УДК 514.748

ПРО ОДИН ПІДХІД ДО РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ НА ВИРОБНИЦТВІ

М.С. Софронова

Розглянуто задачу раціонального розподілу ресурсів, розв'язок якої зводиться до розв'язку однієї з задач геометричного проектування. Описано комбінований метод, що дозволяє розв'язок задачі раціонального розподілу наявних ресурсів звести до напрямленого перебору припустимих варіантів розподілу цих ресурсів. Як результат, визначено термін і послідовність виконання робіт, що гарантують оптимальний (у певному сенсі) розв'язок задачі в межах відведених ресурсів.

Ключові слова: *раціональний розподіл ресурсів, задача геометричного проектування, n-вимірний паралелепіпед, екстремум.*

ПРО ОДИН ПОДХОД К РАЦИОНАЛЬНОМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЮ РЕСУРСОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

М.С. Софронова

Рассмотрена задача рационального распределения ресурсов, решение которой сводится к решению одной из задач геометрического проектирования. Описан комбинированный метод, позволяющий решение задачи рационального распределения имеющихся ресурсов свести к направленному перебору допустимых вариантов распределения этих ресурсов. Как результат, определены срок и последовательность выполнения работ, гарантирующие оптимальное (в некотором смысле) решение задачи в рамках отведённых ресурсов.

Ключевые слова: *рациональное распределение ресурсов, задача геометрического проектирования, n-мерный параллелепипед, экстремум.*

ABOUT ONE APPROACH TO RATIONAL RESOURCES ALLOCATION ON PRODUCTION

M. Sofronova

As it is known, the task of geometric design is searching for optimal allocation of certain geometric objects in specified ranges under various restrictions and some allocation quality criteria, which aim at reducing the costs for raw materials and other resources. Thus, the tasks of optimal resource allocation arise, for example, if there is complete set of the works which should be carried out and resources available for carrying out each work in the best way are limited.

The aggregation of large number of theoretical and practical tasks which are associated with the optimal resources allocation to the class of geometric design tasks makes it possible to solve these tasks by the method of geometric design. The task of rational allocation of resources under the condition of limited resources and with the aim of minimizing time for project (the whole set of specified tasks) completing is considered as a task of geometric design in this research paper.

Each work is presented in the form of n-parallelepiped with corresponding to the necessary for its implementation resources dimensions for the task solving. The search of some approximation to global extremum is proposed in case of NP-hard task with taking into account the characteristics of the mathematical model of the task. The proposed combined method which consists of modified method of optimization on groups of variables and the modified method of narrowing neighbourhoods allows reducing to directed search of possible variants of the resources allocation the solving the task of rational allocation of available resources.

The term and work sequencing which ensure optimal (in some sense) solution of the task within the allotted resources are determined as a result. The program which implements this strategy of n-parallelepipeds allocation is elaborated. Conducted computational experiments confirm the effectiveness of this method from point of view of resource allocation which is close to optimal, at least, for small control tests. A comparison of results is conducted under exhaustion of local extremum points is occurred by the modified method of narrowing neighbourhoods or by the method of random search on the same data set.

Keywords: *rational allocation of resources, task of geometric design, n-dimensional parallelepiped, extremum.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Раціональна організація праці та розподілу ресурсів – це важливі складові успішного розвитку будь-якого виробництва, зокрема харчового. Раціональна організація праці та розподілу ресурсів, ґрунтуючись на досягненнях науки і техніки, дозволяє поєднати техніку і людей у єдиному виробничому процесі і з найменшими витратами матеріальних і трудових ресурсів одержати найкращі результати, досягши при цьому підвищення продуктивності праці та ефективності виробництва. Зведення великої кількості теоретичних та прикладних задач, пов’язаних з оптимальним розподілом ресурсів, до класу задач геометричного проектування дало можливість розв’язувати ці задачі методами геометричного проектування [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У цей час велике прикладне значення має задача розподілу ресурсів за видами робіт. Значення цієї проблеми визначається, по-перше, обмеженістю ресурсів і, по-друге, тим, що ефективність ресурсів у різних напрямах може бути різна. Це означає, що загальна ефективність залежить не тільки від кількості ресурсів, але й від їх розподілу. Проблема оптимального розподілу ресурсів найчастіше вирішується за допомогою методів лінійного програмування [2]. У цій роботі запропоновано розв'язання задачі методами геометричного проектування.

Мета статті – розв'язання задачі оптимального використання ресурсів за умови обмеженості виділених ресурсів і з метою мінімізації часу завершення проекту (сукупності заданих робіт) запропонованим комбінованим методом.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нехай задано множину ресурсів $r_0 = \{r_{01}, r_{02}, \ldots, r_{0n}\}$, необхідних для виконання робіт $T_1, T_2, \ldots, T_N$, де r_{01} – ресурс часу. Позначимо через $T = \{T_1, T_2, \ldots, T_N\}$ – множину всіх робіт, де N – загальна кількість робіт; $r_i = \{r_{i1}, r_{i2}, \ldots, r_{in}\}$ – множина ресурсів, необхідних для виконання роботи T_i, де r_{ik} – витрата k-го ресурсу при виконанні роботи T_i, у тому числі r_{i1} – тривалість виконання роботи T_i.

Необхідно оптимально розподілити ресурси між заданими роботами з мінімізацією ресурсу часу, що відповідає побудові й оптимізації послідовності виконання робіт із мінімізацією загального часу виконання всіх робіт.

Переформулюємо задачу в термінах геометричного проектування. Співвіднесемо ресурси r_{ik} (r_{0k}), $k = \overline{1,n}$, з осями декартової системи координат простору R^n.

Розглянемо область

$$S_0 = \{ x = (x_1, x_2, \ldots, x_n) \in R^n : 0 \le x_k \le r_{0k}, k = \overline{1,n}\},$$

де $r_{01} = d$, та N n-вимірних паралелепіпедів (n-паралелепіпедів) [3].

$$P_i = \{x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \ldots, x_{in}) \in R^n : 0 \le x_{ik} \le r_{ik}, k = \overline{1,n}\},$$

тобто представимо кожну роботу T_i у випадку n-паралелепіпеда, $i = \overline{1,N}$.

Необхідно мінімізувати величину d (що відповідає мінімізації ресурсу часу або загального часу виконання всіх робіт) за умови, що n-паралелепіпеди не перетинаються між собою.

n-паралелепіпед P_i, координати лівого нижнього кута якого (за аналогією з двовимірним випадком) визначаються вектором $u_i = (u_{i1}, u_{i2}, \ldots, u_{in})$, будемо позначати через $P_i(u_i)$, $i = \overline{1,N}$.

Математичне визначення цієї задачі можна подати таким чином. Знайти

$$\min_{X \in W \subset R^{Nn+1}} Z(X), \tag{1}$$

де $X = (u, d)$ – цільова функція

$$F(X) = d = \max_{i=1,\dots,N} (u_{i1} + r_{i1}) .$$

Область припустимих розв'язків W описується такими умовами:

а) n-паралелепіпеди повинні належати області S_0:

$$P_i \subset S_0 , i = \overline{1, N} ; \qquad (*)$$

б) n-паралелепіпеди не повинні перетинатися між собою:

$$\operatorname{int} P_i \cap \operatorname{int} P_j = \varnothing, i = \overline{1, N-1}; \; j = \overline{i+1, N} . \qquad (**)$$

Умови (*) та (**) можна описати за допомогою Ф-функцій [4]. Умову (*) – виразом

$$\Phi_{ij} (u_i , u_j) = \max\{u_{jk} - u_{ik} - r_{ik} ; -u_{jk} + u_{ik} - r_{jk} , k = \overline{1, n}\} ,$$

умову (**) – у вигляді

$$\Phi_j (d, u_j) = \min\{u_{jk} ; -u_{jk} + r_{0k} - r_{jk} , r_{01} = d, k = \overline{1, n}\} .$$

Таким чином, область W можна описати системою

$$\begin{cases} \Phi_{ij} (u_i , u_j) \ge 0 , \; i = \overline{1, N-1}, \; j = \overline{i+1, N}, & (2) \\ \Phi_j (d, u_j) \ge 0 , \; j = \overline{1, N}. & (3) \end{cases}$$

У цьому дослідженні для оптимізаційної задачі (1)–(3) розроблена стратегія розв'язання, яку можна подати таким чином:

1) генеруємо послідовності об'єктів, які розміщуються модифікованим методом оптимізації за групами змінних [5]. Тим самим знаходиться множина підозрілих на екстремум точок;

2) здійснюємо пошук точок локального мінімуму модифікованим методом околів, що звужуються [6];

3) обираємо мінімальне значення цільової функції $Z(X)$ як наближення до глобального екстремуму. Тим самим визначаємо послідовність розміщення n-паралелепіпедів P_i, якій відповідає оптимальна послідовність виконання робіт T_i, $i = \overline{1, N}$ (що визначає оптимальний план розподілу ресурсів) і знайдений оптимальний термін їх виконання (ресурс часу). Зауважимо, що на виході буде визначено час початку і закінчення виконання кожного виду роботи T_i, $i = \overline{1, N}$, і витрачені на цю роботу ресурси r_{ik}, $k = \overline{1, n}$.

Розроблено програму, яка реалізує надану стратегію розміщення n-паралелепіпедів. Проведені обчислювальні експерименти підтверджують ефективність описаного методу з точки зору розподілів ресурсів, близьких до оптимальних, принаймні, на невеликих контрольних тестах ($N \le 100, n = 2,\dots,5$).

Перебір точок локального екстремуму здійснюється методами околів, що звужуються (ЗО) та випадкового пошуку (ВП). У табл. 1 наведено результати розміщення n-паралелепіпедів P_i, $i = \overline{1, N}$, у просторі R^n методом ЗО. Розміри n-паралелепіпедів P_i, обираються випадково за умови, що $0 < r_{ik} \le N$, $i = 1, 2, \ldots, N$, $k = 1, 2, \ldots, n$. $K = \left(\sum_{i=1}^{N} V_i \right) / V$ – коефіцієнт заповнення області D_0, $V_i = \prod_{k=1}^{n} r_{ik}$ – об'єм n-паралелепіпеда P_i, $i = \overline{1, N}$, $V = d \cdot \prod_{k=2}^{n} r_{0k}$ – об'єм заповненої частини області S_0.

Таблиця 1

Результати розміщення *n*-паралелепіпедів методом ЗО

N		$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$	$n = 6$
25	K	0,94	0,7	0,57	0,37	0,21
50	K	0,95	0,73	0,54	0,39	–
100	K	0,92	0,75	0,58	0,37	–
150	K	0,94	0,77	–	–	–

У табл. 2 наведено результати розміщення n-паралелепіпедів P_i, $i = \overline{1, N}$, у просторі R^n методом ВП. Розміри області S_0, n-паралелепіпедів P_i, $i = \overline{1, N}$, та час розміщення такі самі, як і при розміщенні методом ЗО.

Таблиця 2

Результати розміщення *n*-паралелепіпедів методом ВП

N		$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$	$n = 6$
25	K	0,78	0,67	0,53	0,35	0,19
50	K	0,85	0,72	0,5	0,35	–
100	K	0,87	0,74	0,54	0,32	–
150	K	0,88	0,76	–	–	–

Висновки. Побудовано математичну модель задачі раціонального розподілу ресурсів. Надано метод розв'язання задачі, що базується на зведенні розв'язку цієї задачі до розв'язку однієї з задач геометричного проектування. Для розв'язання задачі запропоновано комбінований метод, що складається з модифікованого методу оптимізації за групами змінних та модифікованого методу околів, що звужуються. Ефективність роботи методу була програмно перевірена.

Список джерел інформації / References

1. Стоян Ю. Г. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / Ю. Г. Стоян, С. В. Яковлев. – К. : Наук. думка, 1986. – 266 с.

Stoyan, Yu.G., Iakovlev, S.V. (1986), *Mathematical models and optimization methods of the geometrical planning* [*Matematicheskie modeli i optimizatsionnie metodi geometricheskogo proektirovaniya*], Sciences. thinking, Kiev, 266 p.

2. Палий И. А. Линейное программирование / И. А. Палий. – М. : Эксмо, 2008. – 256 с.

Paliy, I.A. (2008), *Linear programming* [*Lineynoe programmirovanie*], Eksmo, Moscow, 256 p.

3. Розенфельд Б. А. Многомерные пространства / Б. А. Розенфельд. – М. : Наука, 1966. – 637 с.

Rozenfeld, B.A. (1966), *Multidimensional spaces* [*Mnogomernie prostranstva*], Science, Moscow, 637 p.

4. Stoyan Yu.G. Ф-function and its basic properties / Yu. G. Stoyan // Докл. АН Украины. Сер. А. – 2001. – № 8. – С. 112–117.

Stoyan, Yu. G. (2001), “Ф-function and its basic properties” [“Fi-funktsiya ta yiyi osnovni vlastivosti”], *Lectures of academy of sciences of Ukraine, series of A*, No. 8, pp. 112-117.

5. Стоян Ю. Г. Методы и алгоритмы размещения плоских геометрических объектов / Ю. Г. Стоян, Н. И. Гиль. – К. : Наук. думка, 1976. – 247 с.

Stoyan, Yu.G., Gil, N.I. (1976), *Methods and algorithms of placing of flat geometrics* [*Metodi i algoritmi razmesheniya ploskikh geometricheskikh ob'ektov*], Sciences. thinking, Kiev, 274 p.

6. Stoyan, Y., Yaskov, G., Scheithauer, G. (2001), *Packing of various radii solid spheres into a parallelepiped*: Preprint, Techn. Univ. of Dresden, No. 17, Dresden, p. 21.

Софронова Марина Сергіївна, канд. фіз.-мат. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, кафедра фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-46, 0669536211; e-mail: m_myravyova@ukr.net.

Софронова Марина Сергеевна, канд. физ.-мат. наук, доц., факультет оборудования и технического сервиса, кафедра физико-математических и инженерно-технических дисциплин, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-46, 0669536211; e-mail: m_myravyova@ukr.net.

Sofronova Marina, cand. Sci. Sciences, Assoc., Faculty of equipment and technical services, Department of physical and mathematical and engineering disciplines, Kharkov State University Food and Trade. Address: Klochkovsky Str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-46, 0669536211; e-mail: m_myravyova@ukr.net.

Рекомендовано до публікації д-ром екон. наук, проф. М.В. Чорною, д-ром техн. наук, проф. М.С. Синєкопом, канд. фіз.-мат. наук, доц. Д.О. Торяником.
Отримано 01.04.2015. ХДУХТ, Харків.

УДК 629.3.083.7.003.13

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД УПРОВАДЖЕННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ

С.В. Удовікова, Р.М. Бугріменко

Обґрунтовано нову методику розрахунку економічного ефекту від упровадження елеватора з установленими на ньому ковшами з рухомими днищами напівкруглої форми для перевантаження сипких матеріалів. Високу ефективність роботи такої конструкції обґрунтовано теоретично та підтверджено практично.

Ключові слова: *економічний ефект, модернізація, елеватор з ковшами.*

РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ВНЕДРЕНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

С.В. Удовикова, Р.М. Бугрименко

Обоснована новая методика определения экономического эффекта от внедрения элеватора с установленными на нём ковшами с подвижными днищами полукруглой формы для перегрузки сыпучих материалов. Высокая эффективность работы такой конструкции обоснована теоретически и подтверждена практически.

Ключевые слова: *экономический эффект, модернизация, элеватор с ковшами.*