

선박운항 일정계획 문제에 대한 컴퓨터 그래픽 기반 상호대화식 모델링 시스템

이희용* 김시화**

A Computer Graphic Based Interactive Modeling System with Application to Ship Scheduling

Hee-Yong Lee, Si-Hwa Kim

요약

본 논문은 정수계획 문제로 수리모형화 되는 선박운항 일정계획 문제에 대한 컴퓨터 그래픽 기반의 상호 대화식 모델링 시스템의 개발에 관해서 논한다. 선박운항 일정계획 문제는 "최대의 운임수익을 얻기 위하여 선박과 화물을 적절히 배정하는 문제"로 요약되며 수리모형과 해법에 대한 많은 연구가 있어왔다. 1970년 후반부터 컴퓨터의 발전에 힘입어 수학적 모델링 뿐만 아니라 컴퓨터 그래픽을 활용한 시각적 상호대화식 모델링에 관한 연구가 시도되었고 현재는 MS/OR(management Science / Operational Research) 및 경영정보시스템(Management Information System : MIS)의 중요한 한 분야가 되었다. 시각적 상호대화식 모델링(Visual Interactive Modeling : VIM)이란 자료의 입력과 모델의 생성 및 해의 표현에 이르는 모델링 생명주기 전체에 걸쳐 의사결정자가 직접 개입하여 의사결정자가 원하는 해를 얻는 과정을 말한다. 본 논문에서는 선박운항일정계획 문제에 있어 컴퓨터 그래픽을 이용한 자료의 입력, 모델의 생성 및 검증, 적절한 해법의 선택 그리고 해의 표현 방법을 제안하고 개발된 프로토타입 시스템을 소개한다.

ABSTRACT

This paper treats a development of visual interactive modeling(VIM) system for ship scheduling problem in integer formulation. The ship scheduling problem can be described as "A problem which assigns ships and cargos to achieve maximum revenue from transportation" in brief. Since late 1970s there has been rapid growth in development and use of VIM as MS/OR technology due to the development of computer technology and now VIM has become a important discipline in MS/OR and MIS society. Visual Interactive Modeling is a process that decision maker takes part in modeling life cycle - data collection, formulation, derivation of optimal solution and representation of solution - and interacts with a modeling system to achieve a user-solution appropriate for his/her ultimate goal. This paper suggests the methodology how to collect data, build and modify model, and represent solution using computer graphics as a major driving tool and demonstrates effective performance of a prototype system.

I 서론

해운은 해상 수송 수요에 대하여 수송서비스를 생산, 공급하는 경제활동이라고 할 수 있으며 크게 정기선무역과 부정기선 무역으로 구분된다. 정기선 무역의 경우 공표되는 운항 일정과 운임 요

율에 따라 수요자에게 수송서비스를 제공하는 비교적 안정된 시장구조를 갖지만, 부정기선 무역의 경우는 이와 달리 해운 운임이 수요와 공급의 원리에 의해 결정되는 불안정하고 불확실한 시장구조를 갖게된다. 선박운항일정계획 문제란(Ship Scheduling Problem : SSP) "부정기선 무역에 있어 보유 선대의 선박을 계획 기간동안 운항하며 최대의 운임수익을 달성하는 것"이라고 정의되며 Appelgren[4]의 연구 이후로 주로 집합 분할(Set

1) * 한국해양연구소 선박해양공학분소
**한국해양대학교 해사수송과학과

Partitioning Problem: SPP) 또는 집합패킹(Set PacKIng problem; SPK) 형태로 모형화 되는데 본 논문에서는 Kim[26]의 수리모형을 사용한다.

또한 1970년대 후반 Hurrion[23]의 연구를 필두로 VIM을 정의하는 개괄적인 논문[7][8][9][12]이 발표되고, 문제를 표현하는 구조적 모델링 언어[20], 모델관리 시스템(Model Management System)[19][21], 다이어그램을 이용한 모델의 표현[13], 제약식의 표현[2], 해의 표현 방법[11][16]에 관한 연구 등 다방면에 걸친 연구가 수행되었다. 최근에는 마이크로소프트 엑셀 등의 도구를 이용한 최적화 방법론도 제기되고 있다.[10][17] 국내 연구로는 주로 모델관리 시스템의 개발 [39][40][44]에 관한 연구가 수행되었다.

특히 수송문제에 관한 Bodin 등[11]의 연구에서는 도로 네트워크 등의 GIS가 어떻게 모델 및 해의 검증에 활용될 수 있는지를 보여주고 있으며 비교적 최근의 연구인 Keennan[24]은 고전적인 차량 경로계획 시스템과 GIS를 비교 분석하여 새로운 개념의 공간 의사결정지원시스템(Spatial DSS : SDSS)을 제안하고 있다.

VIM이 적용되는 분야는 승무원 일정계획(Crew Scheduling), 작업 일정 계획 (Job Shop Scheduling) , 방문판매원 문제 (Traveling Salesman Problem) 등 다양하다. 하지만 선박운항 일정계획 문제에 대한 시각적 상호대화식 모델링 방법에 관한 연구는 아직까지 발표된 적이 없다.

본 연구는 기존의 VIM에 관한 연구를 토대로 선박운항일정 문제에 대한 시각적 상호대화식 모델링의 방법론을 제안한다. 2장에서는 SSP와 그 해법에 대해 간략히 소개하고 3장에서 SSP에 대한 상호대화식 모델링 방법론 및 개발된 프로토타입 시스템을 소개하며 4장에서 결론을 제시한다.

II 선박운항 일정계획 문제(SSP)

1. 수리모형 (kim[26]) 및 특징

[기호]

p_k = 화물 k 를 수송할 경우의 운임수익

h_{ij} = 운항일정 j 에 투입된 선박 i 의 운항비용

J_i = 선박 i 의 후보 운항일정 집합

$$a_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{만일 선박 } i \text{가 운항일정 } j \text{에} \\ & \text{투입되어 화물 } k \text{를 수송할 경우,} \\ 0, & \text{그 외의 경우.} \end{cases}$$

[의사결정변수]

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{만일 선박 } i \text{가 운항일정 } j \text{에} \\ & \text{투입될 경우,} \\ 0, & \text{그 외의 경우.} \end{cases}$$

[모형]

$$\text{Max } \sum_i \sum_{j \in J_i} (\sum_k a_{ik} p_k) x_{ij} - \sum_i \sum_{j \in J_i} h_{ij} x_{ij} \quad (P)$$

s. t.

$$\sum_{j \in J_i} x_{ij} \leq 1, \text{ 모든 선박 } i \text{에 대해}$$

$$\sum_j \sum_{i \in J_j} a_{ik} x_{ij} \leq 1, \text{ 모든 화물 } k \text{에 대해}$$

$$x_{ij} = \{0, 1\}, j \in J_i, \text{ 모든 선박 } i \text{에 대해}$$

이 최적화 모형의 목적함수는 보유 선대의 선박 i 를 계획 기간동안 운항할 때, 화물의 수송에 투입된 선박의 운항비의 총합에 대하여 화물의 수송에 의한 운임수익의 총합을 최대화하는 것이다. 또한 행렬표기를 사용하면 다음과 같다.

N : 총 변수 수, $j=1, \dots, N$

K : 화물 수, M : 선박 수,

제약식 $i=1, \dots, M, M+1, \dots, M+K,$

c 는 $1 \times N$ 의 행 벡터,

A 는 $M \times N$ 의 행렬,

B 는 $K \times N$ 의 행렬인

$$\begin{aligned} z = \max & \quad cx \\ \text{s. t.} & \quad Ax \leq 1 \quad \text{선박제약식 (1)} \\ & \quad Bx \leq 1 \quad \text{화물제약식 (2)} \\ & \quad x_j \in \{0, 1\}, 1 \leq j \leq N \quad (3) \end{aligned} \quad (P)$$

로 표현된다.

SSP의 대상은 선박과 화물이다. 많은 선박과 화물 중에서 운임수익을 최대화하는 방향으로 선박에 화물을 배정하는 것으로 볼 수 있다. 해법 절차는 우선, 각 선박에 대하여 수송 가능한 화물들을 골라낸다. 한 선박으로 문제를 국한하여 보면 그림 1.과 같은 그래프 구조가 됨을 알 수 있다.

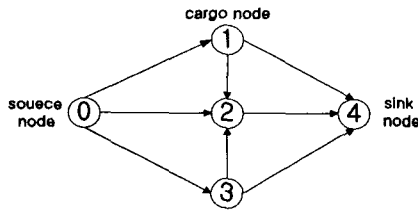


그림 1. 선박-화물 수송 그래프

선박-화물 수송그래프는 운항일정의 시작과 종료를 의미하는 가상의 시작, 종료 노드와 수송해야 할 화물 노드로 구성된 방향성 그래프이다. 그림 1.의 그래프에는 수송해야 할 3개의 화물이 있으며 가능한 수송경로는

- 0 -> 1 -> 4,
- 0 -> 2 -> 4,
- 0 -> 3 -> 4,
- 0 -> 1 -> 2 -> 4,
- 0 -> 3 -> 2 -> 4

가 된다. 단, 0은 시작노드 4는 종료 노드이다.

만약 선박이 한 척이라면 이러한 그래프의 경로 중에서 최대 운임을 갖는 경로가 최적해가 된다는 것은 자명하다. 이러한 문제의 특성상 선박 제약식은 그림과 같이 각 선박별로 분할되며 제약식 A 행렬의 모습은 그림과 같다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

그림 2. 행렬 A의 전형적인 모습

이러한 제약식 구조를 갖는 문제는 LP로 풀어도 정수해를 도출하는 정수적 특징[29]을 갖는다고 알려져 있다.

2. 해법

SSP에 대한 해법으로는 열거해법, LP 완화법 (열거기 기법, 분지한계법과 절단평면법), 라그랑지 완화기반 해법, 네트워크 완화 기반의 해법, 유전해법 등이 있다[26]. Kim[26]은 그의 연구에서 LP 완화법을 가장 적절한 해법이라 제한하고 있으나 이는 수리모형에 대한 단 하나의 최적해만을 제시하므로 여러 대안을 고려하지 못하는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 본 연구에서는 분지한계법(Branch & Bound)을 포함하는 LP 완화법과 유전해법을 혼용한다. 의사결정자는 LP 완화법에 의한 유일 최적해를 선택하거나 유전해법에 의한 근사해를 개선할 수 있다. 본 연구에서 사용한 해법을 간단히 소개하면 다음과 같다.

1) LP 완화법 및 분지한계법

LP-완화 기반의 해법은 정수계획 최적화 모형의 정수제약을 완화하여 LP 최적화 모형으로 문제를 푼 뒤 정수해로 접근해 가는 것을 말한다. 앞 절에서 설명한 바와 같이 SSP는 선박 제약식 A의 특성상 대부분 정수해를 도출해낸다. 만약 정수해를 도출하지 못한 경우에는 분지한계법을 이용하여 정수해를 구한다.

2) 유전해법

"Genetic Algorithm"(GA)은 개체들의 초기 집단을 취하여 다음 세대의 생산에 대하여 일반적으로 선택(selection), 교차(crossover), 돌연변이(mutation) 등 세 가지 유전자조작(genetic operations)을 행함으로 이 진화과정을 모의 실험한다. 최적화 문제에 적용할 때, 집단의 각 개체는 주어진 문제의 가능해를 나타내는 염색체(chromosome)속에 기술된다.

SSP에 대한 유전해법에서 염색체는 그림 3.과 같이 표현된다. 이를 "분할기반 해의 표현"이라 하며 선박 제약식이 각 선박별로 분할되는 특성을 이용한 것이다.[43]

인덱스	1	2	3	4	5	...	k-1	k
$S(k)$	0	4	12	3	6	...	2	5

그림 3. SSP의 해의 표현

이와김[43]의 연구에서는 실행불가능해를 개선하는데 주력하였으며 해의 질을 높이는 데는 그다지 효과적이지 못하였다고 판단된다.

그들은 목적함수의 값과 제약식 위반 정도를 별점으로 고려하여 개체 선택에 반영하였으며 교차 방법은 일양교차를 사용하였다. 특히 목적함수 값과 별점을 2차원 좌표축으로 하여 개체집단을 표현하는 방법[6]을 사용하였으나(그림 4.) 이를 해를 개선하는 방법론으로 제안하지 않았다.

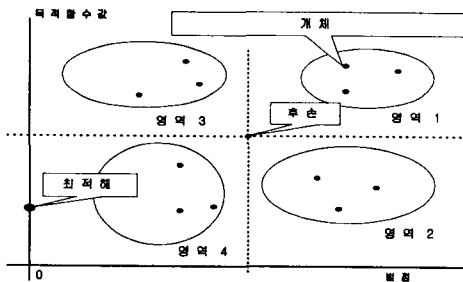


그림 4. 2차원 좌표축에 표현한 개체분포

본 연구에서는 LP 완화법과 유전해법의 단점을 보완하고 컴퓨터 그래픽을 사용한 상호대화식 방법으로 실용적인 해를 구하고자 한다.

III 그래픽 기반의 상호대화식 모델링

시각적 상호대화식 모델링(Visual Interactive Modeling : VIM)이란 컴퓨터 그래픽을 이용하여 모델을 생성하고 해의 도출하며 이를 분석하는 모델링 전 과정에 의사결정자가 직접 개입하여 의사결정자가 원하는 해를 구하는 과정을 말한다.

VIM은 방법론 또는 기술로서 이해되며 그래픽이나 심볼(아이콘)을 이용해 수리모형을 표현함으로써 모델 생성 또는 변경 과정에서 오류를 줄일 수 있고, 직관적인 그래픽으로 결과를 표현하고

실행 중 모델을 변경하게 하는 상호대화식 방법을 제공함으로써 전략적인 의사결정을 가능하게 한다.

의사결정을 위해 진행되는 과정은 개념정립, 모형수립, 자료 수집, 최적해의 도출, 최적해의 분석 및 표현으로 나뉘는데 이를 모델링 생명주기라 한다. 각 단계에서 사용가능한 시각화 방법을 Christopher[16]에서 인용하면 표 1.과 같다.

생명주기	시각화 방법
개념정립	자연어 또는 VIM 고수준 언어 공식 또는 비공식적인 다이어그램
모형수립	대수언어 또는 구조화된 언어 객체지향 프로그래밍, 스프레드시트
자료수집	관계형 DB 또는 스프레드시트
최적해	상호대화식 최적화 및 애니메이션 최소비용 네트워크 흐름 및 신경망
최적해 분석	민감도분석, 목적함수의 그래픽 표현 행렬 표현식 및 자연어
결과의 표현	애니메이션, 자연어, 그래픽 표현 하이퍼텍스트 및 하이퍼미디어

표 1. 각 모델링 생명주기의 시각화 방법

본 장에서는 선박운항일정계획 문제의 해결과정에 그래픽을 활용하는 방안과 상호대화식으로 문제를 해결하는 방안을 설명한다. 그래픽 기반의 상호대화식 모델링 시스템의 구조는 그림 5.와 같다.

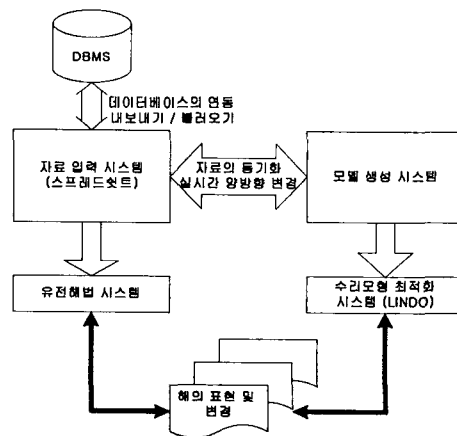


그림 5. VIM 시스템 구조도

본 연구에서 제안하는 그래픽 기반의 상호대화식 모델링 시스템의 특징을 정리하면 다음과 같다.

- 스프레드시트와 그래픽의 연동
- 그래픽 상에서 아이콘 속성 변경을 통한 모델의 수정
- 각 선박별 후보일정에 대한 항로 표현과 직관적인 비용분석 방법 제공
- 제약식 행렬과 비음행렬의 시각적 표현으로 수리 모형의 검증 방법 제공
- 실행 중 매개변수 조정으로 유전해법 개선
- 최적해와 근사 최적해를 나열하고 의사결정자가 직접 해를 수정하도록 하는 방법 제공

1. 개념모델과 수리모형의 수립

개념모델이란 의사결정자가 문제가 무엇인지를 규명하는 단계를 말한다. 개념모델을 위해서 다이어그램[13]등의 표현방법을 사용할 수 있지만 본 연구에서는 개념모델은 서론에서 자연어로 설명된 문제의 정의라 할 수 있다. SSP와 같이 특정한 문제영역의 경우 문제의 정의와 수리 모형의 수립은 시스템 개발자가 수행하게 되며 본 연구에서는 의사결정자가 문제를 정의하는 것은 포함하지 않는다. 또한, 구조적 모델링 기법[20]이나 그래프 기반의 모델링 방법을 적용한 모델관리 시스템[14][15]을 개발하여 의사 결정자가 직접 문제를 정의하고 모형을 수립할 수 있도록 하는 연구는 추후로 미룬다.

2. 자료 수집에서의 컴퓨터 그래픽의 이용

모델링의 고전적인 방법은 사람의 손으로 수식을 직접 입력하는 것이었다. 이러한 방법은 수식 입력 시 오류 발생 및 수정이 매우 힘들다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 모델의 생성이나 수정이 매우 용이한 AMPL[47]이나 GAMS[48] 같은 구조적인 모델링 언어가 개발되었다. 최근에는 마이크로 소프트 엑셀 등의 스프레드시트에 이러한 모델링 기능을 포함하여 간단한 최적화는 수행할

수 있게 되었다. [10][17]

본 연구에서는 스프레드시트를 이용해 자료를 입력하고 입력된 자료와 연동하는 지도와 아이콘을 사용한다. 이러한 방법론의 기본 개념은 지도와 아이콘을 이용하여 시각적으로 모델의 변경을 가능하게 하는 것으로 아이콘에 관한 정보를 수정하면 스프레드시트의 자료도 변경되며 자동으로 수리모형이 생성된다. (그림 6)

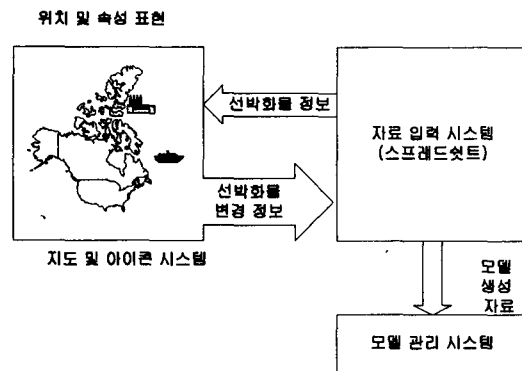


그림 6. 상호대화식 자료입력 방법

선택과 화물은 그림 7.과 같이 아이콘으로 표현되며 화물 종류, 크기 등의 속성에 따라 표현방법이 다르며 선박위치와 적하지에 따라 지도상에 표현된다. [30]



그림 7. 선박과 화물의 아이콘 표현

지도상의 아이콘을 클릭하면 다이아로그 화면에서 자료를 변경할 수 있다.

3. 수리 모형의 검증을 위한 시각화 방법론

VIM 기술은 모델의 생성, 변경, 해의 도출 및 분석에 있어 의사결정자가 직접 개발할 수 있게 하고 있다.[21] 선박운항일정 계획을 수립하려면 주어진 선박이 수송할 수 있는 화물을 찾아내고 이

러한 수송 가능한 화물로부터 후보일정을 도출하여 주어진 모든 선박에 대해 화물 수송 제약을 만족하며 최대의 수익을 낼 수 있는 각 선박별 운항일정을 정하게 된다. 수리모형을 검증하는 방법은 각 선박별 후보일정의 검토, 제약식 확인 및 LINDO 입력을 위한 비음 변수의 확인 등이 있다. (그림 8.)

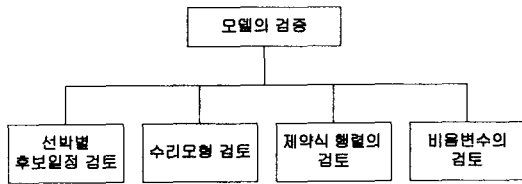


그림 8. 모델의 검증 방법

본 절에서는 열거한 모델 검증 방법에 그래픽을 도입하는 방법을 설명한다.

3.1 후보일정의 검토

선박의 정보, 수송 가능한 화물, 수송가능한 화물의 모든 경로로 구성된 후보일정 리스트를 보여주고 비용분석 내용을 보여준다. (그림 9.)

선박 정보 및 수송가능화물 상세리스트는 마이크로소프트 윈도우즈의 기본 컨트롤인 TreeView를 이용하여 일목요연하게 자료를 검토할 수 있게 한다. (그림 10.)

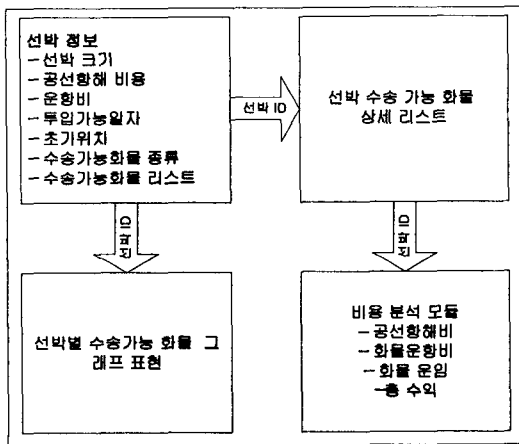


그림 9. 수송가능화물의 검토

Laden Voyage:	28 days	\$2,296.00
Balise Voyage:	25 days	\$1,250.00
Costs of Schedule:	\$1,546.00	
Cargo Profit of Schedule:	\$93,000.00	
Revenue of Schedule:	\$93,454.00	
Schedule Analysis during planning harbors		
Total Laden Voyage:	204 day	\$11,614.00
Total Balise Voyage:	115 day	\$5,756.00
Total Cost for all vessels:	\$17,370.00	
Total Profit of cargo:	\$378,557.00	
Total Revenue:	\$359,187.00	

그림 10. 트리뷰를 이용한 자료 표현

3.2 제약식 및 비음 변수 정보의 표현

본 연구에서는 비록 의사결정자에게는 직접적인 도움이 되지는 않지만 모델을 수립하는 단계에서 모델의 검증을 위한 목적함수 및 제약식의 표현 방식을 제안한다. 이러한 제약식을 그래픽으로 표현하는 연구는 Alvalado[2]가 있으며 본 연구에서는 0-1 행렬로 표현한다. 또한 최적화기(LINDO)의 입력사항으로 비음변수 정보가 있는데 이를 스프레드시트로 보여주어 모델의 검증에 활용한다. (그림 11. 12)

그림 11. 제약식 행렬 표현

그림 12. 비음 변수의 표현

4. 해법 절차에서의 상호대화식 모델링 방법

일반적으로 모델링이라고 하는 것은 실세계 문제를 수리 모형으로 재정의하는 과정을 말한다. 이 과정에서 정량적으로 고려할 수 없는 많은 요소들은 생략되거나 가정으로 사용될 수 밖에 없다.

이러한 점이 모델생성자와 의사결정자 사이에 존재하는 갭(Gap)이며 수리모형이 산출하는 최적해를 그냥 실무에 적용할 수 없는 이유이기도 하다.

수리모형에 의한 최적해든지 아니면 이를 전략적 전술적 목적에 맞게 수정한 해이든지 간에 의사결정자가 구하고자 하는 해를 사용자해(user-solution)라고 한다.

본 절에서 의사결정자가 목적함수의 계수 산정 방법을 정하고 도출된 해를 직접 수정하게 하여 원하는 해를 구하는 방법 및 유전해법에서 실행 중에 매개변수를 변경하여 해법의 효율을 높이는 발전된 상호대화식 유전해법에 대해 설명한다.

4.1 목적함수 계수의 산출

목적함수 계수를 어떻게 산정 하느냐에 따라 모델의 목적이 결정된다. 즉, 목적함수 계수를 화물 운임과 선박 운항비로 산출하면 (그림 13. 참조) 운임수익의 최대화가 모델의 목적이 되고 목적함수 계수를 운항일정상의 공선항해²⁾시간으로 산출

2) Ballast Voyage : 화물을 싣지 않고 항해하는

하여 이를 최소화하도록 모형화 하면 선박가동율을 최대화 하는 것이 전략적 목적이 된다.

본 연구에서는 운임수익의 최대화를 위한 목적함수의 계수 산정방법을 구현하였으며 다른 계수산정방법의 구현은 추후 연구과제로 한다.

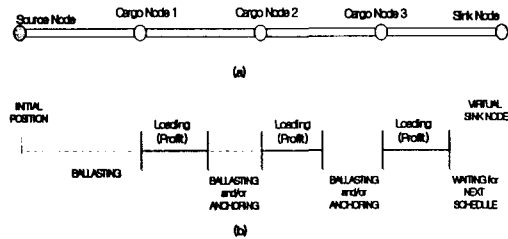


그림 13. 비용분석 과정

4.2 상호대화식 해법 절차

수리모형을 작성하여 최적화기 LINDO에 입력하면 최적해가 산출될 때까지 사용자가 개입할 수 있는 요소는 없다. LINDO는 분지한계법에 의해 실행가능한 경우, 유일 최적해를 제공한다. 하지만 이러한 해는 주어진 목적함수에 대한 최적해일 뿐 의사결정자가 원하는 해가 아닐 수도 있다.

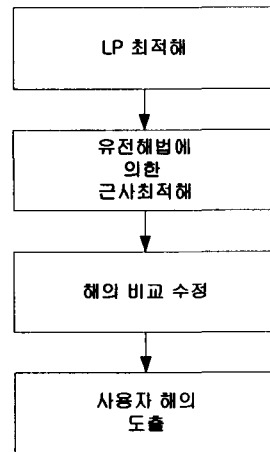


그림 14. 해법 절차

대부분의 최적화 시스템은 의사결정자가 이러한 것, 양하 후에 다음 화물을 적재하기 위하여 공선으로 항해하는 것을 말한다.

유일 최적해를 사용하도록 강요한다. 즉, 해를 변경하거나 대안을 선택할 기능을 제공하지 않는다.

본 연구에서는 유일최적해뿐 아니라 유전해법에 의해 다수의 근사최적해를 제공하고 이를 수정하여 사용자가 원하는 해를 찾을 수 있도록 한다.

4.3 VIM에 의한 유전해법의 개선

상호대화식 접근방법에 의한 유전해법이란 진화의 과정 중에 매개변수를 의사결정자가 직접 변경하게 하고 진행과정을 그래픽으로 직접 관찰할 수 있게 하며 실행과 종료를 의사결정자 임의로 선택할 수 있게 하는 발전된 유전해법이다.

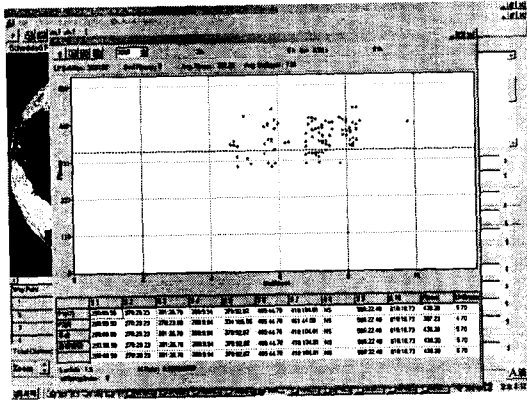


그림 15. 진화과정의 그래픽 표현

그림 15의 진화과정을 보여주는 화면에서 보듯이 그림 4.에서 설명한 2차원 그래픽이 제공되고 화면 상단의 버튼을 이용하여 초기개체집단의 구성, 진화개시 및 종료와 개체정보 보기 및 수정 기능을 수행한다.

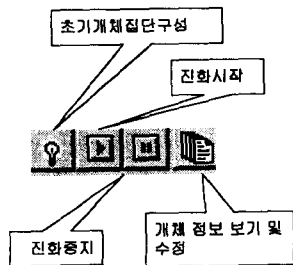


그림 16. 버튼 구성

개체정보 보기 및 수정 기능을 선택하면 그림 17.과 같은 화면이 제공되며 여기에서 개체정보를 확인하고 유전인자를 변경할 수 있다.

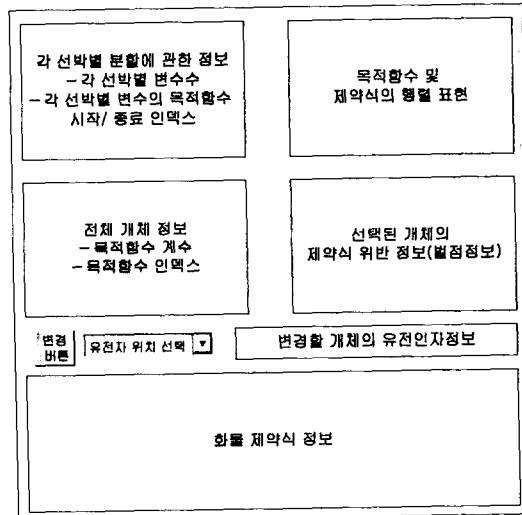


그림 17. 개체정보 보기 및 변경 화면의 구성

의사결정자는 화면 중앙의 드롭 박스와 명령버튼을 이용하여 실행가능한 적절한 개체의 유전인자를 변형할 수 있으며 유전인자의 변형에 의한 실행가능성의 위배결과를 바로 확인할 수 있다. 이러한 해는 LINDO에 의한 유일 최적해와 비교하며 전략적 목적에 따라 적절한 대안으로 유전해법의 근사해를 선택하여 이를 개선한다.

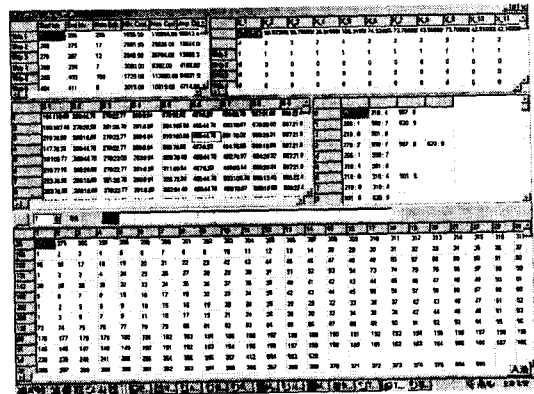


그림 18. 개체정보 보기 및 변경 구현 화면

구현된 시스템은 그림 18.이며 화면 상단 왼쪽 스프레드시트는 각 선박별 분할에 관한 정보, 오른쪽

쪽 스프레드시트는 수리모형의 행렬 정보를 보여 주며, 화면 중앙의 왼쪽 스프레드시트는 각 개체의 유전인자 정보(목적함수 계수), 오른쪽 스프레드시트는 화물 제약식의 위반 정도를 보여주는 별점에 관한 정보를 보여준다. 화면 하단의 스프레드시트는 화물제약식의 비음인 변수의 열정렬 번호를 보여주고 있다.

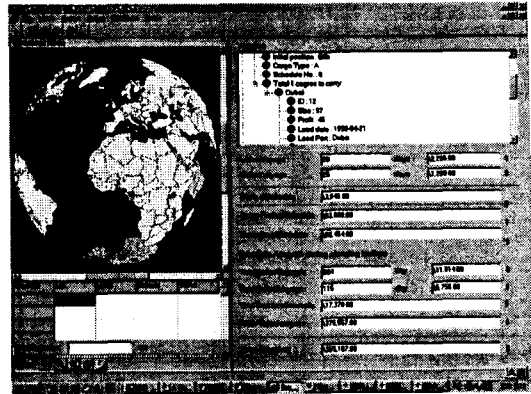


그림 20. 해의 표현 및 분석 화면 구현 결과

5. 그래픽에 의한 해의 표현 및 분석

본 연구에서는 이렇게 구해진 해를 총 운임, 총 공선항해 시간, 정박시간 등의 참고 정보와 함께 시각적으로 표현하며 해도를 바탕으로 실제 항로 및 항해 일정을 보여준다. (그림 19, 20)

또한 주요관심지역(Area of Interest : AOI)[11]을 정하여 전략적으로 분석된 양하지 적하지의 화물 수송 상황을 시각적으로 관찰하게 하여 수송 전략의 수립에 반영하게 한다.

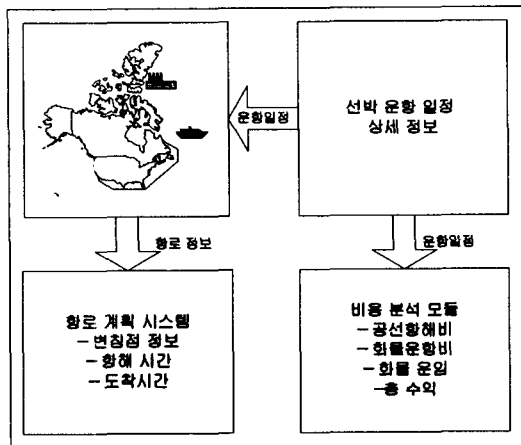


그림 19. 해의 표현 개념도

화면 왼쪽 상단의 지도에는 선택된 운항 경로 및 선박, 화물 정보를 보여주며 좌측 하단의 스프레드시트는 변침점, 총 항해거리 및 시간등의 항해 계산 결과를 보여준다. 또한 관심지역(AOI)은 확대해서 볼 수 있으며 화면 상단 우측의 트리뷰에는 각 선박별로 수송할 화물에 관한 정보를 나타내며 화면 우측 하단에는 각 선박별 운항비 분석과 전 선대에 걸친 비용분석 결과를 보여준다.

IV 결론

고전적인 MS/OR 학자들은 수리모형의 수립이나 해법에 관한 연구에 치중하고 이러한 컴퓨터 시스템의 개발에 관한 것은 컴퓨터 공학자에게 미루어 왔다.[8] Bell[9]은 VIM이 기술이 OR 기술의 한 분야이며 고전적인 OR 기술과 함께 발전되어야 한다고 주장했다.

본 논문을 준비하면서 깨달은 한가지 사실은 VIM이란 기술이 대단히 비정형적이라는 사실이다. 즉, VIM 기술이 필요하고 또 연구해야 될 분야이긴 하지만 VIM의 정의와 구현에 있어 다양한 방법이 존재하고, 또한 이를 학문의 한 분야로 인정해야 하는지에 대해서도 논란의 여지가 많은 것이 현실이다.[35]

그렇다할지라도 산업계에서는 VIM 시스템을 구현할 수 있는 많은 소프트웨어 패키지들이 등장하였고[36] 이를 이용한 많은 연구 성과가 보고되고 있으므로 산업계 전반에 걸쳐 최적화 문제의 해결이 필요한 분야에 VIM 기술이 널리 사용되고 있음을 부정할 수는 없다[27].

본 논문의 성과를 정리해보면

1. VIM이란 새로운 분야를 소개한 점
2. 유전해법 등의 단점(해의 질이 떨어진다)을 보완하는 기법으로 VIM 기술을 활용했다는 점

3. 프로토타입 시스템을 개발하여 SSP에 대한 VIM 활용방법을 제안하였다는 점으로 요약될 수 있다.

본 연구에서 미진한 부분은 개념정립과 문제정의 를 시스템 개발자에게 일임함으로써 문제정의 단계에 선박운항일정계획 문제의 다양한 국면을 반영하지 못한 점이다.

앞으로의 연구과제는 모델링 전문가가 아니더라도 운항 실무자가 직관적으로 이해하고 사용가능한 한국어 및 객체지향 그래픽 기반의 모델링 시스템을 개발하는 것이다. 그러한 시스템은 문제의 정의를 의사결정자가 직접 수행하며 전략적 전술적 목적에 맞는 사용자 해를 도출하는데 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.

또한 향후 이러한 시스템을 최고경영자 정보시스템(Executive Information System : EIS)로 발전시켜 인트라넷 또는 인터넷에서 서비스 한다면 해운기업의 경쟁력을 높이는 데 큰 역할을 하리라 기대된다.

참고 문헌

[1] Abryan A. Norman, James C. Bean, "A Genetic Algorithm Methodology for Complex Scheduling Problems", *Naval Research Logistics*, Vol. 46, pp.199-211, 1999

[2] F.L. Alvalado, "Manipulation and Visualization of Sparse matrices", *ORSA Journal on Computing*, 2:2, 186-207, 1990

[3] J. Antes; L. Campen; U. Derigs; C. Titze; G.D. Wolle, "SYNOPSIS : a model-based decision support system for the evaluation of flight schedules for cargo airlines", *Decision Support Systems*, 22, 307-323, 1998

[4] Appelgren, L. H., "Integer programming methods for a vessel scheduling problem", *Transportation Science*, 5, pp. 64-78, 1971

[5] J.E. Beasley and P.C. Chu, "A Genetic Algorithm for the set covering problem", *European J. of Operational Research*, vol. 94, pp.

392-404, 1996

[6] J.E. Beasley and P.C. Chu, "Constraint handling in genetic algorithms: the set partitioning problem", *Journal of Heuristics*, vol. 4, pp. 323-357, 1998

[7] Bell, Peter C., "Visual Interactive Modeling as an OR Technique", *Interfaces*, 15:4 26-33, 1985

[8] Bell, Peter C., "Visual Interactive Modeling : The Past, the Present, and the Prospect", *European J. of Operational Research*, 54, 274-286, 1991

[9] Bell, Peter C., "Visualization and Optimization: The Future lies together", *ORSA Journal on Computing*, 6:3, 258-260, 1994

[10] S. Bodily, "Spreadsheet Modeling as a stepping stone", *Interfaces*, 16:5 34-52, 1986

[11] L. Bodin, L. Levy, "Visualization in vehicle routing and Scheduling System", *ORSA Journal on Computing*, 6:3, 261-269, 1994

[12] J.G. Bright, K. Johnston, "Whither VIM? - A Developer's View", *European J. of Operational Research*, 54, 357-362, 1991

[13] J. Choobineh, "A Diagramming Technique for Representation of Linear Programming Models", *Omega*, 19:1 43-51, 1991

[14] Christopher V. Jones, "An Introduction to Graph-Based Modeling System, Part I : Overview", *ORSA Journal on Computing*, 2:2 136-151, 1990

[15] Christopher V. Jones, "An Introduction to Graph-Based Modeling System, Part II : Graph Grammers and Implementation", *ORSA Journal on Computing*, 3:3 180-206, 1991

[16] Christopher V. Jones, "Visualization and Optimization", *ORSA Journal on Computing*, 6:3 221-257, 1994

[17] Daniel Flystra, "Design and use of the Microsoft Excel Solver", *Interfaces*, 28:5, 29-55, 1998

[18] G.Desantics, "Computer Graphics as Decision Aids: Directions for Research", *Decision Sciences*, 15, 463-487, 1984

- [19] M. Desrochers, C.V. Jones, J.K. Lenstra, M.W.P. Savelsberg, L. Stougie, "Toward a model and Algorithm management system for vehicle routing and scheduling problems", *Decision Support Systems*, 25, 109-133, 1999
- [20] A.M. Geoffrion, "An Introduction to Structured Modeling Language", *Management Science*, 33:5, 547-588, 1987
- [21] A.M. Geoffrion, "Integrated Modeling Systems", *Computer Science in Economics and Management*, 2, 3-15, 1989
- [22] Harche, F. and G. L. Thompson, "The column subtraction Algorithm: An exact method for solving weighted set covering, packing and partitioning problems", *Computers & Operations Research*, Vol. 21, No. 6, pp. 689-705, 1994
- [23] R.D. Hurrion; R.J.R. Secker, "Visual Interactive Simulation: An Aid to Decision making", *Omega*, 6, 419-426, 1978
- [24] Peter B. Keennan, "Spatial Decision Support Systems for vehicle routing", *Decision Support Systems*, 22, 65-71, 1998
- [25] Kim, Si-Hwa and Kyung-Keun Lee, "An Optimization-based decision support system for ship scheduling", *Computers & I.E., An Intl. Journal*, Vol. 33, pp. 689-692, 1997
- [26] Kim, Si-Hwa, "Optimization-based Decision Support System for Some Maritime Transportation Problems", Ph. D. Thesis, Dept. of Industrial Engineering, Pusan National University, 1999
- [27] P.Kirkpatric, P.C. bell, "Visual Interactive Modeling in Industry : Result from a Survey of Visual Interactive Model Builders", *Interfaces*, 19:5 71-79, 1989
- [28] Mitsuo Gen, Runwei Cheng, *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, John Wiley & Sons, 2000
- [29] George L. Nemhauser, Laurence A. Wolsey, *Integer and Combinatorial Optimization*, Wiley, 1988
- [30] Hasan Pirkul, Rakesh Gupta, Erik Rolland, "VisOpt : a visual interactive optimization tool for P-median problems", *Decision Support Systems*, 26, 209-223, 1999
- [31] Ronen, D., "Cargo Ships routing and scheduling: Survey of models and problems", *European Journal of Operational Research*, 12, pp. 119-126, 1983
- [32] Ronen, D., "Ship Scheduling: The Last Decade", *European Journal of Operational Research*, Vol. 71, pp. 325-333, 1993
- [33] Ryan, D.M. and J.C. Falkner, "On the Integer Properties of Scheduling Set Partitioning Models", *European Journal of Operational Research*, Vol. 35, pp. 422-456, 1988
- [34] Smith, A.E. and D.M. Tate, "Genetic Optimization Using a Penaty-Function", In S. Forrest(ed.), *Proceedings of the fifth International Conference on Genetic Algorithms*. Morgan Kaufmann, pp 499-505, 1993
- [35] Smith V.L., "Visual Interactive Modeling Letters and viewpoints", *Journal of Operational Research Society*, 37, 1017-1021, 1986
- [36] H.Schultz; W. Pulleyblank, "Trends in Optimization", *OR/MS Today*, 18:4 pp 20-25, 1991
- [37] M. Tamiz, S.J. Mardle, "An Interactive graphics-based linear, integer and goal program modeling environment", *Decision Support Systems*, 23, 285-296, 1998
- [38] Whiton, J. C., "Some constraints on shipping in linear programming models", *Naval Research Logistics Quarterly*, 14, 257-260, 1967
- [39] 김민용, 지식을 이용한 선형계획 모형화 시스템 개발에 관한 연구, 박사논문, 한국과학기술원, 1994
- [40] 염건, 지식을 이용한 정수계획문제의 모형화에 관한 연구 : UNIK-IP, 박사논문, 한국과학기술원, 1996
- [41] 신해웅, 혼합형 유전해법을 이용한 배송차량의 경로결정, 박사논문, 한양대학교 대학원, 1994
- [42] 이회용, 유조선 운항 일정 계획 의사결정 지원 시스템의 개발에 관한 연구, 석사논문, 한국해

양대학교 대학원, 1995

[43] 이회용, 김시화, "선박운항일정계획 문제의 유전해법", *한국항해학회지*, 게재예정, 2000

[44] 임기영, 구조적 모형화 기법을 이용한 선형 계획 모형 생성과 수정을 위한 모형관리 시스템, 석사논문, 한국과학기술원, 1990

[45] 황희수, 집합패킹문제에 적용된 컬럼 서브트랙션 해법구현에 관한 연구, 석사 논문, 한국해양대학교 대학원, 2000

[46] 황희수, 이회용, 김시화, "컬럼 서브트랙션 방법을 이용한 선박 운항일정계획 문제의 정수해법", *한국경영과학회지*, 게재 예정, 2000

사용자매뉴얼

[47] AMPL : A Mathematical Programming language, AT&T Bell Laboratories

[48] GAMS A User's Guide, GAMS Development Co. 1998