

УДК 519.816

**В. В. Циганок**

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України  
вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

## Проблема розподілу ресурсів як розширення можливостей систем підтримки прийняття рішень

*Запропоновано метод розв'язання задачі розподілу ресурсів із застосуванням систем підтримки прийняття рішень. Задача після дискретизації вирішується за допомогою модифікованого генетичного алгоритму. Метод реалізовано для практичного застосування в складі системи підтримки прийняття рішень «Солон-3».*

**Ключові слова:** системи підтримки прийняття рішень, розподіл ресурсів, генетичний алгоритм.

Під системами підтримки прийняття рішень (СППР) у рамках даної роботи будемо розуміти інтелектуальні комп'ютерні системи, що служать для видачі рекомендацій особам, що приймають рішення (ОПР) в слабо структурованих предметних областях. Прикладами таких слабо структурованих областей є планування наукових досліджень, проблеми конкурсного відбору проектів, створення політики відбору статей у журнали та ін. На противагу до добре структурованих предметних областей, до яких можна віднести типові задачі дослідження операцій: вибір та оцінювання елементів технічних рішень, складання плану постачання підприємств, розрахунок радіоактивного зараження місцевості та ін. у слабо структурованих областях ми не можемо побудувати адекватну модель будь-яким способом, окрім як звернувшись до експерта та з'ясувавши його переваги стосовно варіантів розвитку подій, стосовно рівня впливів тих чи інших факторів тощо. Тобто, в СППР передбачається отримання знань від експертів у заданій предметній області.

Слід наголосити, що ми маємо справу із СППР загального призначення, коли галузь їхнього застосування залежить лише від конкретного наповнення СППР експертними знаннями, які отримують у вигляді як кількісних, так і якісних оцінок, звертаючись до експертів.

Модель предметної області в зазначених СППР будується шляхом послідовної декомпозиції головної цілі проблеми на більш прості складові, аж до конкретних проектів, або варіантів рішень. Усі ці складові пов'язані між собою в мережній структурі. Фактично, такі мережні структури являють собою бази знань (БЗ), в яких накопичуються знання експертів стосовно кожної конкретної предметної області. Ці набори даних називаємо саме таким чином, оскільки вони повністю відповідають означенню БЗ, а саме: БЗ — це база даних особливого типу, що призначена для управління знаннями (метаданими), тобто для їхнього збору, зберігання, пошуку та видачі. Під БЗ розуміють сукуп-

ність фактів і правил виводу, що допускають логічний висновок і осмислену обробку інформації.

Саме такими є основні властивості, що вирізняють СППР серед інших інтелектуальних систем. Функціональну модель такої СППР можна відобразити у вигляді схеми, як показано на рис. 1.

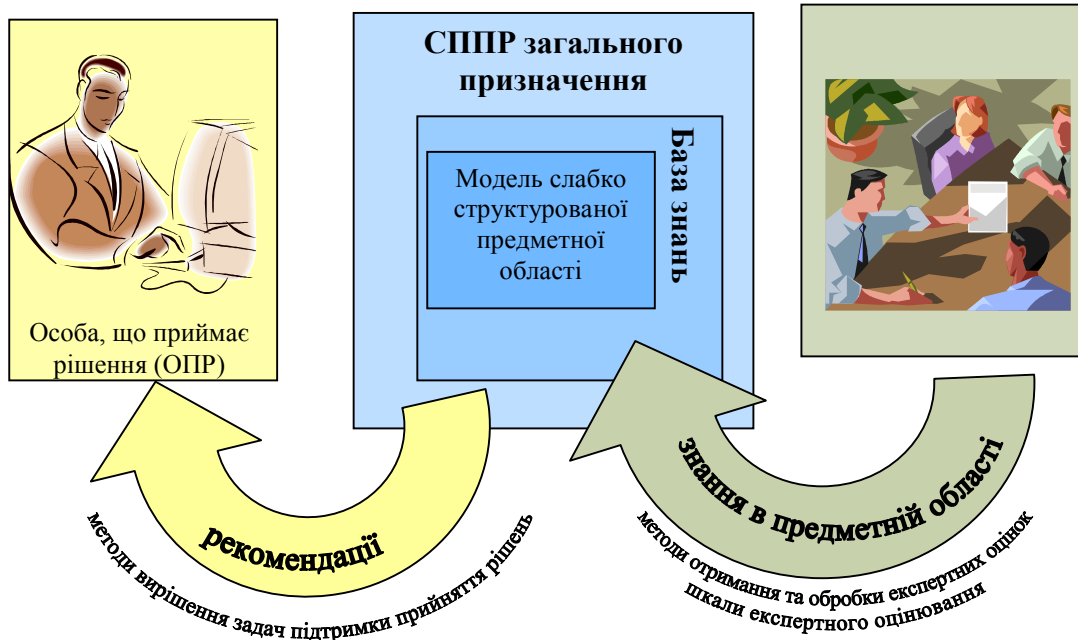


Рис. 1. Функціональна модель СППР загального призначення

Однією із задач, що можуть вирішуватися за допомогою СППР є розподіл обмежених ресурсів між проектами. Зазначимо, що навіть у найбільших організацій ресурси завжди обмежені. Керівництво повинне вирішити, як розподілити матеріали, людські ресурси і фінанси між різними групами, щоб найефективнішим чином досягти цілей організації. Виділити велику частку ресурсів якомусь одному керівнику, підлеглому або групі означає, що інші одержать меншу частку від загальної кількості. Таким чином, необхідність ділити ресурси майже неминуче веде до різних видів конфлікту.

Ця задача є актуальною, і на сьогодні має широке практичне застосування, наприклад, при підтримці рішень з ефективного розподілу фінансування проектів, для складання бюджетів різних рівнів тощо.

Задачі оптимального розподілу ресурсів зазвичай вирішуються із застосуванням різних методів математичного програмування. Розв'язання ж даної задачі в рамках згаданих вище СППР має наступні особливості:

— у слабо структурованих областях цільова функція зазвичай не може бути представлена аналітично, існує тільки її алгоритмічне представлення (наприклад, такою функцією може бути ступінь досягнення головної цілі проблеми);

— у багатьох реальних моделях предметних областей цільова функція не є лінійною;

— оскільки вхідними даними для побудови моделі є суб'єктивні експертні оцінки, які не є досить строгими і точними, то вимоги до точності визначення розподілу ресурсів є теж не високими (іншими словами, часто для ОПР достатньо мати не оптимальний, але досить хороший варіант рішення).

Раніше в [1] було запропоновано метод вирішення даної задачі для моделей предметних областей з лінійною цільовою функцією. В цьому випадку задача зводилася до задачі лінійного програмування та вирішувалася за допомогою симплекс-методу. Але, оскільки реальні моделі в більшості мають складнішу структуру (в ієрархії цілей є зворотні зв'язки між цілями різних рівнів ієрархії, функції ступеню досягнення цілей можуть бути не тільки лінійними, але й пороговими) і, як наслідок, цільова функція в таких випадках має нелінійний характер, тому постала задача в іншій, наступній постановці.

Дано:

- 1) множина проектів  $P = \{P_i\}, i = \overline{(1, n)}$ ;
- 2) для кожного проекту  $P_i$  задається функція залежності  $S_i = f(R_i)$  ступеню його виконання  $S_i$  від величини фінансування  $R_i$ ;
- 3) алгоритм підрахунку ступеню досягнення головної цілі програми, що відповідає вектору  $\overline{S}$  ступенів виконання проектів:  $E(\overline{S})$ .

Знайти: вектор  $\overline{R}_x$ , при якому  $E(\overline{S}_x) \rightarrow \max$ , при обмеженні  $\sum_{i=1}^n R_i \leq R_T$ , де  $R_T$  — загальний об'єм фінансування програми.

Як модель проекту в задачі, що розглядається, пропонується вибрати просту кусково-безперервну функцію, вигляд якої зображено на рис. 2.

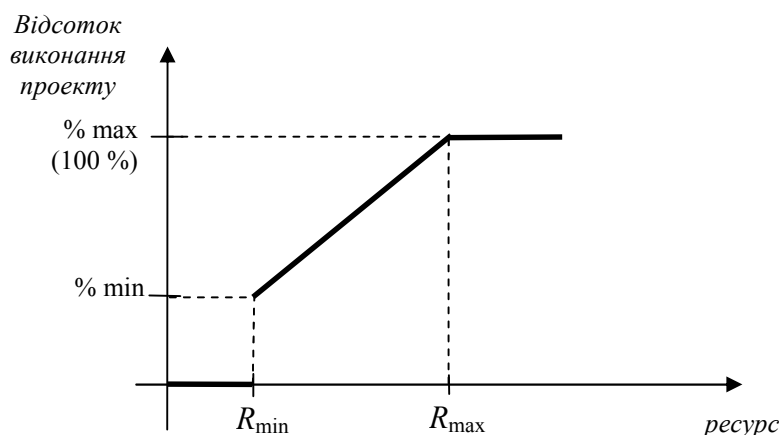


Рис. 2. Функція залежності виконання проекту від фінансування

На осі *ресурс* позначка  $R_{\max}$  — це величина ресурсу, яка потрібна для повного виконання проекту,  $R_{\min}$  — мінімальна кількість ресурсів, що необхідна для виконання проекту на деяку не нульову величину у відсотках (% min).

Порівняно з лінійною функцією, даний вид функції більш реалістично відображує складну природу проекту, адже при її застосуванні виключається розгляд варіантів розподілу на проект ресурсів, яких є недостатньо навіть, щоб розпочати реалізацію проекту. В подальшому, за необхідності, можна вибрати більш складну функцію, яка буде адекватніше відображувати поведінку кожного конкретного проекту.

З точки зору практичного застосування методу доцільно перейти від пошуку рішення в безперервній шкалі до пошуку в дискретній області. Для цього пропонується, як вхідні дані для алгоритму, задавати точність розподілу ресурсів. Ця величина фактично представляє собою деяку одиницю дискретизації ресурсу.

У зв'язку із зазначеними вище особливостями, для вирішення даної задачі підходить застосування еволюційних методів, які по суті представляють собою варіанти цілеспрямованого випадкового пошуку.

Серед еволюційних методів пропонується для використання вибрати модифікацію генетичного алгоритму (ГА) вперше запропонованого Холландом [2]. ГА — це алгоритм, який дозволяє знайти задовільне рішення до аналітично нерозв'язних або складно-нерозв'язних проблем шляхом послідовного підбору та комбінування шуканих параметрів з використанням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію.

ГА оперують сукупністю особин (популяцією), які представляють собою рядки, кожний з яких кодує один із розв'язків задачі. Цим ГА відрізняється від більшості інших алгоритмів оптимізації, які оперують лише з одним варіантом розв'язку, покращуючи його. За допомогою функції пристосованості серед усіх особин популяції виділяють:

— найбільш пристосовані (більш підходящі відповідні розв'язки/рішення), які отримують можливість схрещуватись і давати потомство;

— найгірші (погані рішення), які видаляються з популяції і не дають потомства.

Таким чином, пристосованість нового покоління в середньому вища ніж попереднього.

Як відомо, універсальність ГА полягає в тому, що від конкретної задачі залежать тільки такі параметри, як функція пристосованості та кодування розв'язків. Інші кроки для всіх задач здійснюються однаково. Тому зупинимось на цих параметрах задачі розподілу ресурсів.

В якості функції пристосованості для даного типу СППР розглядається функція ступеню досягнення головної цілі прикладної проблеми при заданих рівнях виконання проектів [3]. Ця функція вже реалізована і застосовується в багатьох функціональних режимах СППР, тому вона на разі не потребує повторної реалізації і може бути використана як функція пристосованості ГА.

Зупинимось докладніше на кодуванні розв'язків (рішень) даної задачі. На початку, заданий для подальшого розподілу між проектами ресурс  $R_T$  підлягає дискретизації, тобто поділу на елементарні (неподільні) частки. Величина одиниці дискретизації ресурсу задається користувачем. Ця процедура є не тільки допустимою, але й доцільною, оскільки на практиці потрібен результат розподілу ресурсів з деякою точністю і, якщо вибрана точність надмірно висока, то результати потрібно заокруглювати до потрібних меж. Варіантом рішення в цій постановці задачі є вектор, кожний елемент якого — це кількість елементарних часток ресурсу, що виділяється відповідному проекту.

Для того, щоб зробити розрахунок пристосованості особин, — знайти значення функції ступеню досягнення головної цілі прикладної проблеми, — потрібно попередньо розрахувати ступінь виконання кожного проекту при визначеному фінансуванні. Тобто, для проекту, що відповідає елементу вектора рішення, відповідно до моделюючої функції, вигляд якої зображено на рис. 2, потрібно знайти ступінь його виконання. Параметри функції залежності виконання проекту від фінансування для кожного проекту вводяться користувачем. Передбачається, що ці дані (а саме: кількість ресурсів, що необхідна для повного виконання проекту, мінімально доцільна кількість ресурсів для проекту та ймовірний відсоток виконання проекту при цьому) отримуються користувачем СППР від осіб — розробників бізнес-планів проектів.

Деяку складність при реалізації та використанні вибраного методу представляють підбір операторів і параметрів ГА. Для даної реалізації були використані наступні оператори ГА: турнірний відбір із двох особин, одноточковий кросовер, мутація та елітизм.

За замовчуванням пропонується використовувати такі вхідні параметри: кількість особин в популяції — 50; ймовірність мутації — 0,05; параметр завершення ГА — кількість поколінь з однаковим результатом — 50. Передбачена можливість зміни цих параметрів шляхом підбору більш підходящих з метою ефективного отримання результату для заданої БЗ.

Даний метод реалізовано у вигляді комп'ютерної програми, протестовано та включено як додаток до СППР «Солон-3» [4]. Особливостями задач, що вирішуються за допомогою даної СППР є:

- неможливість сформулювати загальний набір критеріїв для групи оцінюваних проектів (варіантів рішень);
- необхідність оцінювати ефективність проектів (варіантів рішень) у динаміці, тобто на деякому визначеному проміжку часу;
- необхідність оцінювати складні проекти, що складаються з пов'язаних між собою проектів.

Далі на рис. 3 представлено екранну форму СППР для роботи з БЗ описаного вище типу.

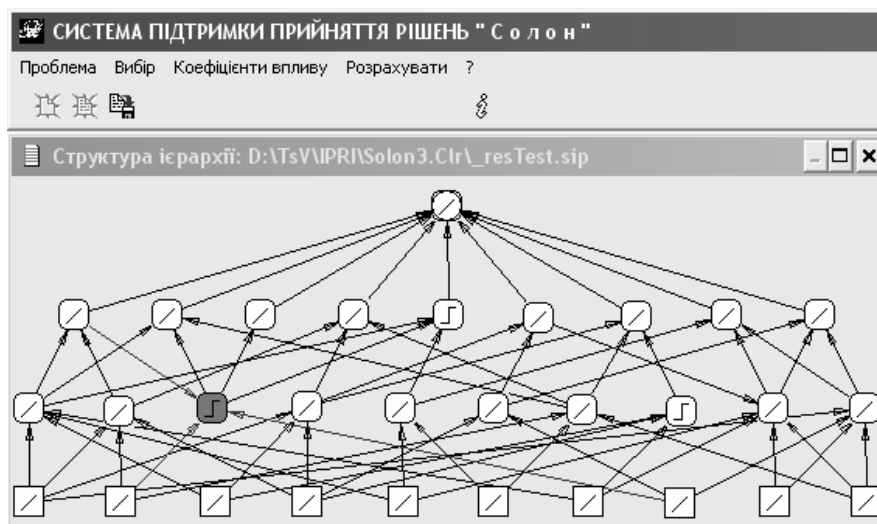


Рис. 3. Екранна форма СППР «Солон-3» з вікном графічного зображення структури ієрархії цілей зі зворотними зв'язками та пороговими цілями

На графічному зображенні структури БЗ можна побачити наявність зворотних зв'язків (тобто дуг, що виходять з вищих рівнів ієрархічної структури на нижчі рівні), також видно наявність порогових цілей (відповідні їм вершини позначені характерним знаком).

На рис. 4 показано діалогове вікно розрахунку розподілу ресурсів, де вводиться загальна кількість і точність розподілу ресурсів, а також за кожним із проектів вводяться мінімально та максимально необхідна кількість ресурсів і відсоток виконання проекту в кожній ситуації. Введення значення точності програмно контролюється та обмежується знизу залежно від уведеної загальної кількості ресурсів з метою недопущення ситуацій надмірного зростання розмірності задачі. Кнопка «Змінити параметри алгоритму» служить для відображення діалогу коригування вхідних параметрів ГА. В правій колонці таблиці після розрахунків відображається рекомендована кількість ресурсів для виділення кожному проекту.

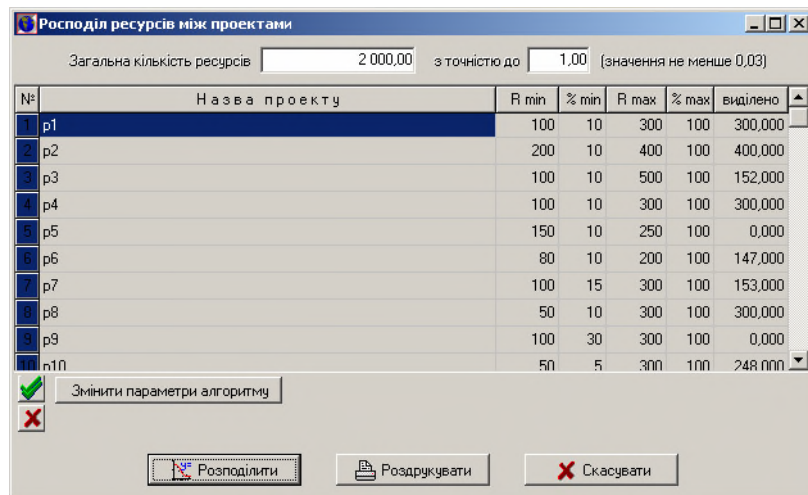


Рис. 4. Екранна форма діалогового вікна СППР «Солон-3» для введення вхідних даних і відображення результатів розрахунків розподілу ресурсів

Як можна побачити з відображеної в екранній формі таблиці, ресурс, якщо його пропонується виділити для проекту, є не меншим ніж  $R_{\min}$  і не перевищує  $R_{\max}$ . Окрім того, значення запропонованих для виділення ресурсів є кратними введеній точності (одиниці дискретизації ресурсу).

## Висновки

1. Вирішено задачу розподілу обмежених ресурсів між проектами з використанням СППР загального призначення.
2. Розроблений метод реалізовано в СППР «Солон-3» та перевірено на реальних прикладах БЗ.
3. Потрібний час для розрахунків на сучасних ПЕОМ є прийнятним для практичного вирішення задачі розподілу ресурсів.
4. Результати роботи методу при коректному налаштуванні його параметрів співпадають з результатами прямого перебору, що перевірено на прикладах з обмеженою кількістю проектів і при незначній кількості заданих елементарних одиниць у загальному обсязі ресурсів.

1. Сигал Т.Г. Алгоритм розподілу ресурсів між проектами при пороговій функції ступеню виконання проекту / Т.Г. Сигал // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2008. — Т. 10, № 2. — С. 128–133.

2. Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems / J.H. Holland. — University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.

3. Тоценко В.Г. Об одном подходе к поддержке принятия решений при планировании исследований и развития. Часть 2. Метод целевого динамического оценивания альтернатив / В.Г. Тоценко // Проблемы управления и информатики. — 2001. — № 2. — С. 127–139.

4. Тоценко В.Г. Комп'ютерна програма «Система підтримки прийняття рішень «СОЛОН-3» (СППР СОЛОН-3) / В.Г. Тоценко, П.Т. Качанов, В.В. Циганок // Свідоцтво про державну реєстрацію авторського права на твір № 8669. — Міністерство освіти і науки України державний департамент інтелектуальної власності. Зареєстровано 31.10.2003.

Надійшла до редакції 11.05.2010