



ЗАДАЧІ БАЛАНСНОЇ КОМПОНОВКИ 3D-ОБ'ЄКТІВ ТА ЇЇ КОМБІНАТОРНІ ВЛАСТИВОСТІ

Коваленко Г.А., Урняєва І.А., Шеховцов С.Б.

*Харківський національний університет радіоелектроніки
Харківський національний університет внутрішніх справ*

Задачі балансної компоновки (Balance Layout Problems – BLP) належать до класу NP-складних задач розміщення (Cutting and Packing Problems – C&P) та є предметом дослідження обчислювальної геометрії, а методи їх розв'язання – новим напрямом теорії дослідження операцій. Суть задачі полягає в пошуку оптимального розміщення заданого набору 3D-об'єктів в деякій обмеженій області (контейнері) з урахуванням обмежень поведінки (behavior constraints), які забезпечують баланс розглянутої системи. Необхідність урахування обмежень поведінки в оптимізаційних задачах розміщення виникає в різних прикладних областях науки і техніки, наприклад, в задачах логістики (при упаковці вантажів для транспортування чи зберігання), в машинобудуванні (при компоновці літальних апаратів, суден, субмарин тощо, компоновці обладнання, приладів та пристроїв, деталей виробу). Особливий інтерес до цього класу задач виникає при проектуванні ракетно-космічної техніки. На початковому етапі проектування (компоновці) космічного апарата необхідно враховувати ряд обмежень на статичні та динамічні характеристики (центр мас, осьові та відцентрові моменти інерції).

Роботи багатьох вчених присвячені методам розв'язання задач балансної компоновки (див., наприклад, [1]-[4]). У даному дослідженні розглядається наступна задача балансної компоновки. Нехай задано контейнер Ω . Розглядаються такі види контейнерів: $\Omega \equiv \mathbf{C}$ – прямий круговий циліндр; $\Omega \equiv \mathbf{\Lambda}$ – параболоїд обертання; $\Omega \equiv \mathbf{E}$ – прямий круговий усічений конус. Контейнер Ω розділений круговими стелажми S_k , $k=2, \dots, m$, на підконтейнери Ω^k , $k=1, \dots, m$. Вважаємо, що S_1 і S_{m+1} – нижня та верхня основи контейнера Ω . Між стелажми S_k і S_{k+1} задана відстань t_k .

Множина об'єктів розміщення $A = \{A_i, i \in I_n\}$, $I_n = \{1, 2, \dots, n\}$, включає в себе кулі S_i , $i \in I_1$; прямі кругові циліндри C_i , $i \in I_2$; тори T_i , $i \in I_3$; сфероциліндри S_{Ci} , $i \in I_4$; прямі прямокутні паралелепіпеди P_i , $i \in I_5$; прямі правильні призми K_i , $i \in I_6$. При цьому $I_1 \cup I_2 \cup \dots \cup I_6 = I_n$. Кожен об'єкт A_i являє собою однорідне тверде тіло заданої маси m_i . Контейнер Ω з упакованими об'єктами множини A утворює систему Ω_A .

На відміну від задач BLP, розглянутих у роботах [1]-[4], де апіорі задано вимогу на розміщення об'єктів в підконтейнерах Ω^k , $k=1, \dots, m$, треба *реалізувати* розбиття множини A на підмножини $A^k = \{A_i, i \in I^k\}$, $k=1, \dots, m$. В свою чергу, підмножина A^k об'єктів, у загальному випадку, повинна бути розбита на дві підмножини $A_+^k = \{A_i, i \in I_+^k\}$ та $A_-^k = \{A_i, i \in I_-^k\}$, де A_+^k –



підмножина об'єктів, що мають бути розміщені на стелажі S_k , A_-^k – підмножина об'єктів, що мають бути розміщені під стелажом S_{k+1} всередині під контейнера Ω^k .

На розміщення об'єктів можуть накладатися обмеження на мінімально та максимально допустимі відстані ρ_{ij}^- та ρ_{ij}^+ між об'єктами $A_i, A_j \in A^k$, $i < j \in I^k$, а також мінімально допустимі відстані ρ_i^- між об'єктом $A_i \in A^k$ і боковою поверхнею підконтейнера Ω^k , $i \in I^k$.

В задачі *BLP* розглядаються такі види обмежень:

обмеження розміщення (placement constraints), які поділяються на обмеження неперетину з урахуванням допустимих відстаней: $\rho_{ij}^- \leq \text{dist}(A_i, A_j) \leq \rho_{ij}^+$, $i < j \in I^k$, $k = 1, 2, \dots, m$; обмеження включення з урахуванням допустимих відстаней: $\text{dist}(A_i, \tilde{\Omega}^{k*}) \geq \rho_i^-$, $i \in I^k$, $\tilde{\Omega}^{k*} = \square^3 \setminus \text{int } \tilde{\Omega}^k$, $k = 1, 2, \dots, m$;

обмеження поведінки (behavior constraints), які включають обмеження рівноваги: відхилення центра мас системи Ω_A від заданої точки не має перевищувати заданого допустимого значення; обмеження моментів інерції: значення осьових моментів інерції системи Ω_A не мають перевищувати заданих допустимих значень; обмеження стійкості: значення відцентрових моментів інерції не мають перевищувати заданих допустимих значень.

В формуванні цільової функції F беруть участь метричні характеристики контейнера Ω , відхилення центра мас системи Ω_A від заданої точки, осьові моменти інерції системи Ω_A .

Задача балансної компоновки (BLP): розмістити об'єкти множини A в контейнері Ω , так, щоб виконувались обмеження розміщення та обмеження поведінки, а задана функція цілі F досягала свого екстремального значення.

Будується математична модель. Досліджуються її комбінаторні властивості.

1. G. Fasano, J. D. Pinter Modeling and Optimization in Space Engineering. Springer Optimization and Its Applications // Problems and Applications. – New York, 2012. – Vol. 73, 404 p.

2. Yu. Stoyan, P. Stetsyuk, T. Romanova Optimal Balanced Packing Using Phi-Function Technique// NATO Science for Peace and Security Series - D: Information and Communication Security. – 2014. – Vol. 37, P. 251-271

3. Kovalenko, A., Romanova, T., Stetsyuk, P.: Balance layout problem for 3D-objects: mathematical model and solution methods. Cybern. Syst. Anal. **51**(4).

4. А. А. Коваленко, А. В. Панкратов, Т. Е. Романова Размещение объектов в контейнере параболоидной формы с круговыми стеллажами с учетом ограниченный поведения// Журнал обчислювальної та прикладної математики. – 2013. – № 2 (112). – С. 75-82.