ЕДНА ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ДВУКРИТЕРИАЛНО ОПТИМИЗИРАНЕ РАЗПРЕДЕЛЕНИЕТО НА КОРАБИ ПО КЕЙОВИ МЕСТА

Доц. д-р Радан Мирянов
Икономически университет – Варна
Гл. ас. д-р Юри Димитров
ИМИ – БАН – София

Резюме

В съвременния морски бизнес изключително важна роля играят пристанищните комплекси и организацията в тях. В настоящия доклад авторите отправят един не толкова технически, колкото икономико-математически поглед към оптимизацията на разпределението на кораби по кейови места вътре в терминала, като разглеждат едни от водещите фактори – разход на време и финансови загуби при товаро-разтоварните дейности. Базирайки икономико-математическия модел върху комбинацията от тези два фактора и някои други ограничения, авторите описват идеята си и я подкрепят с конкретни примери, демонстрирайки и лекотата на изчисленията, извършени онлайн.

Ключови думи: оптимизация, кейови места, морски бизнес.

ONE OPPORTUNITY FOR DOUBLE-CRITERIA OPTIMIZATION OF SHIP DISTRIBUTION AMONG PORT BERTHS

Assoc. prof. Radan Miryanov, PhD
University of Economics – Varna
Assist. prof. Yuri Dimitrov, PhD
IMI – BAS – Sofia

Abstract

Nowadays in the contemporary maritime business a leading role is played by the sea ports and particularly their internal organization. In the present paper the authors analyze the optimization of the distribution of incoming ships among port berths, which is more from point of view of economics and mathematics, rather than technical. Two of the most important criteria are taken into consideration – time wasting and financial costs during the basic port operations. The economic-mathematical model is based on the combination of these factors and some other constraints. The authors not only explain their idea but they add particular examples with a demonstration of the simple online calculations.

Key words: optimization, port berths, maritime business.

Въведение

В наши дни съвременният морски бизнес е място, където биха могли да се генерират и натрупат както сериозни печалби, така и немалки загуби [3]. Именно от тази гледна точка е много важно ресурсите да бъдат правилно разпределени [5] и да се действа след прецизен анализ (нерядко авансов) на товаропотока, в частност на постъпващите в пристанищните комплекси морски съдове [4]. Имайки предвид това, в настоящия доклад авторите предлагат една възможност да бъде изследвана и оптимизирана подредбата на кораби по кейови места, отчитайки два от най-значимите фактори, влияещи негативно на порта – финансовите загуби и изразходването на времеви ресурс [6]. Авторите не се задоволяват само с описание на идеята, но я и апробират, работейки с примерни данни, при което конкретните изчисления биват онагледени, включително и с тяхното онлайн калкулиране.

Целта на настоящия доклад е на основа на модификацията и адаптирането на икономико-математически модел, да бъде отправен един по-различен поглед към оптимизацията на един важен аспект в съвременния морски бизнес, а именно разпределението на кораби по кейови места. Това разпределение, както бе вече казано, е изключително важно за финансовите параметри на порта и трябва да се осъществява след задълбочен авансов анализ.

За постигане на така поставената цел авторите решават следните **задачи**:

1. Чрез модифицирането и адаптирането на икономико-математически модел да се анализира и оптимизира подредбата по кейови места на морските съдове, постъпващи в пристанищния

комплекс.

2. Чрез използването на реалистични примерни данни да се апробира модела и да се определи конкретната подредба на корабите, ползвайки удобни и достъпни изчислителни онлайн средства.

Изложение

Нека имаме n на брой кейови места (или групи от кейове) $K_1, K_2, ..., K_n$, със съответни капацитети $c_1, c_2, ..., c_n$, готови да приемат морски съдове за даден период от време t (обикновено седмица или месец). Нека за въпросния период t договорите на порта сочат, че в него за товаро-разтоварни дейности ще влязат k на брой морски съда от m типа, $S_1, S_2, ..., S_m$, като броят кораби от $j-$ти тип е k_j. Очевидно $k = \sum_{j=1}^{m} k_j$. Ако $i-$тото кейово място (или група от кейове) K_i приеме за обслужване морски съд от $j-$тия тип, то разходът на време (в дни) би бил t_{ij}, а съответните финансови загуби (в хиляди евро) за порта (извън постъпленията по договор) r_{ij}, $i = 1, 2, ..., n$, $j = 1, 2, ..., m$.

Да въведем променливите x_{ij}, $i = 1, 2, ..., n$, $j = 1, 2, ..., m$, имащи значение „брой на корабите от $j-$тия тип, които ще бъдат обслужени на $i-$тото кейово място (или на съответната група от кейове)“. Очевидно, би било целесъобразно променливите да са целочислени (макар в практиката това да не е задължително), а на оптимизация би следвало да се подложи функцията

$$f\left(x_{ij}\right) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} t_{ij}^{\alpha} . r_{ij}^{\beta} . x_{ij} , \qquad (1)$$

като целта ще е да се определи нейният минимум. Степенните показатели α и β са строго индивидуални за всеки порт и показват нивото на значимост на всеки един от двата фактора. Там, където факторът време е по-важен от финансовите разходи по товаро-разтоварната дейност стойността на α ще доминира, а ако ситуацията е обратна, β ще има по-голяма стойност. В конкретния пример, който ние ще разгледаме при апробацията на модела $\alpha = \beta = 1$, отчитайки равна тежест на двата фактора.

От изискването да се изпълнят договорните отношения, имаме

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} \geq k_j , \; j = 1,2,...,m \; , \tag{2}$$

като е ясно, че те ще бъдат изпълнени като равенства, поради съображенията за минимизиране на целевата функция.

Аналогично, от ограниченията в капацитета на всяко кейово място (или група от кейове) ще имаме

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq c_i , \; i = 1,2,...,n \; , \tag{3}$$

като тук те могат да се удовлетворят както като равенства, така и като строги неравенства, поради съществуващата вероятност капацитета на порта да не е натоварен на максимум.

И така, от казаното дотук е ясно, че оптимизацията на подредбата на корабите в пристанищния комплекс би била факт, ако решим задачата:

$$f\left(x_{ij}\right) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} t_{ij}^{\alpha} . r_{ij}^{\beta} . x_{ij} \; \to \min , \tag{4}$$

при условия:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} \geq k_j , \; j = 1,2,...,m \; , \tag{5}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq c_i , \; i = 1,2,...,n \; , \tag{6}$$

$$x_{ij} \in \mathrm{N}_0 , \; i = 1,2,...,n \; , \; j = 1,2,...,m \, . \tag{7}$$

Практическото решаване на подобен род задача не е технически трудоемко със съвременните онлайн средства и апробацията с конкретни стойности ще демонстрира именно това. Нещо повече – след конкретните изчисления, те биха могли да се модифицират с лекота при настъпване на промяна в данните (напр. $\alpha \neq \beta \neq 1$), което в съвременните икономически условия е често срещан факт.

Да разгледаме конкретен пример, въз основа на който ще изясним и ще приложим на практика гореописаните разсъждения. Нека разгледаме кейовите места в пристанище Варна-Запад. Те са обособени в четири групи, в зависимост от характеристиките и съоръженията им, така като е показано на фиг. 1. Нека за плановия период t в пристанището ще постъпят за обслужване 30 кораба от четири типа (в зависимост от товара им, големината, газенето или други параметри). Следователно в нашия случай $i = j = 4$, $k = 30$, а както вече уточнихме $\alpha = \beta = 1$.

Матрицата T, в която са посочени съответните времена за обслужване t_{ij} нека е съответно:

$$T = \begin{pmatrix} 1,5 & 1,2 & 1,3 & 1,7 \\ 2 & 1,4 & 1 & 2,3 \\ 1,1 & 2 & 1,5 & 1,6 \\ 1,1 & 1,3 & 1,2 & 3 \end{pmatrix},$$

а матрицата R, в която са финансовите разходи по дейностите r_{ij} е:

$$R = \begin{pmatrix} 3 & 4 & 4 & 3 \\ 3 & 3 & 5 & 3 \\ 4 & 4 & 3 & 3 \\ 5 & 4 & 5 & 2 \end{pmatrix}.$$

Нека съответните бройки кораби по типове са $k_1 = 6$, $k_2 = 7$, $k_3 = 8$ и $k_4 = 9$, а капацитета на четирите групи кейови места е съответно $c_1 = 8$, $c_2 = 9$, $c_3 = 10$ и $c_4 = 10$.

Фиг. 1

Методите за решаване на задачата (4)-(7) са добре известни [1] и често са използвани в литературата при разглеждане на подобни проблеми [2], но завишеният брой променливи би създал техничес-ки затруднения. По тази причина ще демонстрираме решението ѝ онлайн, използвайки платформата https://www.zweigmedia.com/ RealWorld/simplex.html , като за по-голямо удобство при синтаксиса ще преозначим всяка една от променливите както следва:

$$\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & x_{34} \\ x_{41} & x_{42} & x_{43} & x_{44} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & y & z & w \\ m & n & p & q \\ u & v & r & s \\ a & b & c & d \end{pmatrix}.$$

Икономико-математическият модел придобива вида:

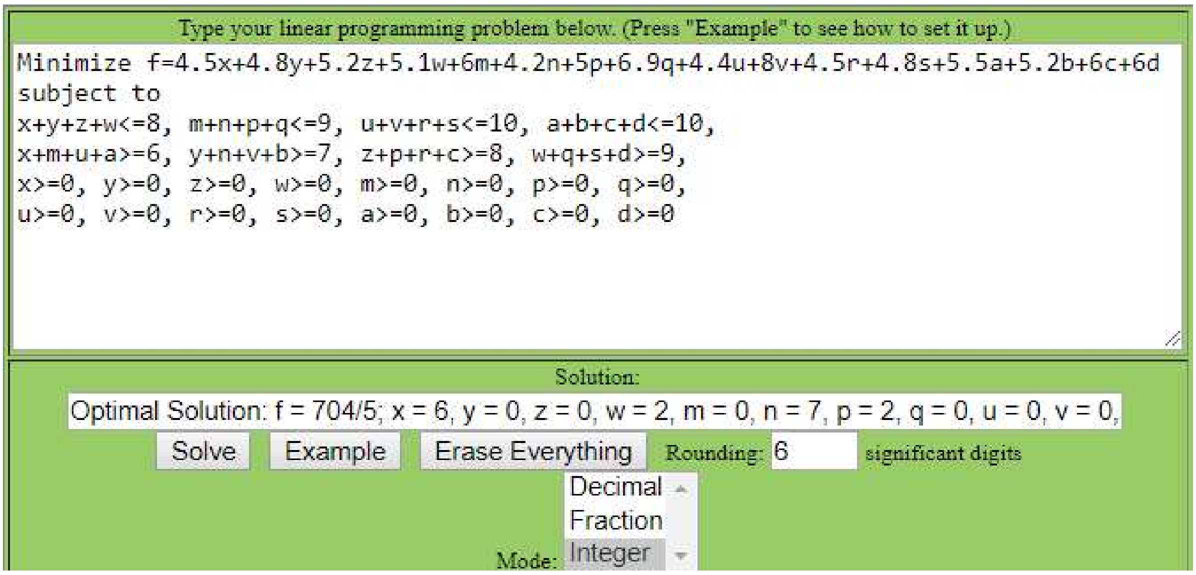
$$\begin{aligned} f\left(x_{ij}\right) = {} & 4,5x + 4,8y + 5,2z + 5,1w + \\ & + 6m + 4,2n + 5p + 6,9q + \\ & + 4,4u + 8v + 4,5r + 4,8s + \\ & + 5,5a + 5,2b + 6v + 6d \to \min . \end{aligned}$$

Ограничителните условия, описани в съответствие с преозначаването на променливите са:

$$x + y + z + w \le 8,$$
$$m + n + p + q \le 9,$$
$$u + v + r + s \le 10,$$
$$a + b + c + d \le 10,$$
$$x + m + u + a \ge 6,$$
$$y + n + v + b \ge 7,$$
$$z + p + r + c \ge 8,$$
$$w + q + s + d \ge 9,$$

като всички променливи трябва да са неотрицателни цели числа.

На фиг. 2 е представена решената чрез платформата задача:



Фиг. 2

От оптималното решение, което системата посочва:

f = 704/5; x = 6, y = 0, z = 0, w = 2, m = 0, n = 7, p = 2, q = 0, u = 0, v = 0, r = 6, s = 4, a = 0, b = 0, c = 0, d = 3

се вижда, че най-голяма полза пристанището би имало първата група кейови места да обслужва предимно кораби от първи тип – шест на брой и само два от четвърти тип. При втората група кейови места пропорциите са други – те трябва да приемат 7 кораба от втори тип и 2 от трети. Третата група кейове трябва да приемат 6 кораба от трети тип и 4 от четвърти, а последната група кейови места трябва да обслужи само 3 кораба – всичките от четвърти тип. Интересно за отбелязване е, че само неравенството на последната група кейове не се удовлетворява като равенство, което означава, че тя е неизгодна и пристанищните власти трябва да избягват разпределянето на морски съдове на тези кейови места или да предприемат мерки за реорганизацията им. Лесно може да се провери също така, че договорните отношения са изпълнени за корабите от всеки тип.

Заключение

От казаното дотук става ясно, че разгледаният икономико-математически модел се решава без сериозни технически трудности, а същевременно е от голямо значение за оптималното изпълнение на дейности по разпределение на морските съдове в пристанищните комплекси. Авторите считат, че тази информация би могла да бъде изключително ценна при авансовото анализиране на ситуацията и да даде реални практически насоки по изпълнението на процесите, свързани с пристанищните дейности. Разбира се, темата може без особени затруднения да бъде пренесена и върху по-широк спектър от практически ситуации, като например по-голям брой дейности, свързани с описания процес или дори промяна на самия процес и заместването му с други значими за морския бизнес процедури.

Използвана литература

1. Атанасов, Б. (2009) *Оптимизационни методи*. Варна: Наука и икономика.

2. Николаев, Р., Т. Милкова (2014) *Оптимално позициониране и закрепване на звена в логистични системи*, „Наука и икономика”, Варна.

3. Ducruet, C. and Notteboom, T. (2011) *The worldwide maritime shipping network*. Paris: GN.

4. Fremont, A. (2009) *Shipping lines and logistics*. London: Transport Reviews.

5. Karatas, C.C. and Cerit, A.G. (2010) *Organizational Effectiveness at Seaports: a systems approach*. MPM 37(3).

6. Verhoeven, P. (2010) *A review of port authority functions: towards a renaissance*, MPM 37(3).

Контакти:

Доц. д-р Радан Мирянов

E-mail: miryanov@ue-varna.bg

Гл. ас. д-р Юри Димитров

E-mail: yuri.dimitrov@ltu.bg