LMD konf. darbai, 241–244
1997, Vilnius

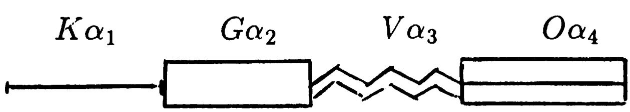
Apie vieną multimodalinių vežimų planavimo uždavinį

D. Bagdonienė (VGTU)

Vienas iš svarbių transporto organizacijų veiklos uždavinių – vežimų proceso valdymas, gabenant krovinius. Multimodalus vežimas, tai tokia krovinių (arba keleivių) vežimo technologija, kada krovinys (keleivis) vežami vienu ir tuo pačiu transporto vienetu, panaudojant kelias transporto rūšis. Analizuojant vežimus, galima išskirti geležinkelių transportą (vagonai, lokomotyvai, konteineriai ir kt.), vandens transportą (laivai, konteineriai ir kt.), kelių transportą (vilkikai, treileriai, konteineriai ir kt.) ir kt. [1].

Vežimų valdymo efektyvumas labai priklauso nuo krovinių paskirstymo atskiroms transporto rūšims, nuo naudojamų transporto priemonių, t.y. nuo optimalios krovinių vežimų eilės sudarymo.

Šiame darbe ir nagrinėjamas vienas iš optimalaus vežimų grafiko sudarymo klausimų. Tam tikslui kiekvienas užsakymas išdėstomas laiko intervalais (žr. 1 pav.).



1 pav.

čia

$K\alpha_1$ – kelių transportas laikotarpiu α_1;

$G\alpha_2$ – geležinkelių transportas laikotarpiu α_2;

$V\alpha_3$ – vandens transportas laikotarpiu α_3;

$O\alpha_4$ – oro transportas laikotarpiu α_4.

Tegul intervale $(0, T]$ gauta L^k užsakymų ($L^k < N$), kuriuose nurodomas transporto priemonių panaudojimo laikas, t.y. intervale $(0, T]$ apibrėžta aibė $S^k = (S_1^k, S_2^k, \ldots, S_{L^k}^k)$,

$$S_i^k = \left(\left|H_{i,1}^{k,r(i,1)}\right|, \left|H_{i,2}^{k,r(i,2)}\right|, \ldots, \left|H_{i,R_i}^{k,r(i,R_i)}\right|\right) \quad (i = 1, \ldots, L^k,\ k \in 1 \ldots, Q\ ),$$

$\left|H_{i,l}^{k,r(i,l)}\right|$ – r-os transporto priemonės darbo laikas i-o krovinio transportavimui l-tame etape;

R_i – i-o užsakymo transporto priemonių panaudojimo etapų skaičius;

k – transporto įmonės ar jos filialo numeris.

Transportuojant krovinius r-os transporto priemonės užimtumas išreiškiamas

$$|H_r^k| = \sum_{i=1}^{L^k} \sum_{l=1}^{R_i} \alpha_{i,l} |H_{i,l}^{k,r(i,l)}|,$$

čia

$$\alpha_{i,l} = \begin{cases} 1, & r(i,l) = r, \\ 0, & \text{priešingu atveju;} \end{cases}$$

$r(i,l)$ – transporto priemonės tipas i-am kroviniui l-ame etape; simbolis $|z|$ reiškia atkarpos z ilgį.

Tada kiekvienas užsakymas išreiškiamas transporto priemonių darbo grafiku:

$$S_i^k = \bigcup_{j=1}^{R_i} H_{i,j}^{k,r(i,j)}, \qquad (i = 1, 2, \dots, L^k), \ k \in 1\, 2, \dots, Q$$

sudarytų iš R_i nesikertančių intervalų

$$H_{i,1}^{k,r(i,1)}, H_{i,2}^{k,r(i,2)}, \dots, H_{i,R_i}^{k,r(i,R_i)}.$$

Tegul $A^k = (A_1^k, A_2^k, \dots, A_z^k)$ aibė visų galimų S^k poaibių ir, be to, visi S^k elementai patenkina sąlygas:

$$\begin{aligned} &H_{i,n}^{k,r(i,n)} \bigcap H_{i,m}^{k,r(i,m)} = 0, \quad \text{kai } n \neq m (n, m = 1, 2, \dots, q;\ k \in \{1, 2, \dots, Q\}); \\ &B_{i,l}^{k,r(i,l)} \leqslant A_{i,l+1}^{k,r(i,l+1)} \qquad (i = 1, 2, \dots, L^k;\ l = 1, 2, \dots, R_i - 1); \\ &B_{i,R_i}^{k,r(i,R_i)} \leqslant \tau_i^k, \end{aligned} \tag{1}$$

čia

$A_{i,l+1}^{k,r(i,l+1)}$ – i-o užsakymo r-os transporto priemonės panaudojimo pradžia $(l+1)$-ame etape;

$B_{i,l}^{k,r(i,l)}$ – i-o užsakymo r-os transporto priemonės panaudojimo pabaiga l-ame etape;

τ_i^k – užsakyme nurodytas jo įvykdymo laikas.

Aišku, kad $|H_{i,l}^{k,r(i,l)}| = B_{i,l}^{k,r(i,l)} - A_{i,l}^{k,r(i,l)}$.

Tada multimodalinių vežimų plano optimizacijos uždavinys: intervale $(0, T]$ sudaryti tokią eilę A^*, kad užsakymų įvykdymo laikas būtų minimalus, t.y.

$$F(A^*) = \min_{A^k} \left[\max_r \sum_{i=1}^{L^k} \sum_{l=1}^{R_i} \alpha_{i,l} \left(\delta_{i,l}^{k,r(i,l)} + |H_{i,l}^{k,r(i,l)}| \right) \right] \tag{2}$$

ir būtų tenkinami apribojimai (1) ir

$$\sum_{i=1}^{M^k} v(S_i^k) \leqslant V^k, \tag{3}$$

čia

$\delta_{i,l}^{k,r(i,l)}$ – i-tojo krovinio prastova l-ame etape, laukiant r-tos transporto priemonės,
$v(S_i^k)$ – transporto priemonių pajėgumai S_i^k užsakymams įvykdyti,
V^k – k-os įmonės transporto priemonių pajėgumai,
M^k – transporto priemonių skaičius,
N – visų užsakymų skaičius.

Šio uždavinio sprendimui įvedama atstumo tarp poaibių A_i^k elementų metrika.

Tegul $S_1^k = (H_{1,1}^{k,r(1,1)}, \ldots, H_{1,v}^{k,r(1,v)})$, $S_2^k = (H_{2,1}^{k,r(2,1)}, \ldots, H_{2,w}^{k,r(2,w)}) \in A_i^k$, $v \neq w$. Įvesime operaciją Θ elementams $H_{i,s}^{k,r(i,s)}$ $(s = 1, 2, \ldots, v)$ ir $H_{j,p}^{k,r(j,p)}$ $(p = 1, 2, \ldots, w)$ taip:

$$H_{i,l}^{k,r(i,l)} \Theta H_{j,l}^{k,r(j,l)} = \begin{cases} 0, & \text{kai } H_{i,l}^{k,r(i,l)} \bigcap H_{j,l}^{k,r(j,l)} \neq \emptyset \text{ ir } r(i,l) = r(j,l); \\ 1, & \text{priešingu atveju,} \end{cases} \tag{4}$$

$l = 1, 2, \ldots, \min(v, w)$.

Atstumu tarp elementų $S_1^k, S_2^k \in A_i^k$ vadinsime dydį

$$r_1(S_1^k, S_2^k) = \sum_{t=1}^{\min(v,w)} \left(H_{1,t}^{k,r(1,t)} \Theta H_{2,t}^{k,r(2,t)}\right) + |v - w|, \tag{5}$$

tenkinantį atstumo aksiomas [4]. $A_i^k \subset A^k$ – metrinė erdvė ir jos metrika (5). Taško $A \subset A^k$ spindulio ρ aplinka $L_\rho(A)$ vadinsime visumą erdvės A^k taškų, tenkinančių nelygybę $r(A, x) \leqslant \rho$.

Tokiu būdu aplinką $L_\rho(A)$ sudaro taškas A ir aibės A^k taškai, nutolę atstumu $1, 2, \ldots, \rho$.

Tegul aibę $R^k \in A^k$ sudaro taškai, tenkinantys (1) sąlygas. $\overline{A} \in R^k$ pavadinsime funkcijos $F(A)$, apréžtos srityje $R^k \in A^k$, lokaliu minimumu, jei egzistuoja toks $\rho > 0$, kad $F(A) \geqslant F(\overline{A})$ visiems $A \in L_\rho(A) \cap R^k$, o aibė $L_\rho(A) \cap R^k$ turi bent vieną tašką, skirtingą nuo $\overline{A}$.

Funkcijos $F(A)$ srityje R^k „kritimo" vektorius [4] randamas taip:

$$R(A) = \left(\Delta\left(A, A^1\right), \Delta\left(A, A^2\right), \ldots, \Delta\left(A, A^g\right)\right),$$

čia A^i $(i = 1, 2, \ldots, g)$ aibės $L_\rho(A) \cap R^k$ taškai, nesutampantys su A.

$$\Delta(A, A^i) = F(A^i) - F(A) \qquad (i = 1, 2, \ldots, g)$$

Jei visi $\Delta(A, A^i) \geqslant 0$, tai

$$F(A) = \min_{A^i \in L_\rho(A) \cap R^k} F(A^i).$$

Jei $A \in R^k$ nėra funkcijos $F(A)$ lokalinis minimumas, tai „kritimo" vektoriaus $R(A)$ kryptimi galima rasti tokį $A' \in L_\rho(A) \cap R^k$, kad $F(A') < F(A)$, t.y. $\Delta(A, A') \leqslant 0$. Procesas tęsiamas, kol gaunamas tam tikras lokalinis minimumas, t.y. sudaroma tokia užsakymų vykdymo eilė, kad prastovos būtų minimalios.

LITERATŪRA

[1] A. Baublys, *Keleivių ir krovinių vežimai kelių transportu*, V., 1994.

[2] A. Baublys, *Krovinių vežimai geležinkelių, vandens ir oro transportu*, V., 1995.

[3] G. Reklaitis, A. Revidran, K. Rėgsdel., *Optimizacija technikoje*, M., 1986 (rusų kalba).

[4] И.В. Сергиенко, О применении метода вектора спада для решения задач оптимизации комбинаторного типа, *Управляющие системы и машины*, К., 1995,

Multimodal transport planing task

D.Bagdonienė

The article deals with multimodal transport algorithm minimising cargo handling delays.