ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975
Seria: Matematyka-Fizyka z. 26 Nr kol. 441

Jerzy KACZMARSKI

O STABILNOŚCI ROZWIĄZAŃ ZAGADNIENIA TRANSPORTOWEGO

Streszczenie. Artykuł poświęcony jest badaniom warunków stabilności rozwiązań danego zagadnienia transportowego przy użyciu metod opisanych w pracy: "Zagadnienie transportowe w związku z budową sieci. Część I i II".

Część III. Stabilność rozwiązań

1. Oznaczenia i pierwsze uwagi

Ponieważ bardzo często będziemy zmuszeni korzystać z oznaczeń i faktów wprowadzonych w [1], dlatego zachowujemy ciągłą numerację nowo formułowanych twierdzeń i pojęć, zgodną z numeracją używaną w wyżej wspomnianej pracy. Odwołując się do wzoru czy twierdzenia z niej zaczerpniętego podawać jedynie numer pod jakim tam występuje.

Przyjmijmy więc, że dla danej sieci transportowej $G = (X,U)$, minimum funkcjonału

$$F: x \in X \Rightarrow \sum_{i=1}^{\alpha^1} c_i |x_i|$$

uzyskuje się dla $x_1 = x_2 = \dots = x_\nu = 0$ (ν - oznacza, tak jak poprzednio liczbę cyklomatyczną grafu G) i hiperpłaszczyzny $x_1 = 0, \dots, x_\nu = 0$ są jedynymi hiperpłaszczyznami incydentnymi z punktem $P^0(0, \dots, 0)$, co oznacza, że w macierzy II.2.1 parametr $l = 0$.

Niech $\overline{q} : p_i \Rightarrow q_i + \delta_i$ będzie funkcją spełniającą warunek I.1.2. Ponieważ funkcja q także spełnia ten warunek, więc funkcja $\overline{q}$ będzie go spełniała wtedy i tylko wtedy, gdy: $\sum_{i=1}^{\alpha} \delta_i = 0$. Celem obecnych rozważań będzie opisanie zbioru tych wartości parametrów δ_i, dla których minimum funkcji $\overline{F}(P)$ otrzymanej z $F(P)$ po uwzględnieniu funkcji q osiągane będzie w wyznaczonym uprzednio punkcie.

Ogół dostępnych informacji zawiera powstająca z macierzy I.5.1, po podstawieniu do niej w miejsce q_i wielkości $q_i + \delta_i$, tablica:

		x_1	x_2	$\dots$	x_ν	δ_1	δ_2	$\dots$	δ_{α^o-1}	
c_1	x_1	1	0	$\dots$	0	0	0	$\dots$	0	0
c_2	x_2	0	1	$\dots$	0	0	0	$\dots$	0	0
$\vdots$	$\vdots$	$\dots$		$\dots$		$\dots$		$\dots$		$\vdots$
c_ν	x	0	0	$\dots$	1	0	0	$\dots$	0	0
$c_{\nu+1}$	$x_{\nu+1}$	a_1^1	a_2^1	$\dots$	a_ν^1	$a_{\nu+1}^1$	$a_{\nu+2}^1$	$\dots$	$a_{\nu+\alpha^o-1}^1$	$-b_{\nu+1}$
$c_{\nu+2}$	$x_{\nu+2}$	a_1^2	a_2^2	$\dots$	a_ν^2	$a_{\nu+1}^2$	$a_{\nu+2}^2$	$\dots$	$a_{\nu+\alpha^o-1}^2$	$-b_{\nu+2}$
$\vdots$	$\vdots$	$\dots$		$\dots$		$\dots$		$\dots$		$\vdots$
$c_{\nu+\alpha^o-1}$	$x_{\nu=\alpha^o-1}$	$a_1^{\alpha^o-1}$	$a_2^{\alpha^o-1}$	$\dots$	$a_\nu^{\alpha^o-1}$	$a_{\nu+1}^{\alpha^o-1}$	$a_{\nu+2}^{\alpha^o-1}$	$\dots$	$a_{\nu+\alpha^o-1}^{\alpha^o-1}$	$-b_{\nu+\alpha^o-1}$

(III.1.1)

Oznaczmy

$$A^* = \begin{pmatrix} a_1^1 & a_2^1 & \dots & a_\nu^1 \\ a_1^2 & a_2^2 & \dots & a_\nu^2 \\ \dots\dots & & \dots & \\ a_1^{\alpha^o-1} & a_2^{\alpha^o-1} & \dots & a_\nu^{\alpha^o-1} \end{pmatrix} \quad \bar{A} = \begin{pmatrix} a_{\nu+1}^1 & a_{\nu+2}^1 & \dots & a_{\nu+\alpha^o-1}^1 \\ a_{\nu+1}^2 & a_{\nu+2}^2 & \dots & a_{\nu+\alpha^o-1}^2 \\ \dots & & \dots & \\ a_{\nu+1}^{\alpha^o-1} & a_{\nu+2}^{\alpha^o-1} & \dots & a_{\nu+\alpha^o-1}^{\alpha^o-1} \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} E & O \\ A^* & \bar{A} \end{pmatrix},$$

gdzie E jest macierzą jednostkową o wymiarach $\nu \times \nu$, a O – macierzą zerową $\nu \times (\alpha^o-1)$.

$\bar{c} = (c_1, \dots, c_\nu)$

$\underline{c}^* = (c^*_{\nu+1}, \dots, c_{\nu+\alpha^o-1})$

$c^* = (c^*_1, \dots, c^*_{\alpha^o-1})$, gdzie $|c^*_k| = c_{\nu+k}, \; k \leqslant \alpha^o-1$.

$\|c^* A^*\|$ niech oznacza wektor o współrzędnych równych bezwzględnym wartościom odpowiednich współrzędnych wektora $c^+ A^+$, czyli

$$\|c^* A^*\| = \left(\left|\sum_{i=1}^{\alpha^o-1} c_i^* \cdot a_1^i\right|, \dots, \left|\sum_{i=1}^{\alpha^o-1} c_i^* \cdot a_\nu^i\right| \right)$$

$$\Delta^* = \left\{ c^* \ \| c^* A^* \| \leqslant \overline{c} \right\}$$

gdzie nierówność $\| c^* A^* \| \leqslant \overline{c}$ oznacza, że każda współrzędna wektora $\| c^* A^* \|$ jest równa lub mniejsza od odpowiedniej współrzędnej wektora $\overline{c}$.
Ustalone elementy zbioru Δ^* oznaczać będziemy symbolami;

$$\overset{1}{c}{}^* = (\overset{1}{c}{}^*_1, \ldots, \overset{1}{c}{}^*_{\alpha^o-1}), \ \overset{2}{c}{}^* = (\overset{2}{c}{}^*_1, \ldots, \overset{2}{c}{}^*_{\alpha^o-1}) \text{ itd.}$$

W celu uproszczenia zapisu przyjmijmy dalej, że $b_j > 0$ dla $j = \vartheta+1, \ldots, \vartheta + \alpha^o-1$. Do sytuacji takiej można zawsze doprowadzić mnożąc przez -1 te wiersze tablicy III.1.1 wraz z kolumną wyrazów wolnych, dla których $b_j < 0$ i zmieniając na przeciwną przyjętą uprzednio orientację odpowiadających mnożnym wierszom krawędzie grafu G.

Lemat III.1.1

a) macierz A jest macierzą całkowicie unimodularną,

b) macierz $\overline{A}$ jest macierzą nieosobliwą.

a) Macierz $(A^* \ \overline{A})$ jest macierzą wyjętą z całkowicie unimodularnej macierzy układu (I.5.1). Jest więc macierzą całkowicie unimodularną, a dopisanie do niej bloku postaci $(E \ \ 0)$ nie może zniszczyć tej własności.

b) Teza ta wynika bezpośrednio z faktu, że macierz $\overline{A}$ jest macierzą odwrotną do macierzy

$$\begin{matrix} s^1_{\vartheta+1}, \ldots, s^1_{\alpha^o} \\ \ldots \\ s_{\vartheta+1}, \ldots, s_{\alpha^o} \end{matrix}$$

wyjętej z macierzy incydencji łuków danego grafu.

Lemat III.1.2. Wymagane algorytmem przekształcenia układu współrzędnych zmuszają do wykonywania w macierzy A operacji sformułowanych w I.6, zachowujących postać macierzy A, tzn. po każdym omawianym przekształceniu uzyska się macierz całkowicie unimodularną zawierającą blok:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \ldots 0 & 0 \ldots 0 \\ 0 & 1 \ldots 0 & 0 \ldots 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 \quad\ 1 & 0 \quad\ 0 \end{pmatrix}$$

o wymiarach $\vartheta \times (\vartheta + \alpha^o-1)$.

Lemat III.1.3. Zbiór Δ^* nie jest pusty, gdyż wektor $\underline{c} \in \Delta^*$.

D o w ó d. Ponieważ:

$$F(P_i^o) = c_i|x_i| + \sum_{s=1}^{\alpha^o-1} c_{\vartheta+s}|a_i^s x_i - b_{\vartheta+s}|,$$

więc zakładając dodatkowo, że np.:

$$\begin{aligned} a_i^1 &= a_i^2 = \dots = a^k = 0 \\ a_i^{k+1} &= a_i^{k+2} = \dots = a_i^l = -1 \\ a_i^{l+1} &= a_i^{l+2} = \dots + a_i^{\alpha^o-1} = 1 \end{aligned}$$

możemy napisać

$$F(P_i^o) = C + c_i|x_i| + \sum_{s=k+1}^{l} c_{\vartheta+s}|x_i + b_{\vartheta+s}| + \sum_{s=l+1}^{\alpha^o-1} c_{\vartheta+s}|x_i - b_{\vartheta+s}|,$$

gdzie

$$C = \sum_{s=1}^{k} c_{\vartheta+s}|b_{\vartheta+s}|.$$

Warunek: $\min\limits_{x_i} F(P_i^o) = F(0, \dots, 0)$ $i = 1, \dots, \vartheta$, przy założeniu $b_j > 0$ $j = \vartheta+1, \dots, \vartheta+\alpha^o-1$; oznacza, że

$$\left| \sum_{s=k+1}^{l} c_{\vartheta+s} - \sum_{s=l+1}^{\alpha^o-1} c_{\vartheta+s} \right| \leq c_i$$

lecz

$$\left| \sum_{s=k+1}^{l} c_{\vartheta+s} - \sum_{s=l+1}^{\alpha^o-1} c_{\vartheta+s} \right| = \left| - \sum_{s=k+1}^{l} c_{\vartheta+s} + \sum_{s=l+1}^{\alpha^o-1} c_{\vartheta+s} \right| =$$

$$= \left| \sum_{s=1}^{k} c_{\vartheta+s} a_i^s + \sum_{s=k+1}^{l} c_{\vartheta+s} a_i^s + \sum_{s=l+1}^{\alpha^o-1} c_{\vartheta+s} a_i^s \right| = \left| \sum_{s=1}^{\alpha^o-1} c_{\vartheta+s} a_i^s \right|,$$

więc dla danego

$$\Big|\sum_{s=1}^{\alpha^0-1} c_{\vartheta+s}\, a_i^s\Big| \leqslant c_i,$$

co dowodzi tezy twierdzenia.
Wprost z określenia zbioru Δ^* wynika

Lemat III.1.4. $c^* \in \Delta^* \rightarrow -c^* \in \Delta^*$, gdzie $-c^*$ oznacza wektor przeciwny do wektora c^*.

Lemat III.1.5. Jeżeli $c^* \in \Delta^*$, to

$$\min_{P \in R^{\vartheta}} F^*(P) = \min_{(x_1,\ldots,x_{\vartheta})} \Big(\sum_{i=1}^{\vartheta} c_i|x_i| + \sum_{j=\vartheta+1}^{\vartheta+\alpha^0-1} c_j\Big|\sum_{i=1}^{\vartheta} a_i^{j-\vartheta} x_i - b_j^*\Big|\Big) = F^*(0, \ldots, 0),$$

gdzie

$$b_j^* = b_j, \quad \text{gdy} \quad c_j^* = c_{\vartheta+j}$$

$$b_j^* = -b_j, \quad \text{gdy} \quad c_j^* = -c_{\vartheta+j}, \quad i \leqslant j < \alpha^0-1.$$

W przypadku gdy $c^* = \underline{c}$, teza jest oczywista - niech więc $c^* \neq \underline{c}$. W celu uproszczenia zapisu przyjmijmy dodatkowo, że:

$$a_i^1 = \ldots = a_i^{k_1} = \ldots = a_i^k = 0$$

$$a_i^{k+1} = \ldots = a_i^{l_1} = \ldots = a_i^l = -1$$

$$a_i^{l+1} = \ldots = a_i^{l_2} = \ldots = a_i^{\alpha^0-1} = 1$$

oraz

$$c_1^* = -c_{\vartheta+1}, \quad c_2^* = -c_{\vartheta+2}, \ldots, c_{k_1}^* = -c_{\vartheta+k_1}$$

$$c_{k_1+1}^* = c_{\vartheta+k_1+1}, \quad c_{k_1+2}^* = c_{\vartheta+k_1+2}, \ldots, c_k^* = c_{\vartheta+k}$$

$$c_{k+1}^* = -c_{\vartheta+k+1}, \quad c_{k\,2}^* = -c_{\vartheta+k+2}, \ldots, c_{l_1}^* = -c_{\vartheta+l_1}$$

$$c_{l_1+1}^* = c_{\vartheta+l_1+1}, \quad c_{l_1+2}^* = c_{\vartheta+l_1+2}, \ldots, c_l^* = c_{\vartheta+l}$$

$$c_{l+1}^* = c_{\vartheta+l+1}, \quad c_{l+2}^* = -c_{\vartheta+l+2}, \ldots, c_{l_2}^* = c_{\vartheta+l_2}$$

$$c_{l_2+1}^* = c_{\vartheta+l_2+1}, \quad c_{l_2+2}^* = c_{\vartheta+l_2+2}, \ldots, c_{\alpha^0-1}^* = c_{\vartheta+\alpha^0-1}$$

dla dowolnie ustalonego i.

Uwzględniając powyższe warunki, otrzymamy

$$\min_{x_i} F^*(P_i^o) = \min_{x_i}(C + c_i|x_i| + \sum_{j=k+1}^{l_1} c_{\nu+j}|x_i - b_{\nu+j}| +$$

$$+ \sum_{j=l_1+1}^{l} c_{\nu+j}|x_i + b_{\nu+j}| + \sum_{j=l+1}^{l_2} c_{\nu+j}|x_i + b_{\nu+j}| + \sum_{j=l_2+1}^{\alpha^o-1} c_{\nu+j}|x_i - b_{\nu+j}|),$$

lecz $\min\limits_{x_i} F^*(P_i^o) = F^*(P^o)$ wtedy i tylko wtedy, gdy

$$\left|\left(\sum_{j=l_1+1}^{l} c_{\nu+j} + \sum_{j=l+1}^{l_2} c_{\nu+j}\right) - \left(\sum_{j=k+1}^{l_1} c_{\nu+j} + \sum_{k=l_2+1}^{\alpha^o-1} c_{\nu+j}\right)\right| \leqslant c_i.$$

Ponieważ jednak

$$(c_1^*, \ldots, c_{\alpha^o-1}^*) \cdot (a_i^1, \ldots, a_i^{\alpha^o-1}) = \sum_{j=1}^{\alpha^o-1} c_j^* \cdot a_i^j =$$

$$= -\left[\left(\sum_{j=l_1+1}^{l} c_{\nu+j} + \sum_{j=l+1}^{l_2} c_{\nu+j}\right) - \left(\sum_{j=k+1}^{l_1} c_{\nu+j} + \sum_{j=l_2+1}^{\alpha^o-1} c_{\nu+j}\right)\right]$$

a w myśl założenia

$$\left|\sum_{j=1}^{\alpha^o-1} c_j^* \cdot a_i^j\right| \leqslant c_i,$$

więc żądany warunek jest rzeczywiście spełniony.

§ 2. Zasadnicze twierdzenie o stabilności

Niech R^{α^o} będzie przestrzenią wektorową o elementach $Q(\delta_1, \ldots, \delta_{\alpha^o-1}, \delta_{\alpha^o})$. Ustalone punkty tej przestrzeni oznaczać będziemy: $Q^o(\delta_1^o, \ldots, \delta_{\alpha^o-1}^o, \delta_{\alpha^o}^o)$, $Q^1(\delta_1^1, \ldots, \delta_{\alpha^o-1}^1, \delta_{\alpha^o}^1)$, itd.

Funkcje:

$$\overline{q} : p_i \in U \Rightarrow q_i + \delta_i,$$

gdzie

$$\sum_{i=1}^{\alpha^o} \delta_i = 0$$

$$\overline{F}(P) = \sum_{i=1}^{\vartheta} c_i |x_i| + \sum_{j=\vartheta+1}^{\vartheta+\alpha^o-1} c_j \Big|\sum_{i=1}^{\vartheta} a_i^{j-\vartheta} x_i - \overline{b}_j\Big|,$$

gdzie

$$\overline{b}_j = -\Big(\sum_{s=1}^{\alpha^o-1} a_{\vartheta+s}^{j-\vartheta} - b_j\Big)$$

nazywać będziemy indukowanymi przez Q.
Mówiąc o ustalonym punkcie Q^o czy Q^1 funkcje indukowane oznaczymy dodatkowo wskaźnikiem punktu np. $\overline{q}^o$, $\overline{F}^o$, $\overline{q}^1$, $\overline{F}^1$ itp.

Lemat III.2.1. Jeżeli $\overset{i}{c}{}^* \in \Delta^*$, to istnieje niepusty zbiór

$$\Delta^i = \Big\{Q(\delta_1, \ldots, \delta_{\alpha^o-1}, \delta_{\alpha^o}) \Big| \bigwedge_j \overline{b}_j \cdot \overset{i}{b}{}_j^* \geqslant 0\Big\}; \quad \vartheta+1 \leqslant j \leqslant \vartheta + \alpha^o - 1,$$

gdzie

$$\overset{i}{b}{}_j^* = \overset{i}{b}{}_{\vartheta+k}^* = b_{\vartheta+k} \quad \text{gdy} \quad \overset{i}{c}{}_k^* = c_{\vartheta+k}$$

$$\overset{i}{b}{}_j^* = \overset{i}{b}{}_{\vartheta+k}^* + -b_{\vartheta+k} \quad \text{gdy} \quad \overset{i}{c}{}_k^* = -c_{\vartheta+k}$$

Warunki $\overline{b}_j \cdot \overset{i}{b}{}_j^* \geqslant 0$ można zapisać:

$$\begin{array}{l} -\overset{i}{b}{}_{\vartheta+1}^*(a_{\vartheta+1}^1 \delta_1 + \ldots + a_{\vartheta+\alpha^o-1}^1 \delta_{\alpha^o-1} - b_{\vartheta+1}) \geqslant 0 \\ -\overset{i}{b}{}_{\vartheta+2}^*(a_{\vartheta+1}^2 \delta_1 + \ldots + a_{\vartheta+\alpha^o-1}^2 \delta_{\alpha^o-1} - b_{\vartheta+2}) \geqslant 0 \\ \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \\ -\overset{i}{b}{}_{\vartheta+\alpha^o-1}^*(a_{\vartheta+1}^{\alpha^o-1} \delta_1 + \ldots + a_{\vartheta+\alpha^o-1}^{\alpha^o-1} \delta_{\alpha^o-1} - b_{\vartheta+\alpha^o-1}) \geqslant 0 \end{array} \qquad \text{(III.2.1)}$$

Sugerowana teza wynika z nieosobliwości macierzy układu (III.2.1) - według przyjętych oznaczeń jest ona macierzą $\overline{A}$ - dowodzonej w lemacie (III.1.1). Oczywista jest również z tego względu struktura geometryczna zbiorów Δ^i.

Zauważmy jeszcze, że zbiory Δ^i są zbiorami otwartymi i rozłącznymi a część wspólna ich domknięć jest zbiorem punktów

$$(-q_1, \dots, -q_{\alpha^o-1}, \delta_{\alpha^o}).$$

TWIERDZENIE III.2.1. Jeżeli

a) $\overset{i}{c}{}^* \in \Delta^*$

b) $Q^1(\delta_1^1, \dots, \delta^1_{\alpha^o-1}, \delta^1_{\alpha^o}) \in \Delta^i$,

to $\min\limits_{P \in R^\nu} \overline{F}^1(P) = \overline{F}^1(0, \dots, 0)$

D o w ó d. Z a) na podstawie lematu III.1.5 wynika, że $\min\limits_{P \in R^\nu} F^*(P) = F^*(0, \dots, 0)$, co przy wymienionych na wstępie rozdziału założeniach o funkcji F i punkcie $P^o(0, \dots, 0)$ równoważne jest, zgodnie z twierdzeniem II.2.2 i związkami II.1.1 warunkom:

$$\left| \sum_{j;\ \frac{\overset{i}{b}{}^*_j}{a_s^{j-\nu}} < 0} c_j - \sum_{j;\ \frac{\overset{i}{b}{}^*_j}{a_s^{j-\nu}} > 0} c_j \right| \leqslant c_s \quad \text{dla} \quad 1 \leqslant s \leqslant \nu$$

Z b), wobec definicji zbiorów Δ^i oraz lematu III.2.1 wynika że współczynniki $\overline{b}_j$ występujące w funkcji $\overline{F}^1$ indukowanej przez punkt Q^1 są wszystkie różne od zera (przyjęty układ współrzędnych jest więc również dla funkcji $\overline{F}^1$ jedynym układem odpowiadającym punktowi P^o) i mają znaki zgodne ze znakami współczynników $\overset{i}{b}{}^*_j$, skąd otrzymujemy, że dla dowolnej wartości parametru s, $1 \leqslant s \leqslant \nu$

$$\left| \sum_{j;\ \frac{\overline{b}_j}{a_s^{j-\nu}} < 0} c_j - \sum_{j;\ \frac{\overline{b}_j}{a_s^{j-\nu}} > 0} c_j \right| = \left| \sum_{j;\ \frac{\overset{i}{b}{}^*_j}{a_s^{j-\nu}} < 0} c_j - \sum_{j;\ \frac{\overset{i}{b}{}^*_j}{a_s^{j-\nu}} > 0} c_j \right| \leqslant c_s$$

Ostatnie związki dowodzą przedstawionej tezy.

Łatwo można pokazać, że

Lemat III.2.2. Jeżeli $\min\limits_{P \in R^{\alpha^o}} F(P) = F^1(0, \ldots, 0)$, gdzie F^1 jest funkcją indukowaną przez punkt $Q^1(\delta_1^1, \ldots, \delta_{\alpha^o}^1)$ i przyjęty układ współrzędnych jest również dla funkcji F^1 jedynym układem odpowiadającym punktowi P^o, to istnieje taki wektor $c^{i_1}_*$, że $Q^1 \in \Delta^{i_1}$. Warunki nakładane na współrzędne punktów przestrzeni R^{α^o}, dla których minimum rozważanej funkcji pozostaje w punkcie $P^o(0, \ldots, 0)$, dotyczą przy przyjętych założeniach jedynie współrzędnych $\delta_1, \ldots, \delta_{\alpha^o-1}$. Ponieważ jednak musi także zachodzić równość $\sum\limits_{i=1}^{\alpha^o} \delta_i = 0$, więc z podanych rozważań wynika:

TWIERDZENIE III.2.2. Zbiór tych wszystkich punktów przestrzeni R^{α^o}, dla których minimum badanej funkcji pozostanie w punkcie $P^o(0, \ldots, 0)$ i przyjęty układ współrzędnych jest dla wszystkich funkcji indukowanych tymi punktami, jedynym układem odpowiadającym punktowi P^o, jest częścią wspólną hiperpłaszczyzny $\sum\limits_{i=1}^{\alpha^o} \delta_i = 0$ i zbioru $\Delta = \bigcup\limits_{i=1}^{\delta} \Delta^i$, gdzie δ oznacza liczbę elementów zbioru Δ^*.

Wpłynęło do Redakcji w listopadzie 1974 r.

LITERATURA

[1] Kaczmarski J.: Zagadnienie transportowe w związku z budową sieci. Część I i II. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Mat.-Fiz. w tym zeszycie.

УСТОЙЧИВОСТЬ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ

Р е з ю м е

В работе рассуждаются некоторые условия устойчивости решения транспортной задачи посредством метод описанных в статье: "Транспортная задача в свя зи с конструкцией сети".

THE STABILITY OF THE TRANSPORT TASK SOLUTION

S u m m a r y

There is found in the article the conditions of the stability of the solution of cairten transport problem on the base of the methods shown in: "The Problems of the Flows in Transport Nets".