Механика Транспорт Комуникации ISSN 1312-3823 (print)
ISSN 2367-6620 (online)
том 21, брой 2, 2023 г.
Научно списание http://www.mtc-aj.com статия № 2367

ОПТИМИЗАЦИЯ НА НАТОВАРВАНЕТО НА ТОВАРО-РАЗТОВАРНИ МАШИНИ ЗА НАСИПНИ МАТЕРИАЛИ

Даниел Василев Василев,
da_vava@abv.bg

ВТУ „Тодор Каблешков“, София, България
ул. „Гео Милев“ 158, 1574, София
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: *Оптимизация, натоварване на транспортни средства, насипни товари, линейно програмиране, статично натоварване, експлоатационни разходи.*

Резюме: *В статията е представен метод за определяне на оптималното съотношение и общото количество товари с различна плътност.. В нея са представени различни задачи за определяне на оптималното съотношение на товари с различна плътност, които трябва да се поставят в дадено техническо средство, като се разделят на няколко основни групи. Също така са разгледани натоварвания на различни видове товари в еднотипни и разнотипни транспортни средства, както и оптимизация, която се извършва при критерий за максимално общо статично натоварване на подадените празни ТС, без да се отчита разходите за придвижването им между товарно-разтоварните фронтове. Предложена е оптимизация, която се извършва при критерий минимални общи експлоатационни разходи за придвижване на технически средства между товарно-разтоварни фронтове и превозване на товарите с тях до потребителите.*

МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОПТИМАЛНОТО СЪОТНОШЕНИЕ И ОБЩОТО КОЛИЧЕСТВО ТОВАРИ С РАЗЛИЧНА ПЛЪТНОСТ

Задачите за определяне на оптималното съотношение на товари с различна плътност, които трябва да се поставят в дадено техническо средство, се разделят на две основни групи:

- системата за управление е един товарно - разтоварен фронт (ТРФ) , на които от определен източник се подават за запълване (натоварване) J вида празни ТС /j = 1,2…… J/ с I/I =1,2….. I/ вида товари (респективно на I броя ТРФ). Търси се стойността на параметъра за управление на системата (управляващият параметър), който представлява количеството (в t) от всеки i-ти вид товар, което трябва да се постави в ТС от вид j така, че да се постигне максимално използване на неговата товароносимост P (максимална полезна маса на товара в t);

-системата за управление се състои от няколко физически разделени ТРФ, т.е. от няколко подсистеми, между които трябва да се разпределят празни, транспортни средства от тип j при тези задачи в най-общия случай се търси оптимален план за разпределение на фиксирано количество празни ТС, намиращи се в К /k = 1, 2…..К/ източника между R /r =1,2….R/ пунктове (ТРФ) за натоварване. Следователю задачите от тази група са по-общи и освен количеството товар от вид i, натоварено в пункт r в ТС от вид j, подадени от k-ти източник на празни ТС, трябва да се определи втори управляващ параметър, който представлява броя на техническите средства от вид j, постъпили от източника **к** в пункта за натоварване **r.** Двата параметъра на управлението на системата могат да определят при критерий за оптималност максимално количество товар поставен в техническите средства (т.е. максимално статично натоварване) или при критерий минимални експлоатационни разходи за превозване (придвижване) на празните технически средства от **k** -ти източник до r-mu ТРФ и за превозване на товарите от ТРФ до получателите[1.3]

При разглеждане на типичните задачи и на методите за тяхното решаване, ще уточним, че количеството на всеки товар, което ще се помести в ТС от тип j както и общото им количество, зависят от отношението между $\boldsymbol{v_i}$, и $\boldsymbol{w_j}$ където $\boldsymbol{w_j}$ е относителната товаровместимост на ТС от j-ти вид в $\boldsymbol{m^3/t}$.

Пълно използване на Р (съответно обема V) на ТС се постига при запълването му с еднороден товар, на който $\boldsymbol{v_i}=\boldsymbol{w_j}$, .

Когато $\boldsymbol{v_i} < \boldsymbol{w_i}$, товарът условно се нарича "тежък", а при $\boldsymbol{v_i} > \boldsymbol{w_j}$,"лек". В зависимост от това са възможни следните случаи:

а. $\boldsymbol{v_i} < \boldsymbol{w_i}$ за всички стойности на i и j, т.е. товарите са само "тежки" и максималното общо количество товар махQ_{T_j}, което може да се помести в ТС от j-ти вид се ограничава от неговата товароносимост P_j, която се използва напълно.[2.5]

/1/ max. $Q_{T_j} = P$, t /j=1,2……J/,

докато товарния обем V_j, за j-тия вид ТС се използва частично и максималния общ обем на поставения товар max.V_{T_j}, е

/2/ max. $V_{T_j} < V_j$, m^3 /j=1,2……J/,

б. $\boldsymbol{v_i} > \boldsymbol{w_i}$ за всички стойности на i и j, т.е. товарите са само "леки" и максималното общо количество товар max Q_{T_j}, което може да се помести се ограничава от V_{T_j} , който се използва напълно

/3/ max. $V_{T_j} = V_j$, m^3 /j=1,2……J/,

докато P_j се използва частично

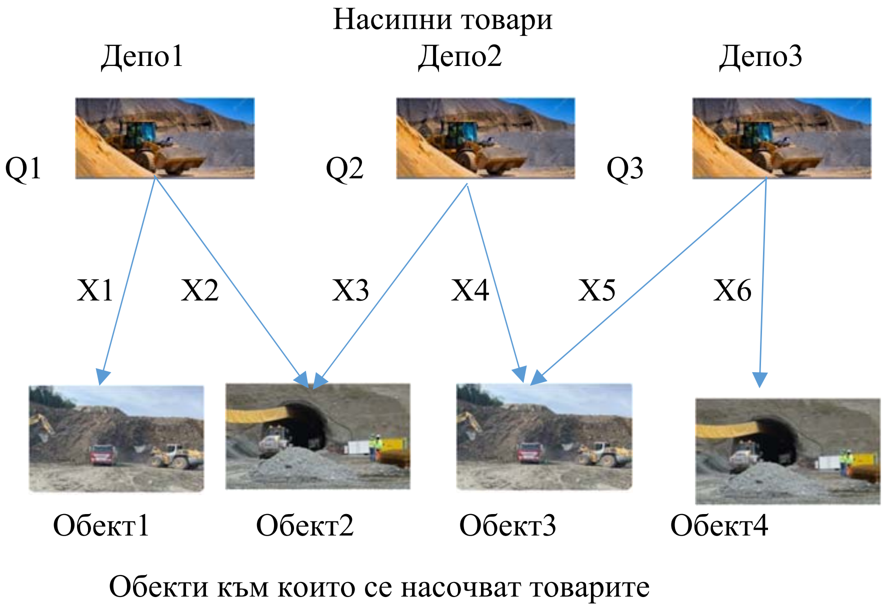
/4/ max. $Q_{T_j} < P$, t /j=1,2……J/,

1. Задачи от първа група

Възможни са две основни постановки едната е, когато има наличие само на еднотипни ТС, а другата-при наличие на разнотипни ТС.

Еднотипни технически средства

На един ТРФ се намират няколко вида товари, като количеството и плътността на всеки от тях са известни. Товарите трябва да се поставят (натоварят) в ТС, за да се транспортират само до един краен получател (фиг. 1). Всички товари позволяват съвместно транспортиране, т.е. в едно ТС могат да се поставя товари от всички видове. Няма ограничение в броя на наличните ТС, т.е. задачата е с излишък на ТС.



Фиг. 1. Еднотипни машини за насипни товари и един ТРФ с няколко вида товар

Целевата функция на математичния модел на формулираната задача може да се запише в следния вид:

/5/ $R^* = \sum_{i=1}^{I} X_i \rightarrow max$, t

при ограничения:

/6/ $\sum_{i=1}^{I} X_i \leq P$, t

/7/ $\sum_{i=1}^{I} X_i / \gamma_i \leq V$, m^3

/8/ $X_i \sum_{i=1}^{I} Q_i - Q_i \sum_{i=1}^{I} X_i = 0$ /i=1,2……….I/,

/9/ $X_i \geq 0$, t /i=1,2………I/,

където:

Q_i е количеството товар от i-ти вид, което трябва да се натовари от ТРФ в ТС, t.

X_i - търсеното количество товар от i-ти вид, което да се натовари в едно ТС, t.

Ограничение /6/ осигурява, поставеното количество товар в едно ТС да не превиши неговата товароносимост, а ограничение /7/-обемът на натовареното общо количество товар в едно ТС да не превишава неговия товарен обем. Ограничение /8/дава логичната връзка, че количеството товар, натоварено в ТС е равно на подлежащото за натоварване от ТРФ количество товар. Ограничение /9/ осигурява решение в областта на реалните положителни числа. Следното отношение показва общия брой **n** на натоварените ТС.

/10/ n=$\sum_{i=1}^{I} Q_i / \sum_{i=1}^{I} X_i$, бр.

Когато задачата трябва да се реши в условията на недостиг на ТС т.е. при известен и ограничен брой **n** на подадените на ТРФ празни еднотипни ТС, koumo не могат да осигурят извозването на цялото количество товар, то ограничение /8/ се записва във вида:

/11/ $nX_i \leq Q_i$, t /i= 1,2………..I/

Ограничение /11/осигурява в наличните ТС от i-ти вид да не се постави по-голямо от наличното на ТРФ количество от i-тия вид товар. Същевременно чрез него решението може да препоръча някои от видовете товари да се натоварят в ТС частично или въобще да не се натоварват. В случай, че някои от видовете товар трябва да се натоварят приоритетно, то в ограничение/11/ за съответната стойност на i се записва равенство (например $nX_i = Q_i$ при /i - 2,3,5/.[4]

Разнотипни технически средства

Тази задача е по-обща от предходната. Тя се решава при излишък на празни ТС, но броят n_j на всеки вид ТС /j=1,2…..J/ е ограничен и известен. Всички останали условия се запазват, както в задачата с еднотипни ТС. Математичният модел има следната целева функция:

/15/ $R^* = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} X_{ij} \rightarrow max$,t

при ограничения

/16/ $\sum_{i=1}^{I} X_{ij} \leq P_j$, t /j=1,2…….J/

/17/ $\sum_{i=1}^{I} X_{ij} / \gamma_i \leq V_j$, m^3 /j=1,2…….J/

/18/ $\sum_{j=1}^{J} nX_{ij} \geq Q_i$, t /i=1,2………..I/,

/19/ $X_{ij} \geq 0$, t /i=1,2……….I; j=1,2……….J/

където:

X_{ij} е търсеното количество товар от i-mu вид, което да се натовари в едно ТС от j-mu вид, t.

Останалите означения са същите, както в модела /5/-/9/. Ограничения /16/ и /17/ осигуряват натовареното общо количество товар в едно ТС да не превишава съответно неговата товароносимост и обем. Ограничение /18/ гарантира натоварване в ТС на цялото налично на ТРФ количество товар.

В условията на недостиг на ТС, моделът /15/-/19/се трансформира в следния вид:

- целевата функция /15/:

/20/ $R^* = \sum_{j=1}^{J} n_j \sum_{i=1}^{I} X_{ij} \rightarrow max$,t

- ограничение /18/

/21/ $\sum_{j=1}^{J} n_j X_{ij} \leq Q_i$, t /i=1,2………..I/, В този случай целевата функция /20/ осигурява постигане на максимално натоварено количество товар във всички подадени на ТРФ празни ТС. Ограничение /21/ ограничава, натовареното общо количество товар от всеки вид да не превишава наличното на ТРФ.

Ако в оптималното решение в ограничение /21/ за всяко i се получи равенство, това означава, че цялото налично количество товар от отделните видове е натоварено в наличните празни ТС, т.е. задачата е решена, като такава с излишък на ТС.[1.4.5]

2. Задачи от втора група.

В зависимост от критерия на оптималност, тези задачи се разделят на две подгрупи:

- оптимизацията се извършва при критерий за максимално общо статично натоварване на подадените празни ТС, без да се отчита разходите за придвижването им между ТРФ. Игнорирането на разходи е допустимо, когато те са незначителни по абсолютна стойност или се различават несъществено за отделните варианти на разпределение;

-оптимизацията се извършва при критерий минимални общи експлоатационни разходи за придвижване на ТС между ТРФ и превозване на товарите с тях до потребителите.[4]

ЗАДАЧА

2. Инертни материали са депонирани в три депа, който материали трябва да се предоставят на четири строителни обекта разположени в Депо1(1), Депо2(2) и Депо3(3), чиито месечен капацитет не надхвърля съответно 10000м^3, 12000м^3 и 14000м^3. Всеки месец фирмата трябва да изпраща добитото количество материал до четири обект1(1), обект2(2), обект3(3) и обект4(4) в количества съответно 9000м^3, 6000м^3, 6000м^3 и 13000м^3. Разходите за транспортиране на 1м^3 насипен материал (в лв.) от депата до а обектите са дадени в таб. 1.

Таблица 1

	Обект1(Об1)	Обект2(Об2)	Обект3(Об3)	Обект4(Об4)
Депо1	5,00	3,50	4,20	2,20
Депо2	3,20	2,60	1,80	4,80
Депо3	2,50	3,10	3,30	5,40

Да се формулира и реши линейна оптимизационна задача, с чиято помощ насипния товар от съответните депа да бъде транспортирана при минимални сумарни разходи и нуждите на отделните обекти да бъдат задоволени.

Оптимизационната задача е да се превози насипен товар от съответните депо до съответните обекти при минимални разходи, като се задоволят нуждите на съответните обекти.

/22/ R_{min} = Q1* Об1 + Q1* Об2 + Q1 * Об3 + Q1* Об4 + Q2* Об1 + Q2* Об2 + Q2 * Об3 + Q2* Об4 + Q3* Об1 + Q3* Об2 + Q3 * Об3 + Q3* Об4

При следните ограничения:

1. Количеството на произведения товар да по-голям или равен на количеството превозен материал (м3)

/23/ Qc +Qп+Qв>= Qиз+Qзап+Qсев+Qюг

2. Произведените и транспортираните количество товари да са положителни числа.

/24/ Qc ,Qп, Qв Qиз,Qзап,Qсев,Qюг >=0

Налични количества в депата (м3) **Таблица 2**

	Обект1(Об1)	Обект2(Об2)	Обект3(Об3)	Обект4(Об4)	Остатък
Депо1	0	0	0	10000	0
Депо2	0	3000	6000	3000	0
Депо3	9000	3000	0	0	2000

Оптимални количества за транспортиране (м3) Необходими количества материал за обектите (м3)

Таблица4

Депо1	Q1	10000
Депо2	Q2	12000
Депо3	Q3	14000

Таблица 3

Обект1	9000
Обект2	6000
Обект3	6000
Обект4	13000
Остатък	2000

Решаването на оптимизационната задача, на базата на целевата функция /22/, при въведените ограничения /23/ и /24/ е извършено, чрез използване на методите на целочисленото линейно програмиране с помощта на MS Excel и Solver (фиг.2 и фиг.3):

Microsoft Excel 15.0 Sensitivity Report
Worksheet: [Транспортна задача.xlsx]Sheet1
Report Created: 29.9.2023 г. 21:26:45

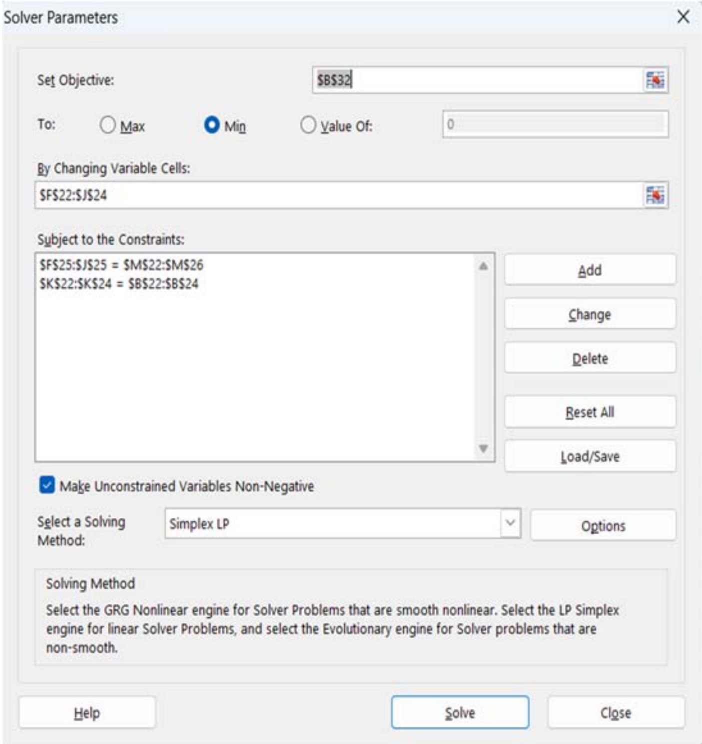
Variable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
F22	Депо1 Обект1	0	0,56	0,5	1E+30	0,56
G22	Депо1 Обект2	0	0,35	0,35	1E+30	0,35
H22	Депо1 Обект3	0	0,5	0,42	1E+30	0,5
I22	Депо1 Обект4	10000	0	0,22	0,31	1E+30
J22	Депо1 остатък	0	0,31	0	1E+30	0,31
F23	Депо2 Обект1	0	0,12	0,32	1E+30	0,12
G23	Депо2 Обект2	3000	0	0,26	0,05	0,01
H23	Депо2 Обект3	6000	0	0,18	0,1	1E+30
I23	Депо2 Обект4	3000	0	0,48	0,01	0,31
J23	Депо2 остатък	0	0,05	0	1E+30	0,05
F24	Депо3 Обект1	9000	0	0,25	0,12	1E+30
G24	Депо3 Обект2	3000	0	0,31	0,01	0,05
H24	Депо3 Обект3	0	0,1	0,33	1E+30	0,1
I24	Депо3 Обект4	0	0,01	0,54	1E+30	0,01
J24	Депо3 остатък	2000	0	0	0,05	1E+30

Constraints

Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
F25	Xij j Обект1	9000	0,2	9000	0	3000
G25	Xij j Обект2	6000	0,26	6000	0	3000
H25	Xij j Обект3	6000	0,18	6000	0	6000
I25	Xij j Обект4	13000	0,48	13000	0	3000
J25	Xij j остатък	2000	-0,05	2000	0	2000
K22	Депо1 Xij i	10000	-0,26	10000	3000	0
K23	Депо2 Xij i	12000	0	12000	0	1E+30
K24	Депо3 Xij i	14000	0,05	14000	3000	0

Фиг.2.



Фиг.3.

При извършването на съответните изчисления се установява че минималните разходи за превозване на съответните количества насипен товар от депата (Таб. 2) до обектите (Таб.3) ще възлизат на 8680 (лв).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Съставянето на математически модел на базата на симплекс метод дава възможност да се оптимизира разпределението на насипния товар в зависимост от наличните в депата и съответно нуждите на обектите при оптимални разходи за транспортиране на насипните товари при различни изходни данни.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Д. Петров ,С. Стоянов „Оптимизация на товарно-разтоварни и складови процеси“ Печатница на ВВТУ „Т. Каблишков“, София, 1993

[2] Петров, Д. П. „Моделиране и оптимизация на развитието на системата за манипулиране на товари в транспорта. С., Хабилитационен труд,1981.

[3] 23. В.Василев, Б. Петков, Е. Йончев – „Устройство за подаване на насипни материали от траншеен бункер“ – Х1 Научна Конференция с Международно Участие „ТЕМРТ 2001”, стр. 209-212.

[4] Смехов, А. А. „ Построение математической и сетевой стохастичиской модели грузовой станции методам статистических испитаний. М.,ТрудьМИИТ, вьп 300,1970.

[5] Бабарикин, Вл., Л. Мутафчиев, Г. Грозев. „Математически методи за планиране на автомобилните превоз“. Варна,ДИ,1968.

[6] Бонев, К., Р. Недев, Р. Василев, Р. Стайков., „Математически методи за изследване на операциите.“ В., Г.Бакалов,1975.

OPTIMIZATION OF LOADING TRANSPORT MACHINES WITH BULK CARGO

Daniel Vasilev
da_vava@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Str., 1574, Sofia
THE REPUBLIC OF BULGARIA

Key words: *optimization, loading transport machines, bulk cargo, linear programming, static load, operating expenses*

Abstract: *The article presents a method for measuring the optimal proportion and total quantity of loads with various density. Several tasks are examined as to define the optimal proportion of various density loads placed in a technical machine dividing them in several groups. Several types of loading of various types of transportation machines are analyzed, as well as an optimization by criterium of maximum total static loading of empty transportation machines, without accounting for the transportation expenses between loading points. An optimization that takes into account the criterium for maximum total operating expenses of transporting technical machines between unloading points and transporting loads to consumers is proposed.*