

УДК 621.879

**О.М. Дудченко**

к.т.н., доцент,
Херсонська філія
Національного
університету
кораблебудування
e-mail:
kbnuos@gmail.com

**В.І. Новиков**

завідувач
лабораторією,
Херсонська філія
Національного
університету
кораблебудування
e-mail:
vertigogo10@mail.ru

**ОПТИМАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
СУДНОБУДУВАННЯ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПУ ПАРЕТО**

О.М. Дудченко, В.І. Новиков. Оптимальне проектування технічних систем суднобудування на основі принципу Парето. У статті розглянуто основні проблеми сумісного виконання розподіленого скланого проектування технічних систем у галузі суднобудування. Проаналізовано та запропоновано підходи оптимізації автоматизованого проектування на основі принципу Парето

O.M. Dudchenko, V.I. Novikov. Optimal design of technical systems ship-building based on the Pareto principle. In the article the basic problems of distributed sklanoho compliant implementation design of engineering systems in the field of ship-building. Analyzed and proposed to-ordinated approaches aided design optimization based on Pareto principle

У сучасному проектуванні у суднобудівній галузі, кожна група розробників пов'язана із великою кількістю вхідної та вихідної проектної інформації [1-4]. Нерідко виникають проблеми з неоднорідністю часу подачі і відправки проектної інформації через затримки з різних причин [5-8].

Стає очевидною залежність, чим швидше виконується поточна проектна задача одним підрозділом, тим менше небезпека простою проекту в цілому [9-10].

При великій кількості проектних підрозділів буде багато підприємств як з позитивним, так і з негативним темпом роботи. Вже важко буде визначити загальні темпи відставання та випередження. До того ж у випадку N підрозділів максимально можливе число дисбалансу є $N(N-1)/2$. Реальні N можуть досягати сотень об'єднаних проектних функцій, часом залежних від окремих проектувальників, що робить задачу дуже важкою.

Оптимальний документообіг, алгоритм функціонування.

1. Формалізуємо задачу, вводячи такі позначення: N - повне число

підрозділів, n (або m) = $1, \dots, N$ - номер підрозділу, x_{nm} – затримка проектної документації m -го підрозділу n -му підрозділу; якщо m -ий підрозділ повинен n -му, то $x_{nm} > 0$, в зворотному випадку $x_{nm} < 0$. Зрозуміло, матриця дисбалансу документообігу кососиметрична, тобто:

$$x_{nm} = -x_{mn}, \quad x_{nn} = 0, \quad (1)$$

Отже, матриця документообігу y_{nm} теж кососиметрична, де y_{nm} – зміни дисбалансу проектних робіт.

$$y_{nm} = -y_{mn}, \quad y_{nn} = 0, \quad (2)$$

Отже, повинна задовольняти ще одній необхідній умові:

$$\sum_{m=1}^N x_{nm} = \sum_{m=1}^N (x_{nm} + y_{nm}), \quad n = 1, \dots, N. \quad (3)$$

При цьому

$$\sum_{m=1}^N y_{nm} = 0, \quad n = 1, \dots, N. \quad (4)$$

Далі необхідно сформулювати умови оптимальності Парето, виходячи з можливості побудови ефективного алгоритму розв'язання задачі.

2. Дієвим критерієм оптимальності може бути мінімізація.

У свою чергу вимога мінімізації термінів відправки проектної документації:

$$K = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N |x_{nm} + y_{nm}| = \min. \quad (4')$$

Однак, такий критерій вкрай ускладнює побудову ефективного алгоритму і призводить до ускладнення прогнозування оптимального результату.

3. Для ліквідації зазначеного недоліку можна *мінімізувати* фрагментарні проектні роботи декомпозировавши їх на термінові дані і не термінові.

$$\rho_n = x_n + \sum_{m=1}^N |x_{nm}| \quad (5a)$$

або

$$\rho_n = (x_n^2 + \sum_{m=1}^N x_{nm}^2)^{1/2}; \quad (5b)$$

тут $x_n \geq 0$ - готові фрагменти проекту.

Дана залежність узгоджується зі середньоквадратичними критеріями оптимальності, ніж (5а).

Тепер критерій оптимальності документообігу можна взяти у формі

$$\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^{n-1} (x_{nm} + y_{nm})^2 / \rho_n^2 = \min. \quad (6)$$

Алгоритм оптимального документообігу.

1. Мінімізація форми при зазначених обмеженнях є завдання на умовний екстремум. Вона вирішується методом невизначених множників Лагранжа.

2. Спростимо задачу. В силу кососиметричності матриці боргів, отримаємо:

$$\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^{n-1} (x_{nm} + y_{nm})^2 / \rho_n^2 = \min, \quad (7)$$

Це дозволить розглядати тільки відповідні елементи матриць як найбільш бажані види проектних робіт, які утримують інші частини проекту.

Оскільки далі використовуються тільки подіагональні елементи, обмеження (3) з урахуванням співвідношень (2) приймуть форму:

$$\sum_{m=1}^{n-1} y_{nm} - \sum_{m=n+1}^N y_{mn} = 0, \quad n = 1, \dots, N. \quad (8)$$

Ця задача зводиться до знаходження мінімуму форми

$$\frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^{n-1} (x_{nm} + y_{nm})^2 / \rho_n^2 + \sum_{n=1}^N \lambda_n \left(\sum_{m=1}^{n-1} y_{nm} - \sum_{m=n+1}^N y_{mn} \right) = \min, \quad (9)$$

Диференціювання дає дві групи рівнянь, що утворюють потрібну систему:

$$(x_{nm} + y_{nm}) / \rho_n^2 + \lambda_n - \lambda_m = 0, \quad 1 \leq m < n \leq N, \quad (10)$$

$$\sum_{m=1}^{n-1} y_{nm} - \sum_{m=n+1}^N y_{mn} = 0; \quad 1 \leq n \leq N. \quad (11)$$

Знайдемо матрицю взаімопередачі проектної інформації:

$$y_{nm} = \rho_n^2 (\lambda_m - \lambda_n) - x_{nm}, \quad 1 \leq m < n \leq N. \quad (12)$$

Перетворення дають лінійну систему в стандартній формі:

$$\sum_{m=1}^N a_{nm} \lambda_m = b_n, \quad 1 \leq n \leq N; \quad (13a)$$

$$b_n = \sum_{m=1}^{n-1} x_{nm} - \sum_{m=n+1}^N x_{mn} \quad a_{nm} = \begin{cases} \rho_n^2 & \text{при } 1 \leq m \leq n-1, \\ (1-n)\rho_n^2 - \sum_{k=n+1}^N \rho_k^2 & \text{при } m = n, \\ \rho_m^2 & \text{при } n+1 \leq m \leq N. \end{cases} \quad (13b)$$

при $1 \leq n \leq N$,

В системі виконуються наступні нерівності:

$$\sum_{n=1}^N a_{nm} = 0 \quad \text{при } 1 \leq m \leq N, \quad \sum_{n=1}^N b_n = 0.$$

$$|a_{nn}| = \sum_{m=1, m \neq n}^N |a_{nm}| > \sum_{m=1, m \neq n}^{N-1} |a_{nm}|, \quad 1 \leq n \leq N,$$

Це означає, що одне з рівнянь системи є лінійною комбінацією інших, причому з одиничними коефіцієнтами, причому нерівність читка.

Зі сказаного ясно, що безпосередньо вирішувати систему (13) складно.

У свою чергу, елементи матриці (13б) мають специфічний вигляд, що дозволяє отримати рішення задачі в явному вигляді.

Оскільки перше рівняння є лінійною комбінацією інших, отримаємо усічену систему:

$$\sum_{m=1}^N a_{nm} \lambda_m = \beta_n, \quad 1 \leq n \leq N, \quad (14)$$

$$\sum_{m=1}^{N-1} a_{nm} \lambda_m = \beta_n - a_{nN} \lambda_N, \quad 2 \leq n \leq N.$$

Неважко бачити, що в усіченій матриці всі елементи головної діагоналі і подіагонального трикутника рівні 1, таким чином отримуємо редуцьовану систему:

$$\beta_n = \left(\sum_{m=1}^{n-1} x_{nm} - \sum_{m=n+1}^N x_{mn} \right) / \rho_n^2 \quad a_{nm} = \begin{cases} 1 & \text{при } 1 \leq m \leq n-1, \\ 1 - n - \sum_{k=n+1}^N \rho_k^2 / \rho_n^2 & \text{при } m = n, \\ \rho_m^2 / \rho_n^2 & \text{при } n+1 \leq m \leq N. \end{cases}$$

при $1 \leq n \leq N$,

Така система легко вирішується по явним формулами зворотного ходу методом Гауса:

$$\sum_{m=n}^{N-1} (a_{nm} - 1) \lambda_m = \beta_n - \beta_N + (a_{NN} - a_{nN}) \lambda_N, \quad 2 \leq n \leq N-1,$$

$$\sum_{m=1}^{N-1} \lambda_m = \beta_n - a_{NN} \lambda_N.$$

$$a_{nn} = 1 - n - \sum_{k=n+1}^N \rho_k^2 / \rho_n^2 \quad \text{при } n < N, \quad a_{NN} = 1 - N,$$

3. Елементи матриці мають специфічний вигляд, що дозволяє отримати рішення задачі в явному вигляді. Отримаємо наступну систему:

$$\lambda_n = [\beta_N - \beta_n + (\rho_N^2 / \rho_n^2 + N - 1) \lambda_N + \sum_{m=n+1}^{N-1} (\rho_m^2 / \rho_n^2 - 1) \lambda_m] / (n + \sum_{m=n+1}^{N-1} \rho_k^2 / \rho_n^2) \quad \text{при } n = N-1, \dots, 2;$$

$$\lambda_1 = \beta_N + (N-1) \lambda_N - \sum_{m=2}^N \lambda_m.$$

Формули можуть бути ще спрощені, ця залежність може бути записана в загальному вигляді:

$$\lambda_n = \gamma_n + \delta_n \lambda_N, \quad 1 \leq n \leq N \quad (\gamma_N = 0, \quad \delta_N = 1).$$

Підставляючи залежності, одержимо співвідношення для визначення:

$$\gamma_n = [\beta_N - \beta_n + \sum_{m=n+1}^{N-1} (\rho_m^2 / \rho_n^2 - 1) \gamma_m] / (n + \sum_{k=n+1}^N \rho_k^2 / \rho_n^2) \quad \text{при } n = N-1, \dots, 2,$$

$$\gamma_1 = \beta_N - \sum_{m=2}^{N-1} \gamma_m;$$

$$\delta_n = [\rho_N^2 / \rho_n^2 + N - 1 + \sum_{m=n+1}^{N-1} (\rho_m^2 / \rho_n^2 - 1) \delta_m] / (n + \sum_{k=n+1}^N \rho_k^2 / \rho_n^2) \quad \text{іде } n = N-1, \dots, 2,$$

$$\delta_1 = N - 1 - \sum_{m=2}^{N-1} \delta_m.$$

Рішення загальної задачі зводиться до залежності (15):

$$\gamma_N = 0, \quad \gamma_n = (b_N - b_n) / N \quad \text{при } 2 \leq n \leq N - 1, \quad \gamma_1 = (2b_N + \sum_{m=2}^{N-1} b_m). \quad (15)$$

Висновок. Запропонований метод створює основу для подолання кризи простоїв проектної документації в умовах розподіленого автоматизованого проектування складних технічних систем та об'єктів.

Подальші дослідження дозволять уточнити особливості побудови матриць мережного планування та визначення ваг і зв'язків елементів.

Література

1. Носов, П.С. 3D Моделирование конструкции ортопедического корсета в Delcam PowerShape-FeatureCam. Науковий вісник ХДМА. Науковий журнал. — Херсон: ХДМА, 2013. - № 1(8) - С. 241-247.
2. Тонконогий, В.М. Информационные технологии проектирования в ортопедии [Текст] / В.М. Тонконогий, Е.В. Савельева, А.В. Бец. Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць. – Вип. 1(2) – Одеса. 2012: АО"Бахва", С. 182-188.
3. Nosov P.S., Yalansky A.D., Iakovenko V.O.. 3D modelling of rehabilitation corset with use of PowerSHAPE Delcam // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць [Текст]. — Вип. 1(2) — Одеса: Наука і техніка, С. 222-231.
4. Носов, П.С. Интеллектуальне формування індивідуальної траєкторії навчання студента : дис. – ПС Носов.– Одеський національний політехнічний ун-т.—О., 2007.—159с.
5. Яковенко, О.Є. Моделі та методи контролю знань в автоматизованій системі управління навчальним процесом: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.13.06 / О.Є. Яковенко. – О: Одес. нац. політехн. ун-т, 2006. – 19 с.
6. Оганов, А. В. Необходимость внедрения офиса управления проектами [Текст] / А. В. Оганов, В. Д. Гогунский // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. — 2013. — Вип. 4(5). — С. 57–61.
7. Носов П.С., Тонконогий В.М., Яковенко А.Е. Метод нечеткой идентификации предпочтений субъекта обучения / Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць [Текст]. — Вип. 1 —Одеса: Наука і техніка, С. 89-97.
8. Сафонов М. С. Використання об'єктів керування для оптимізації потоків інформації в мережевих базах даних з різною архітектурою / М.С. Сафонов, О.Є. Яковенко, С.О. Савченко // Збірник наукових праць. Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві – Вип. 1. – Одеса, 2012 – С. 60-62.
9. Запорожець, О.І. Завдання наукових досліджень з охорони праці / О.І. Запорожець, В.Д. Гогунський // Інформ. технології в освіті, науці та виробництві: зб. наук. праць. – Вип. 4 (5). – Одеса- Херсон: АО Бахва, 2013. – С. 19 – 23.
10. Serga I.N., Dubrovskaya Yu.V., Kvasikova A.S., Shakhman A.N., Sukharev D.E., Spectroscopy of hadronic atoms: Energy shifts// Journal of Physics: C Ser.-2012.- Vol.397.- P.012013.

Надійшла до редакції 18.11.2015