

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ЗАКАЗА МЕЖДУ НЕСКОЛЬКИМИ ПОСТАВЩИКАМИ В ТЕНДЕРЕ

Рассматривается проблема оптимального распределения объема заказа между несколькими поставщиками, участвующими в тендере. Предложен метод многокритериальной оптимизации распределения объема заказа между несколькими поставщиками в тендере, который учитывает относительные коэффициенты важности критериев, по которым производится оптимизация.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, распределение объема заказа, критерий оптимальности, относительные приоритеты критериев.

ВВЕДЕНИЕ

После проведения тендера в процессе уточнения условий заключения контракта нередко появляются новые неприемлемые для подрядчика условия, из-за чего приходится обращаться к следующему по рейтингу участнику либо проводить новый тендер. Чтобы избежать подобных ситуаций организаторы тендеров все чаще предпочитают заключать контракты не с одним, а с несколькими поставщиками.

Еще на этапе проведения тендера можно предусмотреть, как распределить весь необходимый объем заказа между некоторым числом подрядчиков [1]. Однако, это возможно только в том случае, если участники предлагают одинаковые товары или услуги.

При решении данной задачи чаще всего проводится оптимизация по двум критериям, которые можно однозначно представить в количественном виде: по денежным затратам и по времени, необходимому для выполнения заказа. Важно то, что эти критерии противоречивы, и оптимизация по каждому из них приводит к ухудшению значений по другому критерию и соответственно к различным решениям задачи распределения [2].

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ЗАКАЗА МЕЖДУ НЕСКОЛЬКИМИ ПОСТАВЩИКАМИ В ТЕНДЕРЕ

Если заказчик желает заключить контракт не с одним, а сразу с i участниками, то задачу многокритериальной оптимизации распределения объема всего заказа U между несколькими поставщиками можно представить в виде задачи минимизации суммы всех затрат P частей заказа u_i , а также минимизации времени Δt_i , необходимого для выполнения заказа. При этом следует учитывать относительные приоритеты критериев стоимости и времени исполнения заказа.

В данном случае, если участники будут выполнять поставку товаров или услуг одновременно, то общее время выполнения полного объема заказа будет равно максимальному из периодов времени, заявленных заказчиками.

$$\min_{\Omega} \Phi, \quad (1)$$

$$\Phi = \{\Phi_k \mid k = 1..2\}, \quad (2)$$

$$\Phi_1 = \sum_i u_i P_i, \quad (3)$$

$$\Phi_2 = \max_i \Delta t_i, \quad (4)$$

$$\Omega: U = \sum_i u_i, \quad (5)$$

где $\Phi = (\Phi_1, \Phi_2)$ – векторный критерий оптимальности, Φ_k – частные критерии оптимальности.

Поиск оптимального распределения является итерационным процессом перебора на некотором дискретном множестве вариантов решений. При поиске оптимального решения показателем положительного результата итерации является то, что относительный уровень снижения качества по одному частному критерию не превосходит относительного уровня повышения качества по другому частному критерию.

Поскольку в процессе проведения тендера определяется, что одни критерии важнее других, следует определить относительные приоритеты критериев стоимости и времени исполнения заказа d_k , причем

$$\sum_k d_k = 1. \quad (6)$$

Пусть существуют решения Y_a и Y_b – способы распределения объема заказа U на части u_i . Мера относительного изменения (снижения или повышения) качества решения при переходе от решения Y_a к Y_b по каждому из критериев составляет:

$$\Delta \tilde{\Phi}_k(Y_a, Y_b) = \frac{\Delta \Phi_k(Y_a, Y_b)}{\left[\max_{Y \in \{Y_a, Y_b\}} \Phi_k \right]}, \quad (7)$$

где $\Delta\Phi_k(Y_a, Y_b) = \Phi_k(Y_a) - \Phi_k(Y_b)$ – абсолютные изменения значений частных критериев оптимальности при переходе от решения Y_a к решению Y_b .

Максимальное снижение качества решения при переходе от решения Y_a к решению Y_b определяется как:

$$\Delta\tilde{\Phi}_{\min}(Y_a, Y_b) = \min_k d_k \cdot \Delta\tilde{\Phi}_k(Y_a, Y_b). \quad (8)$$

Аналогично максимальное повышение качества решения при переходе от решения Y_a к решению Y_b составляет:

$$\Delta\tilde{\Phi}_{\max}(Y_a, Y_b) = \max_k d_k \cdot \Delta\tilde{\Phi}_k(Y_a, Y_b). \quad (9)$$

Решение Y_b превосходит решение Y_a ($Y_b \succ Y_a$), если:

$$|\Delta\tilde{\Phi}_{\max}(Y_a, Y_b)| > |\Delta\tilde{\Phi}_{\min}(Y_a, Y_b)|. \quad (10)$$

И, соответственно, решение Y_a превосходит решение Y_b ($Y_a \succ Y_b$), если:

$$|\Delta\tilde{\Phi}_{\max}(Y_a, Y_b)| \leq |\Delta\tilde{\Phi}_{\min}(Y_a, Y_b)|. \quad (11)$$

3 МЕТОД МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ЗАКАЗА МЕЖДУ НЕСКОЛЬКИМИ ПОСТАВЩИКАМИ В ТЕНДЕРЕ

Выбор начального решения может быть произведен случайным образом, однако эффективнее для начала поиска выбрать такое решение, при котором весь объем закупается у лучшего по предварительным оценкам поставщика.

Однако следует также учесть, что поставщик может ограничить минимальный объем, который он согласен поставить в рамках одного контракта. Значение части объема заказа u_i для каждого поставщика следует обговорить дополнительно еще на этапе проведения тендера.

Основные этапы предложенного метода:

Шаг 1. На первой итерации $r=1$ выбирается начальное решение задачи распределения Y_0 .

Шаг 2. Вычисляются значения частных критериев оптимальности Φ_k для выбранного решения Y_0 .

Шаг 3. Некоторым способом выбирается решение задачи распределения Y_r .

Шаг 4. Вычисляются значения частных критериев оптимальности Φ_k для решения Y_r .

Шаг 5. Согласно выражениям 7–11 определяется превосходящее решение Y_r .

Шаг 6. Если условие окончания поиска выполнено, то вычисления следует прекратить, а решение Y_r принять за приближенное решение задачи. В противном случае, следует положить $Y_0 = Y_r$ и перейти к шагу 3.

В качестве условия окончания итераций может быть использовано достижение предварительно заданного количества итераций, либо окончание полного перебора дискретного множества возможных решений Y_s .

Наилучшее решение Y_i будет содержать оптимальное распределение объема заказа U на i частей u_i .

3 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЗАКАЗА КАБЕЛЕЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА

Необходимо распределить объем заказа силовых кабелей для строительства крупного промышленного объекта. Тендерное задание включает следующую позицию:

Кабель силовой, 1 кВ, с медными жилами 2x185 мм. кв., в ПВХ не распространяющем горение (ВВГнг-1) – **1137 м.**

После проведения предварительного отбора, заказчики остановились на двух участниках:

1. «Энергопром» (Днепропетровск):
 - цена за 1 ед. с НДС – **306,660 грн.;**
 - общая сумма с НДС – **348 672,42 грн.;**
 - срок исполнения – **30 дней.**
2. ООО «КОРТ» (Задачин):
 - цена за 1 ед. с НДС – **344,66 грн.;**
 - общая сумма с НДС – **391 878,97 грн.;**
 - срок исполнения – **21 день.**

При этом коэффициенты относительных приоритетов критериев составляют:

- приоритет критерия «Стоимость заказа» $d_p = 0,54$;
- приоритет критерия «Срок исполнения» $d_t = 0,46$.

В таблицах 1 и 2 приведено множество решений распределения объема заказа с шагом дискретизации 0,2 и с учетом того, что поставщики не ограничили объем одной поставки.

Процесс поиска оптимального решения состоит из следующих шагов:

Шаг 1. За начальное решение Y_0 принимается распределение 1, при котором весь заказ выполняется вторым подрядчиком.

Шаг 2. Для Y_0 значения частных критериев оптимальности составляют:

$$\Phi_p = 391878,97 \text{ грн.},$$

$$\Phi_t = 21 \text{ день.}$$

Шаг 3. Выбирается значение Y_1 как распределение 2.

Шаг 4. Для Y_1 значения частных критериев оптимальности составляют:

$$\Phi_p = 0,2 * 348672,42 \text{ грн} + 0,8 * 391878,97 \text{ грн} = 383237,66 \text{ грн.},$$

$$\Phi_t = \max([0,2 * 30], [0,8 * 21]) = \max(6,17) = 17 \text{ дней.}$$

Шаг 5. Определяются меры изменения качества решения при переходе от Y_0 к Y_1 .

$$\Delta\tilde{\Phi}_p(Y_0, Y_1) = \frac{391878,97 - 383237,66}{391878,97} = 0,0221,$$

$$\Delta\tilde{\Phi}_t(Y_0, Y_1) = \frac{21 - 17}{21} = 0,1905.$$

Таблиця 1. Стоимость заказа из расчета его распределения на доли u_1 и u_2

№	Доля заказа u_1	Доля заказа u_2	Стоимость части заказа u_1	Стоимость части заказа u_2	Общая стоимость заказа
1	0	1	0,00	391 878,97	391 878,97
2	0,2	0,8	69 734,48	313 503,18	383 237,66
3	0,4	0,6	139 468,97	235 127,38	374 596,35
4	0,6	0,4	209 203,45	156 751,59	365 955,04
5	0,8	0,2	278 937,94	78 375,79	357 313,73
6	1	0	348 672,42	0,00	348 672,42

Таблиця 2. Срок исполнения заказа из расчета его распределения на доли u_1 и u_2

№	Доля заказа u_1	Доля заказа u_2	Срок исполнения заказа u_1	Срок исполнения заказа u_2	Общий срок исполнения заказа
1	0	1	0	21	21
2	0,2	0,8	6	17	17
3	0,4	0,6	12	13	13
4	0,6	0,4	18	9	18
5	0,8	0,2	24	5	24
6	1	0	30	0	30

Шаг 6. Очевидно, что при переходе от Y_0 к Y_1 качество решения повышается по обоим параметрам, значит на данном этапе Y_1 – превосходящее решение, и дальнейший поиск следует продолжать относительно него.

Шаг 7. Выбирается значение Y_2 как распределение 3.

Шаг 8. Для Y_2 значения частных критериев оптимальности составляют:

$$\Phi_P = 0,4 * 348672,42 \text{ грн} + 0,6 * 391878,97 \text{ грн} = 374596,35 \text{ грн.},$$

$$\Phi_I = \max\{0,4 * 30, 0,6 * 21\} = \max\{12, 13\} = 13 \text{ дней.}$$

Шаг 9. Определяются меры изменения качества решения при переходе от Y_1 к Y_2 .

$$\Delta\tilde{\Phi}_P(Y_1, Y_2) = \frac{3383237,66 - 374596,35}{383237,66} = 0,0225,$$

$$\Delta\tilde{\Phi}_I(Y_1, Y_2) = \frac{17 - 13}{17} = 0,2353.$$

Шаг 10. Очевидно, что при переходе от Y_1 к Y_2 качество решения повышается по обоим параметрам, значит на данном этапе Y_2 – превосходящее решение, и дальнейший поиск следует продолжать относительно него.

Шаг 11. Выбирается значение Y_3 как распределение 4.

Шаг 12. Для Y_3 значения частных критериев оптимальности составляют:

$$\Phi_P = 0,6 * 348672,42 \text{ грн} + 0,4 * 391878,97 \text{ грн} = 365955,04 \text{ грн.},$$

$$\Phi_I = \max\{0,6 * 30, 0,4 * 21\} = \max\{18, 9\} = 18 \text{ дней.}$$

Шаг 13. Определяются меры изменения качества решения при переходе от Y_2 к Y_3 .

$$\Delta\tilde{\Phi}_P(Y_2, Y_3) = \frac{374596,35 - 365955,04}{374596,35} = 0,0231.$$

$$\Delta\tilde{\Phi}_I(Y_2, Y_3) = \frac{13 - 18}{18} = -0,2778;$$

Максимальное снижение качества решения при переходе от Y_2 к Y_3 составляет:

$$\Delta\tilde{\Phi}_{\min}(Y_2, Y_3) = 0,46 * (-0,2778) = -0,1278.$$

Максимальное повышение качества решения при переходе от Y_2 к Y_3 составляет:

$$\Delta\tilde{\Phi}_{\max}(Y_2, Y_3) = 0,54 * 0,0231 = 0,0125.$$

Поскольку

$$|\Delta\tilde{\Phi}_{\max}(Y_2, Y_3)| < |\Delta\tilde{\Phi}_{\min}(Y_2, Y_3)|,$$

превосходящим решением является Y_2 .

Шаг 14. Выбирается значение Y_4 как распределение 5.

Шаг 15. Для Y_4 значения частных критериев оптимальности составляют:

$$\Phi_P = 0,8 * 348672,42 \text{ грн} + 0,2 * 391878,97 \text{ грн} = 357313,73 \text{ грн.},$$

$$\Phi_I = \max\{0,8 * 30, 0,2 * 21\} = \max\{24, 5\} = 24 \text{ дня.}$$

Шаг 16. Определяются меры изменения качества решения при переходе от Y_2 к Y_4 .

$$\Delta\tilde{\Phi}_P(Y_2, Y_4) = \frac{374596,35 - 357313,73}{374596,35} = 0,0461 ;$$

$$\Delta\tilde{\Phi}_T(Y_2, Y_4) = \frac{13 - 24}{24} = -0,4583 .$$

Максимальное снижение качества решения при переходе от Y_2 к Y_4 составляет:

$$\Delta\tilde{\Phi}_{\min}(Y_2, Y_4) = 0,46 * (-0,45838) = -0,2108 .$$

Максимальное повышение качества решения при переходе от Y_2 к Y_4 составляет:

$$\Delta\tilde{\Phi}_{\max}(Y_2, Y_4) = 0,54 * 0,0461 = 0,0249 .$$

Поскольку

$$|\Delta\tilde{\Phi}_{\max}(Y_2, Y_4)| < |\Delta\tilde{\Phi}_{\min}(Y_2, Y_4)| ,$$

превосходящим решением является Y_2 .

Шаг 17. Выбирается значение Y_5 как распределение 6.

Шаг 18. Для Y_5 значения частных критериев оптимальности составляют:

$$\Phi_P = 348672,42 \text{ грн.},$$

$$\Phi_T = 30 \text{ дней.}$$

Шаг 19. Определяются меры изменения качества решения при переходе от Y_2 к Y_5 .

$$\Delta\tilde{\Phi}_P(Y_2, Y_5) = \frac{374596,35 - 348672,42}{374596,35} = 0,0692 ,$$

$$\Delta\tilde{\Phi}_T(Y_2, Y_5) = \frac{13 - 30}{30} = -0,5667 .$$

Максимальное снижение качества решения при переходе от Y_2 к Y_5 составляет:

$$\Delta\tilde{\Phi}_{\min}(Y_2, Y_5) = 0,46 * (-0,5667) = -0,2607 .$$

Колпакова Т. О.

Аспирант, Запорізького національного технічного університету, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛУ ОБСЯГУ ЗАМОВЛЕННЯ МІЖ ДЕКІЛЬКОХ ПОСТАЧАЛЬНИКІВ У ТЕНДЕРІ

Розглядається проблема оптимального розподілу обсягу замовлення між декількома постачальниками, які беруть участь у тендері. Запропоновано метод багатокритеріальної оптимізації розподілу обсягу замовлення між декількома постачальниками в тендері, який враховує відносні коефіцієнти важливості критеріїв, за якими проводиться оптимізація.

Ключові слова: багатокритеріальна оптимізація, розподіл обсягу замовлення, критерій оптимальності, відносні пріоритети критеріїв.

Максимальное повышение качества решения при переходе от Y_2 к Y_5 составляет:

$$\Delta\tilde{\Phi}_{\max}(Y_2, Y_5) = 0,54 * 0,0692 = 0,0374 .$$

Поскольку

$$|\Delta\tilde{\Phi}_{\max}(Y_2, Y_5)| < |\Delta\tilde{\Phi}_{\min}(Y_2, Y_5)| ,$$

превосходящим решением является Y_2 .

Таким образом, за 19 шагов был совершен полный перебор дискретного множества решений, заданных в таблицах 1 и 2. После завершения перебора наилучшим решением оказалось решение Y_2 , которое соответствует распределению 3. Оптимальным решением задачи будет заключение контракта на 40 % заказа (455 м кабеля) с подрядчиком «Энергопром», и на 60 % заказа (682 м кабеля) с подрядчиком ООО «КОРТ».

При этом общая стоимость заказа уменьшается на 4 %, и общий срок исполнения заказа уменьшается на 38 % относительно решения, при котором весь заказ выполняет подрядчик ООО «КОРТ».

ВЫВОДЫ

Предложенный метод многокритериальной оптимизации позволил распределить объем заказа между несколькими поставщиками согласно критериям стоимости и срока исполнения заказа. При этом он учитывает относительные коэффициенты важности критериев, что позволяет отыскать оптимальное решение в том случае, когда критерии не равнозначны для текущего тендера.

Использование предложенного метода позволяет еще на этапе проведения тендера минимизировать затраты на заказы, уменьшить общее время выполнения заказа относительно планового, и избежать возможных задержек в поставках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Guedas, B.* Compromise Based Evolutionary Multiobjective Optimization Algorithm for Multidisciplinary Optimization / Benoit Guedas, Xavier Gandibleux, Philippe Depince // Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. – 2011. – Volume 648. – P. 69–78.
2. *Seydel, J.* Multicriteria Support for Construction Bidding / J. Seydel, D. L. Olson // Mathematical and Computer Modelling. – 2001. – № 34. – P. 677–702.

Стаття надійшла до редакції 25.10.2013.

Kolpakova T. A.

Postgraduate student, Zaporizhzhya National Technical University, Ukraine

OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION OF ORDERS AMONG MULTIPLE CONTRACTORS IN TENDERING

The problem of optimal distribution of orders among multiple contractors participating in the tender is considered.

During tendering when contract is prepared for signing, some additional requirements can appear. If the selected contractor can't satisfy them, client should choose another contractor or organize one more tender. To avoid this situation client may want to split job among several contractors.

A method for multi-objective optimization of distribution of orders among several contractors in the tender, which takes into account the relative importance of factors of optimization criteria is proposed.

Keywords: multi-objective optimization, distribution of the order volume, criterion of optimality, relative priorities of criteria.

REFERENCES

1. Guedas B., Gandibleux X., Depince Ph. Compromise Based Evolutionary Multiobjective Optimization Algorithm for Multidisciplinary Optimization, *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 2011, Volume 648, pp. 69–78.
2. Seydel J., Multicriteria Support for Construction Bidding, *Mathematical and Computer Modelling*, 2001, No. 34, pp. 677–702.