і т. ін.

2. Рішення приймається до одержання інформації про можливу ситуацію. У цьому випадку необхідне урахування впливу всіх ситуацій на вибір оптимального рішення. Існують три види способів урахування цього впливу або стратегії дії ОПР: обережна (песимістична), оптимістична і раціональна. Кожному видові стратегії ставиться у відповідність сукупність критеріїв вибору оптимального рішення. Критерій вибору оптимального рішення і ціль розв'язання проблеми перебувають у визначеній відповідності. Ціль обумовлює бажаний результат, а стратегія вибору — характер поведінки ОПР при досягненні мети. Критерій вибору — це конкретизація стратегії. Тієї ж самої цілі можна досягти, діючи і обережно, і ризиковано, і раціонально.

Нехай кожному рішенню Y_i відповідає чисельний коефіцієнт важливості рішення B_i . Тоді вибір оптимального рішення запишеться у вигляді операції

$$Y^* \rightarrow \underset{B_i}{\text{extremum}}(B_1, \dots, B_m).$$

Якщо більше значення коефіцієнта важливості B_i відповідає кращому рішенню, то операція знаходження екстремуму відповідає знаходженню максимуму

$$Y^* \rightarrow \max_{B_i}(B_1, \dots, B_m),$$

у протилежному випадку — мінімуму

$$Y^* \rightarrow \min_{B_i}(B_1, \dots, B_m).$$

До критеріїв обережної стратегії поведінки належить критерій песимізму. Він не вимагає знання ймовірності ситуацій і використовується у випадках, коли ці ймовірності невідомі. Як коефіцієнт важливості i -го рішення вибирається найгірше значення функції переваги для всіх ситуацій. Якщо її найкращому значенню зіставити найбільше число, то найгірше значення переваги буде найменшим, а коефіцієнт важливості рішень буде обчислюватися за співвідношенням

$$B_i = \min_j f_{ij} \quad (i = \overline{1, m}),$$

тобто для i -го рішення вибирається для всіх ситуацій j найменше значення функції переваги. Тоді правило знаходження оптимального рішення за критерієм песимізму матиме вигляд

$$Y^* \rightarrow \max_i \min_j f_{ij}.$$

Цей критерій ще називається максимінним. При вимірюванні переваг у порядковій шкалі найгірша перевага для всіх ситуацій відповідає максимальному значенню функції переваги. У цьому випадку

$$Y^* \rightarrow \min_i \max_j f_{ij},$$

де f_{ij} — ранг i -го рішення в j -й ситуації.

Критерій оптимізму відповідає стратегії «розраховуй на кращий випадок». Коефіцієнти рішень визначаються як найкращі оцінки переваг для всіх ситуацій. У випадках кількісних шкал $Y^* \rightarrow \max_i \max_j f_{ij}$, порядкових —

$$Y^* \rightarrow \min_i \min_j f_{ij}.$$

Значення ймовірностей ситуацій при такому критерії можна не враховувати. В цьому полягає його позитивна властивість.

Критерій максимуму середнього виграшу конкретизує раціональну стратегію поведінки ОПР. Коефіцієнти важливості рішень являють собою середній виграш, який одержується при кожному рішенні для всіх ситуацій. Якщо переваги рішень на множині ситуацій вимірюються в інтервальній шкалі (або шкалі відношень), то середній виграш кожного рішення B_i обчислюється як математичне чекання виграшу

$$B_i = \sum_{k=1}^n p_k f_{ik} \quad (i = \overline{1, m}),$$

де p_k — ймовірність k -ї ситуації; f_{ik} — значення функції переваги, яка оцінює i -те рішення в k -й ситуації.

Вимірювання функції переваги здійснюється методами ранжування або парного порівняння. При кожній k -й ситуації результати оцінки переваг записуються в матрицю парних порівнянь рангів рішення

$$|X_{ij}^k|, \quad X_{ij} = \begin{cases} 1, & f(Y_i) \leq f(Y_j) \\ 0, & f(Y_i) > f(Y_j) \end{cases} \quad (i, j = \overline{1, m}).$$

Сукупність таких матриць розглядається як точки в просторі ранжованих рішень. Елементи середньої матриці вибираються за правилом

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & p_k x_{ij} \geq 1/2, \\ 0, & p_k x_{ij} < 1/2. \end{cases}$$

Вони забезпечують мінімальну віддаленість у просторі ранжировок $|y_{ij}|$ від матриць парних порівнянь $|x_{ij}|$ рангів рішень для усіх ймовірних ситуацій. Коефіцієнт середнього виграшу

$$B_i = \frac{\sum_{j=1}^m y_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m y_{ij}} \quad (i = \overline{1, m}). \quad (1)$$

Оптимальне рішення вибирається за максимумом B_i .

Критерій песимізму-оптимізму (Гурвіца) також репрезентує раціональну стратегію вибору рішень, але не вимагає знання ймовірностей ситуацій. Він являє собою зважену комбінацію критеріїв песимізму й оптимізму.

$$Y^* \rightarrow \max [h \min f_{ij} + (1 - h) \max f_{ij}],$$

де h — коефіцієнт ваги песимізму, $0 \leq h \leq 1$. При $h = 0$ — це критерій оптимізму, відповідно при $h = 1$ — песимізму. Вираз у квадратних дужках — коефіцієнт рішення. Коефіцієнт h вибирається ОПР.

Коли вимірювання переваг виконується в порядковій шкалі і f_{ij} являють собою ранги, тоді використання критерію Гурвіца здійснюється за таким алгоритмом:

1. Визначаються коефіцієнти важливості рішень для критерію песимізму і їх ранжування.
2. Обчислюються коефіцієнти важливості рішень для критерію оптимізму і їх ранжування.
3. Ці два ранжування перетворюються в матриці парних порівнянь.
4. Складаються матриці, отримані в результаті множення на коефіцієнти h і $(1-h)$.
5. Визначаються елементи середньої матриці

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, hX_{ij}^{(1)} + (1-h)X_{ij}^{(2)} \geq 1/2, \\ 0, hX_{ij}^{(1)} + (1-h)X_{ij}^{(2)} < 1/2. \end{cases}$$

6. Обчислюються за формулою (1) коефіцієнти важливості рішень для критерію Гурвіца B_i .
7. Визначається оптимальне рішення шляхом знаходження максимального значення коефіцієнта важливості. Його номер відповідає номеру оптимального рішення.

В області групового вибору основна увага приділяється проблемам раціонального вибору, а напрямок досліджень пов'язується не з тим, як слід проводити процес вибору, а з тим, яким вимогам і властивостям має відповідати результат урівноваження індивідуальних переваг в груповій перевазі. Такий підхід дозволяє підійти до проблеми групового вибору, включивши в неї багатокритеріальний вибір, обробку результатів експертних оцінок, об-

робку емпіричних даних з метою проведення групування, класифікації і виділення певних факторів.

Постановка задачі групового вибору формулюється в такий спосіб.

Для рішення проблемної ситуації запропоновано низку варіантів рішень $Y = (Y_1, \dots, Y_m)$. Група, що приймає рішення, складається з d членів. Кожен член може вибирати рішення з множини Y_i у відповідності зі своїми перевагами. Оцінка рішень групою являє собою вектор переваг $f = (f_1, \dots, f_d)$. Для утворення єдиної групової переваги

$$F = F(f_1, \dots, f_d)$$

необхідно погодити індивідуальні переваги. Це погодження виконується на основі принципу групового вибору, який визначає правила узгодження і вибору оптимального рішення, тобто є критерієм вибору. Найбільш розповсюджені принципи: мажоритарний, диктатора, Курно, Парето, Еджворта [7, 8].

ЛІТЕРАТУРА

1. *Трухаев Р.И.* Модели принятия решений в условиях неопределенности. — М.: Наука, 1981. — 257 с.
2. *Блюмин С.Л.* Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. — Липецк: ЛЭГИ, 2001. — 140 с.
3. *Чумаков В.В., Чумаков И.В.* Принятие решений в условиях объективной и субъективной неопределенности. — М.: ВЦ АН СССР, 1991. — 36 с.
4. *Ларичев О.И.* Объективные модели и субъективные решения. — М.: Наука, 1987. — 142 с.
5. *Арапов С.М., Арапова И.П.* Элементы оценки экспертных решений. — Вінниця: Вінницький держ. техн. ун-т, 2000. — 38с.
6. *Райфа Х.* Анализ решений: Введение в проблему выбора в условиях неопределенности. — М.: Наука, 1977. — 407 с.
7. *Кини Р.Л., Райфа Х.* Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. — М.: Радио и связь, 1981. — 560 с.
8. *Воробьев С.А., Марьин С.А., Пономаренко О.С.* Теория принятия решений. Классические подходы. — Харьков: ХТУРЕ, 2000. — 194 с.

Надійшла 25.06.2003