

УДК 004.92:331.108.26

ПРО ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЦІЛЬОВОЇ ФУНКЦІЇ В ЗАДАЧІ РОЗПОДІЛУ РОБІТ МІЖ УЧАСНИКАМИ ПРОЕКТНИХ КОМАНД

Єгорова О.В., Онищенко О.І.

Черкаський державний технологічний університет

У статті розглядається задача розподілу робіт між учасниками проектних команд. Розроблено математичну модель розподілу робіт між учасниками проектних команд з урахуванням компетентності виконавців. Вдосконалено та адаптовано до розв'язання задачі розподілу робіт між учасниками проектних команд багатofакторний композиційний метод спрямованої оптимізації. Розглянуто структурні особливості та конструктивні елементи багатofакторного композиційного методу спрямованої оптимізації. Розроблена модель та вдосконалений метод складають методологічну базу для оптимізації процесів прийняття рішень при управлінні проектами.

Ключові слова: розподіл робіт, цільова функція, еволюційні алгоритми.

Постановка проблеми. Розподіл робіт між виконавцями є задачею дискретної оптимізації. Від правильного розв'язання цієї задачі залежить вдале виконання проекту. Основним завданням розподілу є така розстановка кадрів, що забезпечить якісне, вчасне та прийнятне за витратами виконання робіт проекту. В більшості випадків, керівник проектної організації здійснює розподіл робіт за проектами між виконавцями на основі власного досвіду та з урахуванням побажань виконавців, що призводить до порушення строків реалізації проекту та витрат ресурсів. Це пояснюється тим, що складність і комплексність завдань з управління реалізацією проектів потребує наявності у команди проекту комбінації взаємодоповнюючих навичок трьох категорій: технічних і функціональних; вирішення проблем і прийняття рішень; міжособистісного спілкування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових джерел, запропонованих в них моделей та методів, свідчить про те, що розподіл робіт між виконавцями може здійснюватися на базі одного з трьох підходів:

- використання моделей і методів математичного програмування;
- використання методів експертного оцінювання;
- з використанням конкурсних процедур.

Спектр математичних моделей і методів розподілу робіт між учасниками проектних команд досить широкий і визначається специфікою розв'язуваної задачі. Так, в роботі [1] розглядається задача призначення персоналу підприємства на посади з цільовою функцією максимізації виробничої доцільності. В роботі [2] задачу призначення виконавців технічного обслуговування повітряних суден декомпонують на дві задачі: задачу побудови допустимих послідовностей робіт для кожного виконавця та задачу призначення виконавців для виконання послідовностей робіт. В роботах [3; 4] в основу розподілу завдань між виконавцями покладено критерій мінімізації сумарних витрат на виконання робіт. В роботі [5] пропонують призначати виконавців робіт з мінімізацією нестачі знань виконавців по проектах.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Аналіз математичних моделей розподілу робіт між учасниками проектних команд свідчить, що більшість наукових результатів абстраговані від компетентності

виконавців. При побудові цільової функції математичної моделі розподілу робіт, як правило, не враховується важливість наявності певного знання для реалізації проекту, а величина витрат ресурсів не залежить від рівня професійної підготовки виконавця. Очевидно, що забезпечення належної якості виконання проекту у межах визначеного часу і витрат ресурсів можливе за умови достатньої професійної підготовки виконавців.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є розробка математичної моделі розподілу робіт між учасниками проектних команд з урахуванням компетентності виконавців та адаптація до розв'язання відповідної задачі багатofакторного композиційного методу спрямованої оптимізації, що дозволить підвищити ефективність процесів підтримки прийняття рішень при управлінні проектами.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо таку практичну інтерпретацію задачі про розподіл робіт між виконавцями. Організація, діяльність якої спрямована на розробку програмного забезпечення, протягом планового періоду повинна реалізувати n ІТ-проектів. Штат потенційних учасників проектних команд компанії налічує k виконавців. Реалізація кожного проекту передбачає виконання проектних робіт обсягом M_i , $i = \overline{1, n}$, декількох видів m_{ij} , $j = \overline{1, r}$. Кожна робота проекту m_{ij} характеризується витратами ресурсів T_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, r}$, на її виконання. Величина витрат ресурсів залежить від компетентності виконавця. Керівникові ІТ-компанії необхідно визначити скільки робіт, якого виду та в якому проекті необхідно виконати кожному виконавцю при заданій кількості проектів, робіт і витрат ресурсів.

На початковому етапі побудови математичної моделі введемо змінну x_{sij} – обсяг робіт j -го виду в i -му проекті, який має виконати s виконавців, $s = \overline{1, k}$. Для кожної групи робіт j -го виду в i -му проекті виділимо g , $d = \overline{1, g}$, груп знань (галузей знань, навичок та ін.), які необхідні працівникам для їх виконання. В середині кожної d -ї групи виділимо p_g конкретних знань.

Необхідність наявності p -го знання g -ї групи для виконання j -го виду робіт в i -му проекті позначимо коефіцієнтом $W_{jps} \in [0, 1]$. Рівень професійної підготовленості виконавців позначимо коефіцієнтом $A_{jps} \in [0, 1]$. Оцінку знань виконавців проектних робіт здійснюємо на основі адаптивної

технології [6]. Для зручності використовуємо шаблони, де вказуються рівні знань, які необхідні для виконання j -го виду робіт в i -му проекті, і рівні знань, які характеризують s -го виконавця (табл. 1).

Тоді необхідний обсяг знань для реалізації n ІТ-проектів становитиме

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r \sum_{g=1}^d \sum_{p=1}^{p_g} W_{ijpg},$$

а наявний обсяг знань для реалізації n ІТ-проектів складатиме

$$A = \sum_{s=1}^k \sum_{j=1}^r \sum_{g=1}^d \sum_{p=1}^{p_g} A_{sjpg}.$$

Середні витрати ресурсів s -го виконавця при виконанні проектних робіт обсягом M будуть характеризуватися величиною

$$T_s = k \frac{W}{A}.$$

При введенні штрафу C за відхилення витрат ресурсів на виконання плану робіт s -м виконавцем від середніх витрат ресурсів одержимо математичну модель розподілу робіт між учасниками проектних команд

$$Arg \min_x \sum_{s=1}^k \left| \sum_{j=1}^r \sum_{p=1}^{p_g} x_{sj} T_{ij} - T_s \right| C, \quad (1)$$

при умовах:

$$\sum_{s=1}^k x_{sj} = m_j, \quad 0 \leq x_{sj} \leq m_{ij}, \quad M = \sum_{i=1}^n M_i = \sum_{j=1}^r m_j.$$

Для розв'язання задачі (1) зводимо її до задачі нелінійного програмування виду

$$f(\mathbf{x}) \rightarrow \min,$$

при обмеженнях

$$h_i(\mathbf{x}) = 0; \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad a(l) \leq x_l \leq b(l), \quad 1 \leq l \leq k,$$

де $f(\mathbf{x})$ – цільова функція, $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ – вектор-розв'язок, що належить N -вимірному евклідовому простору $\mathbf{x} \in R^N$, n – загальна кількість обмежень у вигляді рівнянь, $h_i(\mathbf{x})$ – обмеження-рівності, $a(l)$ – нижня границя області визначення змінної, $b(l)$ – верхня границя області визначення змінної.

Для цього використаємо процедуру, яка полягає у виконанні наступних кроків [5]:

- помножити цільову функцію та обмеження (1) на -1 ;
- ввести додаткові змінні для перетворення обмежень-нерівностей в обмеження-рівняння;
- виконати підстановки типу $x_{zij} = 1 - y, z = \overline{1, q}$.

Задача розподілу робіт між учасниками проектних команд належить до класу задач великої

розмірності, а пошук її розв'язку вимагає значних обчислювальних ресурсів. В роботах [3; 5; 4] для розв'язання задачі розподілу робіт пропонують використовувати метод динамічного програмування, угорський метод та генетичні алгоритми. Традиційні методи оптимізації є методами локального пошуку, що залежать від вибору початкової точки та вимагають виконання додаткових обмежень на характеристики цільової функції. В генетичних алгоритмах необхідність дискретизації простору пошуку та постійне використання виключно рівномірного розподілу значно збільшує час розв'язання задачі. Альтернативою таким методам в [7] запропоновано багатофакторний композиційний метод спрямованої оптимізації. Після модифікації для розв'язання задачі розподілу робіт між учасниками проектних команд з використанням штрафної функції багатофакторний композиційний метод спрямованої оптимізації міститиме такі кроки:

Крок 1. Встановити лічильник ітерацій $t = 0$.

Крок 2. Згенерувати вектор випадкових чисел m^0 .

Крок 3. Визначити структуру X потенційного розв'язку x .

Крок 4. Визначити критерій E завершення пошуку оптимального розв'язку.

Крок 5. Визначити початкову кількість потенційних розв'язків ζ , $\zeta = 1, \rho$, та сформувати рівномірно розподілену на представницьку популяцію потенційних розв'язків x_1, x_2, \dots, x_ρ .

Крок 6. Обчислити значення функції f , оптимум якої шукаємо, в точках x_1, x_2, \dots, x_ρ .

Крок 7. Доки критерій E не виконується:

Крок 7.1. Якщо μ найкращих потенційних розв'язків є недопустимими, то:

Крок 7.1.1. Пронормувати значення f_ζ так, щоб $f_\zeta^n \in [0;1], \sum_{\zeta=1}^{\rho} f_\zeta^n = 1$.

Крок 7.1.2. Сформувати матрицю попарних порівнянь Сааті з таким чином. Серед нормованих значень функції знаходимо мінімальне $f_{\zeta_1}^n$, розбиваємо відрізок $[0;1]$ на 10 інтервалів: $[0;0,1], [0,1;0,2), \dots, [0,9;1]$. Тоді для всіх $h \in \{1, 2, \dots, \rho\}$, якщо $f_{\zeta_1}^n \in [0,1k; 0,1+0,1k)$ і $f_{\zeta_2}^n \in [0,1l; 0,1+0,1l)$, де $k, l \in \{0,1, \dots, 9\}$, то $s_{\zeta_1 \zeta_2} = l - k + 1$. Інші елементи матриці S розраховуються так: $s_{\zeta_1 \zeta_2} = \frac{s_{\zeta_1 \zeta_2}}{s_{\zeta_1 \zeta_1}}$.

Крок 7.1.3. Розрахувати власні числа матриці S і для максимального власного числа a_{max} знаходимо відповідний власний вектор w . Значення

Таблиця 1

Рівень знань, необхідних для виконання j -го виду робіт в i -му проекті (s -м виконавцем)

Знання \ Група	Група 1	Група 2	Група 3	...	Група
Знання 1	$W_{ij11} (A_{sj11})$	$W_{ij12} (A_{sj12})$	$W_{ij13} (A_{sj13})$...	$W_{ij1d} (A_{sj1d})$
Знання 2	$W_{ij21} (A_{sj21})$	$W_{ij22} (A_{sj22})$	$W_{ij23} (A_{sj23})$...	$W_{ij2d} (A_{sj2d})$
...
Знання 1	$W_{ijp(2)1} (A_{sjp(2)1})$	$W_{ijp(2)2} (A_{sjp(2)2})$	$W_{ijp(2)3} (A_{sjp(2)3})$...	$W_{ijp(2)d} (A_{sjp(2)d})$
...	...	–	–
Знання 1	$W_{ijp(d)1} (A_{sjp(d)1})$	–	$W_{ijp(d)3} (A_{sjp(d)3})$...	$W_{ijp(d)d} (A_{sjp(d)d})$
...	...	–	–	...	–
Знання 1	$W_{ijp(3)1} (A_{sjp(3)1})$	–	$W_{ijp(3)3} (A_{sjp(3)3})$...	–
...	...	–	–	...	–
Знання 1	$W_{ijp(1)1} (A_{sjp(1)1})$	–	–	...	–

Джерело [5]

вказують на міру оптимальності потенційних розв'язків x_1, x_2, \dots, x_p .

Крок 7.1.4. Модифікувати власний вектор w таким чином [8]:

Крок 7.1.4.1. Діагоналізувати w^t так, що $PD^tP^T = w^t$, де P – ортогональна матриця, така, що $PP^T = P^TP = I$.

Крок 7.1.4.2. Покласти $K^t = PD^tP^T - \gamma P \text{diag}(\sqrt{v'_1}, \dots, \sqrt{v'_n})^2 P^T$,

$$\text{де } \sqrt{v'_m} = \left(\frac{\sum_{j=1}^m 1_{h(x'_j > 0)} w_{\sigma_j} \text{Proj}_{e_j}(x'_j - m)}{\sum_{q=1}^n 1_{h(x'_q > 0)} w_{\sigma_q}} \right), \quad n - \text{розмір-}$$

ність вектору потенційного розв'язку.

Крок 7.1.4.3. Покласти $w^t = \left[\frac{\det w^t}{\det K^t} \right]^{1/n} K^t$.

Крок 7.1.4.4. Згенерувати нащадків потенційних розв'язків $x'_\zeta = m + \sigma^t N(0, w^t)$, де

$$\sigma^t = \sigma \cdot \exp^{\frac{1}{d_i} \left(\frac{|s'_\sigma|}{\mathbb{E}\|N(0,1)\|} - 1 \right)} \cdot \exp^{\frac{c_\sigma}{d_i} \left(\frac{\|s'_\sigma\|}{\mathbb{E}\|N(0,1)\|} - 1 \right)},$$

$$s'_\sigma = (1 - c_\sigma) s_\sigma^0 + \sqrt{c_\sigma (2 - c_\sigma)} \frac{\sqrt{\zeta}}{\zeta} \sum_{z'_\zeta \in A_\zeta} z'_\zeta, \quad z'_\zeta = N(0,1), \quad \sigma - \text{век-}$$

тор значень середньоквадратичного відхилення елементів потенційного розв'язку, $d_i \approx 3 \cdot n$, $d \approx 1 + \sqrt{\zeta/n}$, $c_\sigma \approx \sqrt{\zeta/(n+\zeta)}$, $\|\cdot\|$ – евклідова векторна норма, $I \in R^{n \times n}$ – одинична матриця, $s_\sigma^0 = 0$.

Крок 7.1.4.5. Збільшити номер поточної епохи $t = t + 1$ і перейти на крок 6.

Крок 7.2. Якщо μ найкращих потенційних розв'язків є допустимими, то [9]:

Крок 7.2.1. Обчислити значення елементів вектора середніх значень μ найкращих потенційних розв'язків $m^t = \sum_{i=1}^{\mu} v_i x'_i$, $\sum_{i=1}^{\mu} v_i = 1$, де v_i – вагові коефіцієнти.

Крок 7.2.2. Обчислити власний вектор w^t і згенерувати нащадків потенційних розв'язків $x'_\zeta = m^t + \sigma^t N(0, w^t)$.

Крок 7.2.3. Збільшити номер поточної епохи $t = t + 1$ і перейти на крок 6.

Крок 7.3. Якщо хоча б один з μ найкращих потенційних розв'язків є недопустимими і хоча б один є допустимим, то:

Крок 7.3.1. Обчислити власний вектор w^t .

Крок 7.3.2. З використанням допустимих розв'язків знайти вектор середніх значень m^t .

Крок 7.3.3. Згенерувати нащадків потенційних розв'язків $x'_\zeta = m^t + \sigma^t N(0, w^t)$.

Крок 8. Збільшити номер поточної епохи $t = t + 1$ і перейти на крок 6.

Крок 9. Визначити x_{best} найкращих розв'язків.

Висновки і пропозиції. Враховуючи специфіку задачі розподілу робіт між учасниками проектних команд з урахуванням їх компетентні варто зазначити, що математичні моделі таких задач мають безліч конструктивних реалізацій. Використання модифікованого багатофакторного композиційного методу спрямованої оптимізації спрямовано на збільшення різноманітності потенційних розв'язків, пошуку розв'язків, які відповідають найменшим значенням цільової функції, але є прийнятними для виконавців проектних робіт. Здійснюючи розробку нових критеріїв ефективності розподілу робіт, необхідно пам'ятати про їх значну обчислювальну складність та враховувати всі особливості організації проектного управління в конкретному проекті з метою скорочення кількості виконуваних операцій відповідного алгоритму.

Список літератури:

1. Смачило Т.В. Ефективність призначення персоналу підприємства на посади: математичний аспект [Текст] / Т.В. Смачило // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2013. – № 3/2 (11). – С. 49-51.
2. Жолдаков О.О. Вирішення задачі призначення виконавців технічного обслуговування повітряних суден [Текст] / О.О. Жолдаков // Проблеми інформатизації та управління. – 2012. – № 1 (37). – С. 49-54.
3. Греков В.Ф. Оптимізація розподілу обсягу завдань між виконавцями методом динамічного програмування [Текст] / В.Ф. Греков, А.А. П'янков, С.В. Орлов // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2013. – Вип. 2(26). – С. 130-131.
4. Турковський О.С. Рішення задачі розподілу робіт на основі генетичного алгоритму [Текст] / О.С. Турковський, С.І. Сімонов, О.В. Сісков // Системи обробки інформації. – 2002. – Вип. 1 (17). – С. 214-218.
5. Довгань Л.Є. Інноваційний підхід до підвищення ефективності роботи проектною командою [Текст] / Л.Є. Довгань, Г.А. Мохонько // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент. – 2016. – № 16. – С. 4-9.
6. Снитюк В.Е. Интеллектуальное управление оценением знаний [Текст]: монография / В.Е. Снитюк, К.Н. Юрченко. – Черкасы, 2013. – 262 с.
7. Єгорова О.В. Нечіткі штрафні функції в задачі управління запасами з урахуванням товарних втрат [Текст] / О.В. Єгорова, В.Є. Снитюк // Молодий вчений. – 2016. – № 5 (32). – С. 228-234.
8. Modified covariance matrix adaptation – Evolution Strategy algorithm for constrained optimization under uncertainty, application to rocket design [Text] / Rudy Chocat, Loïc Brevault, Mathieu Balesdent, Sebastien Defoort // International Journal for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization. – 2015. – Vol. 6. – Pp. 1-13.
9. Hansen N. Reducing the time complexity of the derandomized Evolution Strategy with Covariance Matrix Adaptation (CMA-ES) [Text] / N. Hansen, S. Muller, P. Koumoutsakos // Evolutionary Computation. – 2003. – Vol. 11 (1). – Pp. 1-18.

Егорова О.В., Онищенко Е.И.

Черкасский государственный технологический университет

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ В ЗАДАЧЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТ МЕЖДУ УЧАСТНИКАМИ ПРОЕКТНЫХ КОМАНД

Аннотация

В статье рассматривается задача распределения работ между участниками проектных команд. Предложена математическая модель распределения работ между участниками проектных команд с учетом компетентности исполнителей. Усовершенствован и адаптирован к решению задачи распределения работ между участниками проектных команд многофакторный композиционный метод направленной оптимизации. Приведены структурные особенности и конструктивные элементы многофакторного композиционного метода направленной оптимизации. Разработанные модели и методы составляют методологическую базу для оптимизации процессов принятия решений при управлении проектами.

Ключевые слова: распределение работ, целевая функция, эволюционные алгоритмы.

Yegorova O.V., Onyshchenko O.I.

Cherkasy State Technological University

ABOUT THE FEATURES OF THE OBJECTIVE FUNCTION FOR THE PROBLEM OF THE DISTRIBUTION OF WORK BETWEEN THE MEMBERS OF PROJECT TEAMS

Summary

In this paper work allocation problem between the members of project teams was considered. The mathematical model of work allocation between the members of project teams considering competence of the workers was proposed. Compositional technique overcoming uncertainty was improved and adapted to solve work allocation problem between the members of project teams. The structural features and structural elements of the compositional technique overcoming uncertainty were considered. The proposed models and methods form the methodological basis for decision-making processes optimization in project management.

Keywords: work allocation, objective function, evolutionary algorithms.