김일성종합대학학보 주체108(2019)년
지구환경과학 및 지질학 제65권 제1호

수송계획의 안정성평가를 위한 한가지 방법

오지성, 류영환

위대한 수령 **김일성**동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 교통운수발전에 계속 큰 힘을 넣어 수송능력을 결정적으로 늘이며 인민경제의 늘어나는 수송수요를 원만히 보장하여야 하겠습니다.》(《**김일성**전집》 제72권 298～299페지)

지금까지 최량화방법에 의한 운수계획작성문제가 많이 연구[1, 2]되였지만 시기별생산량과 수요량의 변동, 수송비용의 변화에 따르는 수송계획작성문제는 적게 연구되였다.

론문에서는 교통망계획작성에서 수송계획의 안정성보장을 위한 생산량과 수요량, 수송비용의 변화범위를 결정하고 생산량의 변동에 따르는 최량수송계획평가문제에 대하여 서술하였다.

1. 수송계획작성모형

n개의 수요지와 m개의 생산지가 있을 때 운수문제모형은 다음과 같다.

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{m} x_{ij}^t \ge a_j^t \\ \sum_{j=1}^{n} x_{ij}^t \le b_i^t \end{cases} \text{일 때} \quad \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^t \cdot c_{ij}^t \Rightarrow \min \tag{1}$$

여기서 a_j^t는 t시기 수요지 j의 수요량, b_i^t는 t시기 생산지 i의 생산량, c_{ij}^t는 t시기 생산지 i에서 수요지 j로 수송하는 제품단위당 수송비용, x_{ij}^t는 t시기 생산지 i에서 수요지 j에로의 수송계획량이다.

식 (1)에 의하여 수송계획이 작성된다. 그러나 식 (1)에서 a_j^t, b_i^t, c_{ij}^t는 고정불변한것이 아니며 사회적 및 기술경제적조건에 따라 변화될수 있다. 즉 생산량과 수요량의 변동과 수송비용의 변화에 따르는 수송계획의 안정성문제를 해결하여야 믿음성있고 합리적인 교통망계획을 세울수 있다,

식 (1)을 일반선형계획법문제로 일반화하면 다음과 같다.

$$\max \left\{ C^T x \quad x \middle| Ax = b, \ x \ge 0 \right\} \tag{2}$$

여기서 A는 $m \times n$ 행렬이다.

x를 계획변량 x_B와 비계획변량 x_N으로 가르고 대응하는 제한조건결수행렬을 각각 B, N, 대응하는 목적함수결수행렬을 각각 C_B^T, C_N^T라고 하면 식 (2)의 풀이는 다음과 같다.

$$x = C_B^T \cdot B^{-1} \cdot b \tag{3}$$

풀이가 최량으로 되기 위한 판정조건은 다음과 같다.

$$\begin{cases} C_N^T - C_B^T \cdot B^{-1} \cdot N \le 0 \\ B^{-1} \ge 0 \end{cases} \tag{4}$$

2. 수송계획의 안정성평가방법

① 단위제품당 수송비용의 변화에 따르는 수송계획의 안정성은 다음과 같다.

C^T 가 $\Delta C^T = (\Delta C_B^T, \Delta C_N^T)$ 만큼 변화되였다면 식 (4)로부터 다음과 같이 쓸수 있다.

$$(C_N^T + \Delta C_N^T) - (C_B^T + \Delta C_B^T) B^{-1} N \le 0 \tag{5}$$

비계획변량 x_N 의 운수비용이 ΔC_N^T 만큼 변화되였을 때 계획이 변동되지 않을 조건은 다음과 같다.

$$\Delta C_N^T \le C_B^T B^{-1} N \tag{6}$$

계획변량 x_B 의 운수비용이 ΔC_B^T 만큼 변화되였을 때 계획이 변동되지 않을 조건은 다음과 같다.

$$\begin{cases} \left(C_N^T - C_B^T \cdot B^{-1} \cdot N\right) - \Delta C_B^T \cdot B^{-1} \cdot N \le 0 \\ \max\left\{ \dfrac{C_N^T - C_B^T \cdot B^{-1} \cdot N}{B^{-1} \cdot N} \,\middle|\, B^{-1} \cdot N > 0 \right\} \le \Delta C_B^T \le \min\left\{ \dfrac{C_N^T - C_B^T \cdot B^{-1} \cdot N}{B^{-1} \cdot N} \,\middle|\, B^{-1} \cdot N \le 0 \right\} \end{cases} \tag{7}$$

② 지점별수요량과 생산량이 변동되였을 때 수송계획의 안정성조건은 다음과 같다.

b 가 Δb 만큼 변화되였다면 계획변량이 달라지지 않을 조건은 다음과 같다.

$$\begin{cases} B^{-1}(b + \Delta b) \ge 0 \\ \max\left\{ -\dfrac{B^{-1} b}{B^{-1}} \,\middle|\, B^{-1} > 0 \right\} \le \Delta b \le \min\left\{ -\dfrac{B^{-1} b}{B^{-1}} \,\middle|\, B^{-1} \le 0 \right\} \end{cases} \tag{8}$$

③ 생산량의 변화에 따르는 수송계획작성문제는 다음과 같다.

식 (1)에서 생산량 b_i^t 를 변동구간의 보조변수 λ_i 로 표시하면 생산량의 변화에 따르는 수송계획문제는 다음과 같이 정식화할수 있다.

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{m} x_{ij} \ge a_j \\ \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \le \lambda_i \quad \text{일 때} \quad \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \cdot c_{ij} \Rightarrow \min \\ \alpha_i \le \lambda_i \le \beta_i \end{cases} \tag{9}$$

여기서 α_i 는 지점 i에서 최소생산량, β_i 는 지점 i에서 최대생산량이다.

λ_i 를 변동구간의 시초값 α_i 로 고정하여 최량풀이를 구하고 이 풀이가 달라지지 않을 변동구간 Δb 를 결정한다.

λ_i 의 변동구간이 $[\gamma_i, \delta_i]$ 이면 $[\alpha_i, \beta_i] \cap [\gamma_i, \delta_i] = [\alpha_i, \rho_i]$ 로 된다. 여기서 $\rho_i = \beta_i$ 이면 풀이과정은 끝나고 $\rho_i < \beta_i$ 이면 $\lambda_i = \rho_i$ 로 생산량을 바꾸고 우의 과정을 반복하여 $\beta_i = \rho_i$ 일

때까지 $[\alpha_i, \beta_i]$의 전 구간에서 최량풀이와 그것의 변화구간을 결정한다.

3. 적용실례

××지구에서 시기별생산량과 수요량, 수송비용을 고려한 최량수송계획은 표 1과 같다.

표 1. 최량수송계획(만t)

생산지	분기	수요지 ㄱ	수요지 ㄴ	수요지 ㄷ
Ⅰ	1	168		
	2	270	75	135
	3	270	75	180
	4	210		
Ⅱ	1		165	
	2		25	120
	3		330	120
	4		326	
Ⅲ	1			360
	2			165
	3			
	4			120

이 수송계획이 변동되지 않는 생산량과 수요량, 수송비용의 변화는 표 2, 3과 같다.

표 2. 생산량과 수요량의 변화(만t)

분기	수요량/만t ㄱ	수요량/만t ㄴ	수요량/만t ㄷ	생산량/만t Ⅰ	생산량/만t Ⅱ	생산량/만t Ⅲ
1	16~330	350~1050	800이하	250이상	30~260	65이상
2	150~480	220~450	520이하	780이상	140~360	180이상
3	150~480	230~550	180~520	1 280이상	360~680	
4	80~420	200~480	400이하	1 360~1 00	350~730	135이상

표 3. 수송비용변화(t/원)

생산지	분기	수요지 ㄱ	수요지 ㄴ	수요지 ㄷ
Ⅰ	1	62이하	60~62	66이상
	2	63이하	180~63	66
	3	61이하	60이상	64~66
	4	60이하	59이상	66이상
Ⅱ	1	56이상	61이하	63이상
	2	56이상	60이하	63이상
	3	58이상	61이하	63~67
	4	58이상	61이하	62~66
Ⅲ	1	59이상	62이상	66이하
	2	60이상	62이상	67
	3	60이상	61이상	67이상
	4	59이상	60이상	65~67

생산지 Ⅰ, Ⅲ에서 생산량이 변할 때 수요지 ㄷ에 대한 수송계획만 변동되며 수송계획은 표 4와 같다.

표 4. 생산량의 변화에 따르는 수요지 ㄷ에 대한 수송계획

생산지	분기	수요량변화범위/만t				
		133~1 360	1 360~1 760	1 760~2 100	2 100~2 230	2 230이상
Ⅰ	1		$\lambda-1\ 360$	400	400	400
	2			$\lambda-1\ 760$	330	330
	3	$\lambda-1\ 160$	200	200	200	20
	4				$2\ 100-\lambda$	130
Ⅲ	1	40	$1\ 760-\lambda$			
	2	330	330	$2\ 100-\lambda$		
	3	$1\ 360-\lambda$				
	4	33	130	130	$2\ 230-\lambda$	
계		$681\ 780-\lambda$	$682\ 780-3\lambda$	$670\ 680-2\lambda$	$6\ 800\ 680-2\lambda$	676 215

표 4에 의하면 생산지 Ⅰ의 생산량은 최대로 리용되며 생산량이 2 230만t이상일 때에는 생산지 Ⅲ은 수송계획에 리용되지 않고 계획은 변동되지 않는다는것을 알수 있다.

맺 는 말

생산량과 수요량, 수송비용의 변화에 따르는 최량계획작성방법은 교통망배치계획을 비롯한 여러 분야의 경제활동에서 리용할수 있다.

참 고 문 헌

[1] 리종욱; 수학전서 26(최량화방법), **김일성**종합대학출판사, 90~140, 1991.

[2] 关伟 等; 公共交通规划与运营(理论, 建模及应用), 清华大学出版社, 383~414，2010.

주체107(2018)년 10월 5일 원고접수

A Method for Estimating the Stability of Transport Plan

O Ji Song, Ryu Yong Hwan

For planning the traffic network arrangement we have studied on the estimation of transport plan incident to changes of production and demand and changes of transport cost.

Key words: traffic network, transport plan, transport problem