

## 화물수송선의 항차계획모형과 풀이알고리즘의 설계

장 심 철

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리는 과학기술강국건설에 박차를 가하여 짧은 기간에 나라의 과학기술발전에서 새로운 비약을 이룩하며 과학으로 흥하는 시대를 열고 사회주의건설에서 혁명적전환을 가져와야 합니다.》(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 38페이지)

화물수송업무의 과학화, 정보화를 실현하는데서 화물수송선의 항차계획을 과학적으로 작성하는것은 중요한 의의를 가진다.

항차계획작성과 관련한 여러가지 모형들이 연구되고있지만 대다수가 로정선택과 관련한것들이며 화물선택을 고려하는 경우에는 그 풀이를 구하는것이 어렵다.[1-3]

본문에서는 화물수송선의 한가지 항차계획모형작성과 그 풀이알고리즘에 대한 연구를 진행하였으며 모의실험을 통하여 그 유효성을 확증하였다.

### 1. 항차계획모형

화물수송선의 항차계획작성에서는 주어진 여러개의 화물들가운데서 어떤 화물을 선택하여 어떤 로정을 거쳐야 가장 큰 이익을 얻겠는가 하는 문제가 제기된다.

한 항차에서는 여러개의 화물을 수송할수 있는데 매 화물의 수량과 운임비, 수송거리가 서로 다를수 있다. 이 문제는 매 화물의 수량과 수송거리, 톤당 운임가격, 수수료를 주어진 때 순수익이 최대로 되도록 화물들의 조합을 결정하는 문제로 귀착된다.

순수익은 총수입에서 수수료와 각종 지출액을 뺀 차와 같으며 지출에서 기본은 기름 지출이므로 여기서는 기름지출만을 고려하기로 한다.

화물종류는  $N$ 개이고 매 화물에 차례로  $1 \sim N$ 까지의 번호가 붙어있다고 하자.

$i$ 번째 화물의 수량을  $Q_i$ , 화물의 톤당 운임단가와 수수료를 각각  $C_i$ 와  $F_i$ , 화물의 수송거리를  $D_i$ , 기름지출액을  $O_i$ , 배의 속도와 일당 기름소비량을 각각  $v$ 와  $s$ , 기름단가를  $l$ , 배의 적재톤수를  $T$ 라고 한다.

$i$ 번째 화물이 선택되었을 때 순수익  $G_i$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$G_i = C_i \times Q_i - C_i \times Q_i \times F_i - O_i = C_i \times Q_i \times (1 - F_i) - O_i$$

기름지출액은 배의 기술적특성과 수송거리에 관계되므로

$$O_i = \frac{D_i}{v \times 24} \times s \times l$$

이다. 여기서  $K = \frac{s \times l}{24 \times v}$ 은 배의 특성과 관련된 지표로서 화물과 무관계하며 따라서 기름 지출액을 다음과 같이 표시할수 있다.

$$O_i = K \times D_i$$

따라서 순수익은

$$G_i = C_i \times Q_i \times (1 - F_i) - K \times D_i$$

로 된다.

결정변수  $x_i \in \{0, 1\}$  을 도입하고 화물  $i$ 가 선택되면  $x_i = 1$  로, 선택되지 않으면  $x_i = 0$  으로 표시한다.

화물의 총수량은 배의 적재능력을 초과할수 없으므로 이것을 제한조건으로 하면 이 문제를 다음과 같이 정식화할수 있다.

$$\begin{aligned} \max : f(x) &= \sum_{i=1}^N [C_i Q_i (1 - F_i) - K D_i] x_i \\ \sum_{i=1}^N Q_i x_i &\leq T \\ x_i &\in \{0, 1\} (i = 1, 2, \dots, N) \end{aligned}$$

## 2. 풀이알고리즘의 설계

론문에서는 위에서 작성한 항차계획모형에 대한 풀이알고리즘을 유전알고리즘을 리용하여 설계하였다.

부호화

$N$ 개 자리의 2진부호를 리용하여 결정변수  $x$ 를 표시한다. 실례로  $N=8$  인 경우 개체  $a_1 = (10011101)$ 은 번호가 1, 4, 5, 6, 8인 화물이 선택된다는것을 표현한다.

적응도함수

위에서 정의한 결심채택모형으로부터 적응도함수  $g(x)$  를 벌칙함수법을 리용하여 다음과 같이 설정한다.

$$g'(x) = f(x) - \alpha \cdot \max \left\{ 0, \sum_{i=1}^N Q_i x_i - T \right\}, \quad \alpha > 0$$

적응도함수는 부수가 되지 말아야 하므로  $g(x) = \max \{0, g'(x)\}$  로 한다.

$$\begin{aligned} g'(x) &= \sum_{i=1}^N [C_i Q_i (1 - F_i) - K D_i] x_i - 100 \cdot \max \left\{ 0, \sum_{i=1}^N Q_i x_i - T \right\} \\ g(x) &= \max \{0, g'(x)\} \end{aligned}$$

여기서  $\max \left\{ 0, \sum_{i=1}^N Q_i x_i - T \right\}$  는 제한조건을 만족시키면 0이 선택되고 만족시키지 않으면

두번째 항이 선택되지만 적응도는 그리 높지 않다.

$g'(x)$  가 부수로 되는 경우에는 적응도가 0으로 된다. 따라서  $g(x)$  는 제한조건을 만족시키면서 부수가 아닌 값으로 계산되며 이때 개체는 허용풀이로 된다.

파라미터설정

개체군의 크기는  $n=20$ , 선택전략은 적응도비례선택전략을 리용하고 교차확률은  $p_c = 0.5$  로 두점교차를 진행하며 변이확률은  $p_m = 0.01$ 로 한다.

### 3. 모의실험 및 결과분석

본문에서는 표 1에 주어진 화물자료를 리용하여 방법의 유효성을 검증하였다.

표 1. 화물자료

| No. | 화물명 | 출발항 | 목적항 | 거리/km | 수량/t  | 수수료율/% | 운입단가/원 |
|-----|-----|-----|-----|-------|-------|--------|--------|
| 1   | C1  | P0  | P1  | 1 375 | 3 500 | 5      | 30     |
| 2   | C2  | P0  | P2  | 1 170 | 2 500 | 4.5    | 35     |
| 3   | C3  | P0  | P3  | 1 168 | 5 000 | 6.5    | 30     |
| 4   | C4  | P0  | P4  | 2 146 | 2 000 | 5      | 40     |
| 5   | C5  | P0  | P5  | 824   | 3 500 | 4.5    | 35     |
| 6   | C6  | P0  | P6  | 927   | 3 000 | 5      | 37     |
| 7   | C7  | P0  | P7  | 1 140 | 3 000 | 5      | 33     |
| 8   | C8  | P0  | P8  | 962   | 1 500 | 5      | 28     |
| 9   | C9  | P0  | P9  | 1 066 | 4 000 | 5.5    | 30     |
| 10  | C10 | P0  | P10 | 1 189 | 3 000 | 5      | 40     |
| 11  | C11 | P0  | P11 | 632   | 4 000 | 4      | 33     |
| 12  | C12 | P0  | P12 | 1 190 | 4 000 | 5      | 25     |
| 13  | C13 | P0  | P13 | 844   | 4 500 | 6      | 25     |
| 14  | C14 | P0  | P14 | 1 376 | 1 000 | 4      | 35     |
| 15  | C15 | P0  | P15 | 200   | 5 000 | 5.5    | 25     |

화물수송선의 적재톤수는 15 000t, 평균속도는 20km/h, 일당 기름소비량이 13t일 때 Matlab의 gatool을 리용하여 계산한 결과를 다음의 그림과 표 2에 보여주었다.

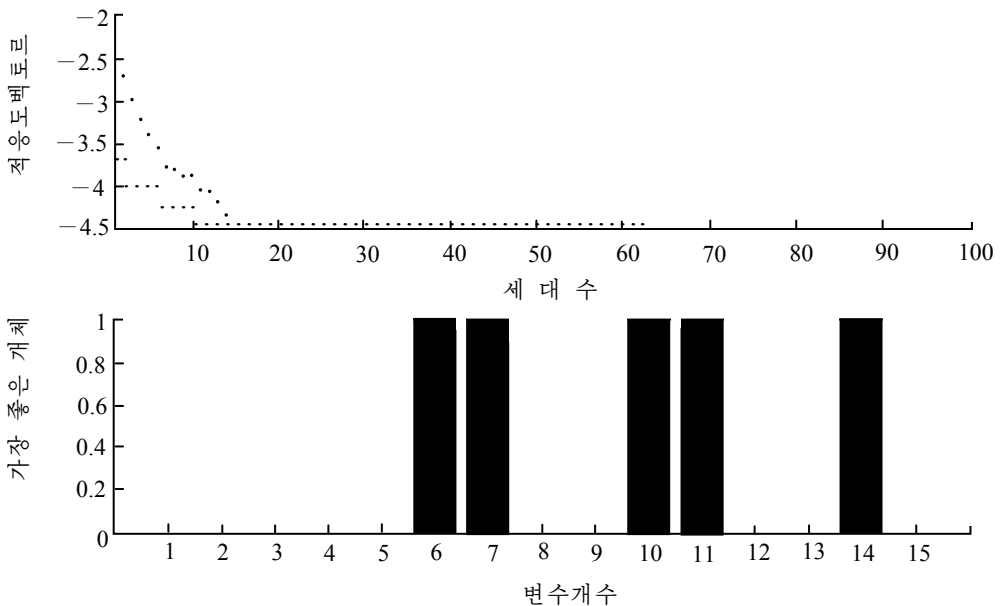


그림. 모의결과

표 2. 유전알고리즘에 의하여 선택된 화물

| No. | 화물명 | 출발항 | 목적항 | 화물수량/t | 수입/원    |
|-----|-----|-----|-----|--------|---------|
| 6   | C6  | P0  | P6  | 3 000  | 105 450 |
| 7   | C7  | P0  | P7  | 3 000  | 94 050  |
| 10  | C10 | P0  | P10 | 3 000  | 134 000 |
| 11  | C11 | P0  | P11 | 4 000  | 126 720 |
| 14  | C14 | P0  | P14 | 1 000  | 53 600  |

모의결과로부터 알수 있는것처럼 유전알고리즘은 62세대에서 결속되었다. 이때 5개의 화물 즉 C6, C7, C10, C11, C14가 선택되었으며 적응도값은 -443 250이다.

이로부터 지표들의 계산값은 표 3과 같다.

표 3. 지표들의 계산값

| 지표  | 값/원     |
|-----|---------|
| 총수입 | 513 820 |
| 총지출 | 70 570  |
| 순수익 | 443 250 |

## 맺 는 말

론문에서는 화물수송선의 항차계획을 위한 한가지 화물선택모형을 작성하고 유전알고리즘을 리용하여 풀이알고리즘을 설계하였으며 모의실험을 통하여 그 유효성을 입증하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 51, 5, 36, 주체94(2005).
- [2] 김종호; 조선해운, 16, 4, 16, 주체103(2014).
- [3] Y.Zhang et al.; Journal of Applied Research and Technology, 12, 2, 239, 2014.

주체106(2017)년 11월 5일 원고접수

## Design of Voyage Estimation Model and Solving Algorithm for Cargo Vessel

*Jang Sim Chol*

This paper has a cargo selection model for voyage estimation of cargo vessel and designed a solving algorithm with GA, and then verified its effectiveness by simulation experiment.

Key words: voyage estimation, genetic algorithm, cargo transportation, model design