

유조선 운항일정계획 의사결정지원 시스템의 개발에 관한 연구

김 시 화¹⁾, 이 희 용²⁾

A Study on the Development of Decision Support System for Tanker Scheduling

Si-Hwa Kim, Hee-Yong Lee

Abstract

Vessels in the world merchant fleet generally operate in either liner or bulk trade. The supply and the demand trend of general cargo ship are both on the ebb, however, those trend of tankers and containers are in slight ascension. Oil tankers are so far the largest single vessel type in the world fleet and the tanker market is often cited as a textbook example of perfect competition.

Some shipping statistics in recent years show that there has been a radical fluctuation in spot charter rate under easy charterer's market. This implies that the proper scheduling of tankers under spot market fluctuation has the great potential of improving the owner's profit and economic performance of shipping.

This paper aims at developing the TS-DSS(Decision Support System for Tanker Scheduling) in the context of the importance of scheduling decisions.

TS-DSS is defined as a DSS based on the optimization models for tanker scheduling. The system has been developed through the life cycle of systems analysis, design, and implementation to be user-friendly system. The performance of the system has been tested and examined by using the data edited under several tanker scheduling scenarios and thereby the effectiveness of TS-DSS is validated

1) 한국해양대학교 해사수송과학부 교수

2) 현대정보기술 연구원

satisfactorily. The authors conclude the paper with the comments on the need of appropriate support environment such as data-based DSS and network system for successful implementation of the TS-DSS.

1. 서론

해운은 해상 수송 수요에 대하여 수송서비스를 생산, 공급하는 경제활동이라고 말한다. 정기선 무역의 경우 오랜 관행에 의한 해운동맹이 결성되어 있고 해운동맹에 가입된 정기선사는 공표되는 운항일정과 운임 효율에 따라 수요자에게 수송서비스를 제공하지만, 부정기선 무역의 경우는 이와 달리 해운 운임이 수요와 공급의 원리에 의해 결정된다. 일반적으로 유조선 용선 시장은 완전한 자유경쟁의 대표적인 예로 곧 잘 인용된다.¹⁾

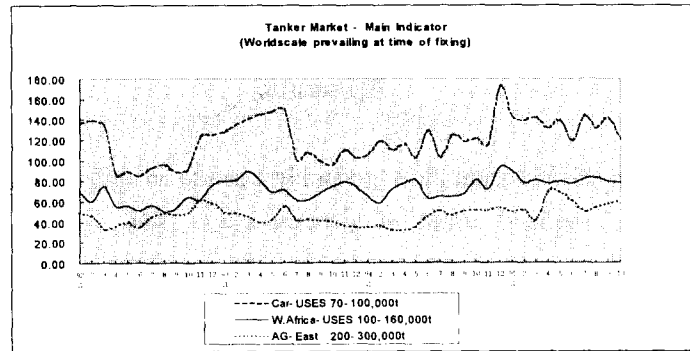


Fig. 1.1 Tanker Market Spot Rate
Source : *Shipping Statistics and Economics Market Briefing Dec. 1995*

그런데 Fig. 1.1은 유조선대의 공급과 유조선 선복 수요의 완만한 변화에도 불구하고 유조선 용선 시장의 용선 효율은 대단히 첨예하게 변동하고 있음을 나타내고 있다. 이는 용선 시장의 용선 효율(spot rate)이 세계 상선대의 선복의 양적인 수요와 공급에 의해 영향을 받는 것보다는 임의의 시기에 발생하는 용선 시장의 선복 수요에 대하여 적시에 수송 서비스를 제공할 수 있는 선복의 공급량에 의해 더 결정적으로 영향을 받기 때문이다.

다시 말하면 유조선대의 공급이 유조선 선복 수요를 충족시키려면 그 선복 수요에 대하여 시의 적절한 선박을 투입할 수 있어야 한다. 이러한 배경 하에 유조선 운항일정 계획은 유조선 영업 실무의 중요한 국면을 이루고 있으며 효율적인 유조선 운항일정 계획의 수립은 유조선 운항의 경제성 향상 및 운항 이익의 극대화에 크게 기여한다. 흔히 해운문제의 특징을 불확실성, 문제 구조의 다변성, 해운기업의 보수성, 해운시장의 국제성, 개방성, 불안정성 등으로 설명한다.²⁾ 문제의 성격이 불안정하고 불확실하여 그 문제

의 구조가 다변성을 가질수록, 의사결정자가 보다 과학적이고 합리적인 의사결정을 내릴 수 있도록 지원하여 주는 시스템이 더 필요할 것이다. 그러나, 효율적인 유조선 운항일정계획을 위한 의사결정 지원시스템의 개발에 관한 연구 결과들은 매우 미미하며 이 연구의 필요성의 배경이 되었다. TS-DSS의 개발을 위해 먼저 선박 운항일정계획 문제의 최적화 분석과 관련된 연구들을 개괄한 후, 특별히 용선 시장의 변동 하에서 효율적으로 선박 운항일정계획을 수립할 수 있도록 개발된 경영 과학적인 수리모형을 제시하고 이를 바탕으로 사용자에게 친숙한 유조선 운항일정계획 의사결정 지원시스템을 개발하고자 한다. TS-DSS에 적용될 수리모형은 집합 분할 문제(Set Partitioning Problem) 또는 집합 패킹 문제(Set Packing Problem)와 같은 0-1 정수계획 모형이며, 이때 수리모형의 의사결정변수인 0-1 정수 변수는 선박의 후보 운항일정들이 된다. 유조선 운항일정계획이란 이 후보 운항일정들로부터 어떤 의사결정 준거에 따라 최적인 운항일정을 선택하는 문제가 된다. 따라서 여기서 개발하는 TS-DSS는 크게 선박의 후보 운항일정들을 생성하는 모듈과 이 후보 운항일정들의 선택여부를 0-1 정수변수로 표현하는 정수 계획 모형을 최적화하는 모듈로 구성되며 또한 사용자에게 친숙한 환경을 제공하기 위한 다양한 사용자 인터페이스를 포함하고 있다.

2. 유조선 운항일정계획의 최적화 모형

선박 운항의 기본적인 유형에는 정기선 운항, 부정기선 운항, 그리고 화주 직접 운항 등이 있다. 유조선 운항의 경우는 부정기선 운항 또는 화주 직접 운항 또는 그 양자의 유형에 속한다고 할 수 있다. 부정기선 운항의 경우 선주는 단위 기간 당의 수익을 최대화하려는 목적으로 운항 일정계획을 수립하려 할 것이고, 화주 직접 운항의 경우 자사화물의 수송비용을 최소화하는 방향으로 선대를 운용하려 할 것이다.³⁾

이 장에서는 먼저 선박 운항일정계획에 관련된 기존의 연구를 개관하고 다음에 이 연구에서 다루고자 하는 유조선 운항일정계획의 최적화 모형의 구축에 관하여 서술하고자 한다.

2.1. 선박 운항일정계획에 관한 연구

선박 운항일정계획은 화물, 항만, 선박, 그리고 비용 등의 제 요소를 고려하여 수립된다. 선박 운항일정계획에 관련된 고전적인 연구로 Dantzig & Fullkerson (1954)이 발표한 히치코크 수송모형을 들 수 있으며 Briskin(1966)과 Bellmore(1968)는 이를 일반화한 선형계획모형으로 정식화한 바 있다.⁴⁾⁵⁾⁶⁾

그리고 Laderman(1966)등은 오대호의 다양한 항만간 화물들을 수송하는 회사가 최소의 선박으로 수송수요를 충족하는 문제를 선형계획법으로 모형화하였고, Whiton(1967)은 이 모형에 항만 수용능력 및 화물취급 능력 등에 관한 제약조건을 추가하여 연구한 바 있다.⁷⁾⁸⁾

부정기선 운항일정계획 문제에 관한 전형적인 연구로는 0-1 정수 계획법으로 선박 운항일정계획의 최적화한 Appelgren(1969, 1971)의 연구를 들 수 있다.⁹⁾¹⁰⁾ Appelgren은 부정기선 무역의 성격을 잘 반영한 다양한 속성의 선박과 화물에 대하여 다양한 의사결정 준거에 따른 목적함수를 정의하고 0-1 정수 계획법으로 선박 운항일정계획을 최적화하고자 하였으며, 더우기 이 최적화 모형은 이후의 선박 운항일정계획 관련 연구에 결정적인 영향을 미쳤다고 할 수 있다.

Appelgren의 0-1 정수계획 모형 이후, 부정기선의 선박 운항일정계획 문제는 선박의 후보 운항일정을 구하는 문제와 이들 후보 운항일정의 선택여부를 0-1 정수변수로 취한 정수계획모형의 최적해를 구하는 문제의 두 단계로 구분되고 있다.

Appelgren 이후의 선박 운항일정계획과 관련된 연구들로는 Bellmore(1971)등과 McKay & Hartley(1974)의 유조선 운항일정계획을 위한 혼합 정수계획모형이 있으며, 적용된 문제의 영역은 다소 차이가 있으나 기본적으로 Appelgren의 모형의 틀과 유사한 선박 운항일정계획 최적화 모형을 보여주는 것으로 Miller(1987), Brown(1987)등, Fisher & Rosenwein(1989), Bausch(1991)등의 연구가 있고,¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾ 이 논문의 수리모형화의 관한 기본 골격을 다루고 있는 Lee & Kim(1994)의 연구들이 있다.¹⁷⁾

2.2. 유조선 운항일정계획의 최적화 모형

이 연구에서는 Fisher & Rosenwein(1989)이 선박 운항일정계획 문제를 변형하여 용선 시황의 첨예한 변화에 대처하면서 화물의 운임수익과 선박의 효율성을 고려하여 계획기간 중의 단위 기간 당 경영이익 및 운항 경제성을 향상하기 위한 유조선 운항 일정계획 문제를 집합 패킹 문제로 모형화하여 이를 TS-DSS의 구축을 위한 최적화 모형으로 사용하고자 한다.

화물의 운임수익과 관련된 지표로는 용선 시장의 용선 효율을 나타내는 Worldscale이 적용되며, 선박의 효율성은 선주의 관점에서 선박의 운항 특성, 선적화물의 운임, 선박의 운항비, 및 해당 시기의 용선 비용 등을 고려하여 산정될 수 있다. 이렇게 집합 패킹 문제로 모형화한 유조선 운항일정계획 최적화 모형은 다음과 같다.

[기 호]

$i = 1, \dots, n$ 화물

$k = 1, \dots, l$ 선박

J_k = 선박 k 에 대한 후보 운항일정의 집합

[선박 및 화물 자료]

$q_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{선박 } k \text{가 화물 } i \text{를 수송하는 운항일정 } j \text{가 선택될 경우} \\ 0, & \text{그렇지 않을 경우} \end{cases}$

p_{ik} = 선박 k 가 화물 i 를 수송하는 경우의 운임 지표

h_{jk} = 선박 k 의 운항일정 j 에 대한 효용성(운항비용) 지표

[의사 결정변수]

$y_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{만약 선박 } k \text{가 운항일정 } j \text{에 투입되면} \\ 0, & \text{그렇지 않으면} \end{cases}$

[최적화 모형]

$$\text{Max} \quad \sum_k \sum_{j \in J_k} (\sum_i q_{ijk} p_{ik}) y_{jk} - \sum_k \sum_{j \in J_k} h_{jk} y_{jk}$$

s.t

$$\sum_{j \in J_k} y_{jk} \leq 1 \quad \text{각 선박 } k \text{에 대하여}$$

$$\sum_k \sum_{j \in J_k} q_{ijk} y_{jk} \leq 1 \quad \text{각 화물 } i \text{에 대하여}$$

$$y_{jk} = \{0, 1\} \quad j \in J_k \text{ 각 선박 } k \text{에 대하여}$$

목적 함수는 보유 선대의 선박 k 를 계획기간 동안에 운항할 때 화물의 수송에 투입된 선박의 효용성의 총합에 대하여 산출되는 운임 수익이 최대화 되게 하고자 하는 것으로 $\sum_i q_{ijk} p_{ik} = v_{jk}$ 라 두면 $Z = \sum_k \sum_{j \in J_k} (v_{jk} - h_{jk}) y_{jk}$ 가 된다.

그리고, 첫번째 제약식은 계획기간 동안에 보유 선대의 각 선박은 운항에 투입되지 않거나 투입되어도 단지 하나의 운항일정에 배정됨을 나타내며, 두번째 제약식은 각 화물은 보유선대의 선박에 의해 수송된다면 단지 하나의 선박에 의해 수송되도록 한다는 제약 조건이다.

또한 선박의 효용성은 선박의 운항 경제성 향상의 개념을 목적함수에 반영한 것이다. 모형의 목적함수를 살펴보면 효용성(운항비용)이 높은 선박의 투입은 목적함수를 감소시킬 수 있다. 즉, 선박의 운항 경제성을 향상시키려면 효용성(운항비용)이 높은 선박은 아껴두는(투입하지 않는) 것이 바람직하다는 의미가 된다. 이처럼 이 모형의 h_{jk} 는 효용성의 개념으로도 사용될 수 있고 운항비용의 개념으로도 사용될 수 있다. 다만, 이 연구에서 개발한 TS-DSS의 수행도 분석을 위한 수치실험에서는 임의 선박 k 에 대하여 동일한 h_k 를 적용하였다.

3. 최적화 모형의 구축과 해법

3.1. 후보 운항일정의 생성과 최적화 모형의 구축

TS-DSS의 개발에 사용될 유조선 운항일정계획 최적화 모형은 집합 패킹 문제로 정식화된 0-1 정수계획 모형이다. 이 최적화 모형을 구축하기 위하여 선행되어야 할 것은 모형의 의사결정변수가 될 선박의 후보 운항일정을 찾아내는 일이다. 이 절에서는 각 선박에 대하여 가능한 모든 후보 운항일정을 구하기 위해 정의할 운항 가능 일정 그래프의 구성하고 이 그래프로부터 각 선박의 가능한 후보 운항일정을 구한다. 여기서 운항 가능 일정 그래프란 임의의 선박에 대하여 그 선박의 모든 운항 가능한 모든 일정을 표현할 수 있는 그래프라고 정의한다. k 선박에 대하여 고유하게 정의되는 운항 가능 일정 그래프 $G_k(V, A)$ 는 Fig. 3.1과 같은 비순환 방향성 그래프이다. 임의의 선박 k 에 대한 운항 가능 일정 그래프 G_k 에서 그 선박의 가능한 후보 운항일정은 시작마디에서 종료마디에 이르는 경로에 의해 구할 수 있다.

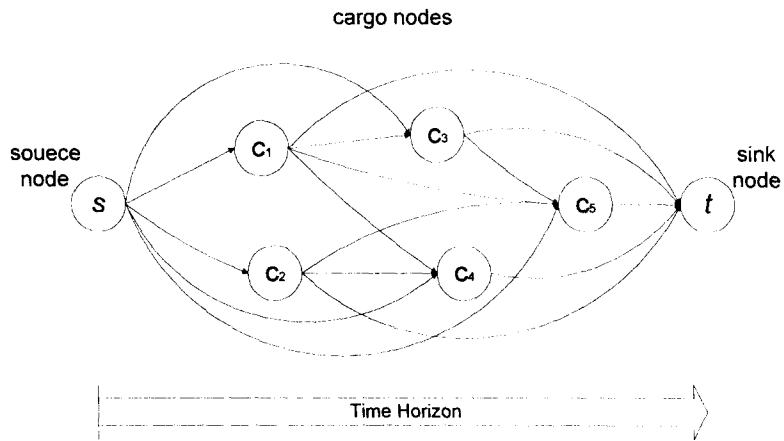


Fig. 3.1 A Directed Graph $G_k(V, A)$ Representing all Feasible Schedules for Ship k

따라서 임의의 선박 k 의 모든 후보 운항일정을 구하려면, 그래프 G_k 의 시작마디로부터 그래프 G_k 를 순회하는 깊이 우선 탐색 알고리즘을 적용하면서 각 마디를 방문하되, 그 마디가 종료마디이면 그때까지의 순회경로로 후보 운항일정을 만드는 일을 순회가 끝날 때까지 계속하면 된다.¹⁸⁾ Fig. 3.2는 이러한 후보 운항일정을 생성하는 알고리즘을 보

여주고 있다.

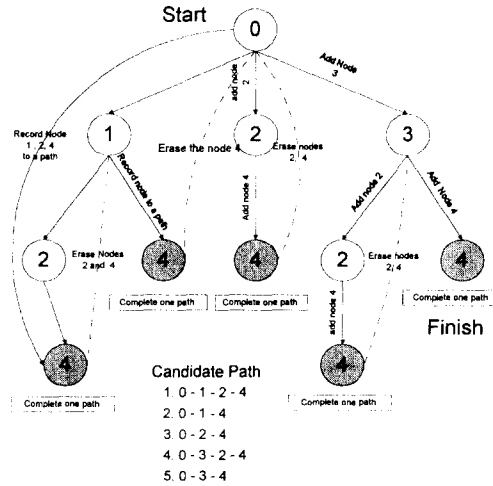


Fig. 3.2 Graph Traverse

3.2. 최적화 모형의 해법

TS-DSS의 개발에 사용될 유조선 운항일정계획 최적화 모형은 집합 패킹 문제로 정식화된 0-1 정수계획 모형이다. 경영과학의 최적화 모형들은 그 최적해를 구하기 위한 알고리즘의 계산상의 복잡성과 관련하여 크게 두 가지 유형의 문제로 분류되는데 그 하나는 다항식 알고리즘이 존재하는 P-문제이며 다른 하나는 다항식 알고리즘이 알려져 있지 않은 NP-문제(Nondeterministic Polynominal) 유형이다. 대부분의 정수 계획모형은 일반적으로 후자의 경우에 속한다.¹⁹⁾²⁰⁾

앞장의 집합 분할 또는 집합 패킹 모형들은 0-1 정수계획모형의 특수한 경우에 속하며 이러한 문제를 해결하는 방법은 해결이 쉬운 특수한 경우를 먼저 고려한 후 이를 일반화하는 방법, 근사 해법이나 발견적 기법을 사용하여 최적해에 가까운 해를 구하는 방법, 복잡한 문제를 분해하여 해결하는 방법, 그리고 완화법을 이용하여 최적해를 찾아가는 방법 등이 있다.²¹⁾

그러나, 이 연구에서 TS-DSS의 일부를 이루게 될 집합 패킹 문제의 최적해를 구하는 모듈에는 상용 프로그램인 Lindo 패키지를 사용하였다.

4. TS-DSS의 개발

Sharda는 이상적인 의사결정 지원시스템(DSS: Decision Support System)의 구조를 Fig. 4.1과 같이 자료 기반, 모형 기반, 그리고 지식 기반 DSS가 보완적으로 결합되어 있는 IDSS(Intelligent DSS) 형태로 제시하고 있다.²²⁾²³⁾ 그러나 현재의 대부분의 DSS는 이러한 세 기능을 동시에 갖추고 있기보다는 그 중 한가지 기능을 중심으로 하고 다른 기능을 보완적으로 갖추고 있는 실정이다.

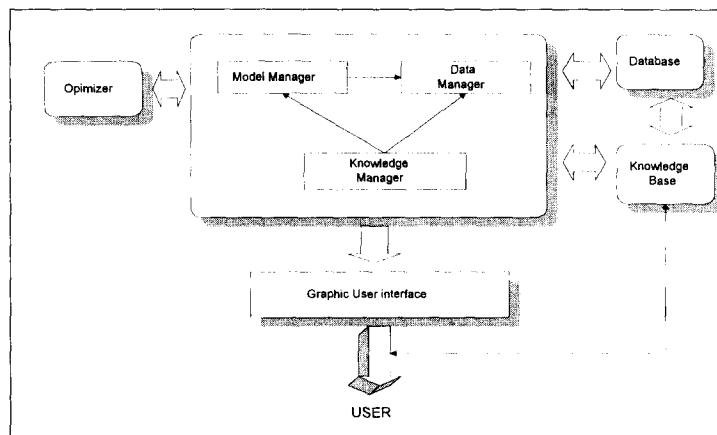


Fig. 4.1 Schematic Diagram of An Ideal DSS

일반적으로 DSS를 자료 기반 DSS, 모형 기반 DSS, 지식기반 DSS 등으로 구분하는데 TS-DSS는 모형 기반 DSS라 할 수 있다. 모형 기반 DSS에 사용되는 의사결정 모형에는 최적화 모형, 모의 실험 모형, 추계적 모형 등이 있다. TS-DSS는 유조선 운항일정계획을 위한 최적화 모형을 기반으로 하는 DSS이다.

DSS를 개발하는 단계는 크게 분석(Analysis), 설계(Design), 구현(Implementation)의 세 단계로 구분할 수 있다.²⁴⁾ 이 장에서는 TS-DSS의 개발을 위한 시스템 분석과 설계, 그리고 그래픽 사용자 인터페이스를 갖춘 사용자에게 친숙한 시스템의 구현에 관하여 설명한다.

4.1. 시스템 분석

TS-DSS의 개발을 위한 시스템 분석은 유조선 영업 실무 및 유조선 운항일정계획 실무를 분석하여 문제를 정의하고 TS-DSS의 사용자 요구를 분석하는 것을 포함한다.

문제의 정의와 사용자 요구에 관한 시스템 분석은 시스템이 무엇을 할 것인가(What to do)를 명시하는 기능 명세서의 바탕이 된다. 따라서 시스템 분석의 과정은 컴퓨터 지향적이기보다는 문제해결 지향적이다.²⁵⁾ 여기서는 시스템 분석을 바탕으로 구성되는 TS-DSS의 계층구조 DFD와 주요 입출력 양식의 설계에 관하여 설명한다.

이러한 시스템의 기능 명세를 구조적으로 분석하여 그 결과를 표현하는 방법은 다양하다. 여기에서는 시스템 분석에 의한 기능 명세를 바탕으로 Fig. 4.2와 같이 TS-DSS를 기능별로 계층화한 구조도를 제시하며 이는 앞으로 TS-DSS의 메뉴 구조를 설계하는 토대로 사용될 것이다.

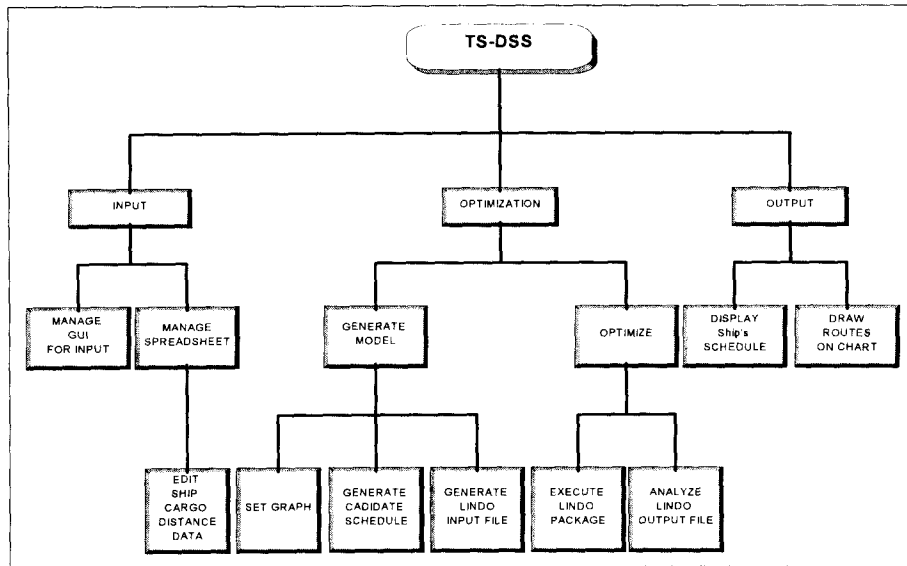


Fig. 4.2 The Hierarchical Structure of TS-DSS

TS-DSS의 주요한 입력 자료는 용선 시장의 화물자료 및 유조선대의 선박자료들이며 주요 출력정보는 각 선박의 운항일정계획이 될 것이다. 시스템 분석 과정에서는 시스템의 주요 입력 자료에 대한 입력양식의 설계 및 출력 정보에 대한 출력양식의 설계가 이루어져야 한다. 이러한 시스템의 입출력 양식은 사용자가 시각적, 직관적으로 이해하기 쉽도록 설계하여야 한다. Fig. 4.3과 Fig. 4.4는 각각 TS-DSS의 입력 양식 및 출력 양식의 개념적인 설계를 보여주고 있다.

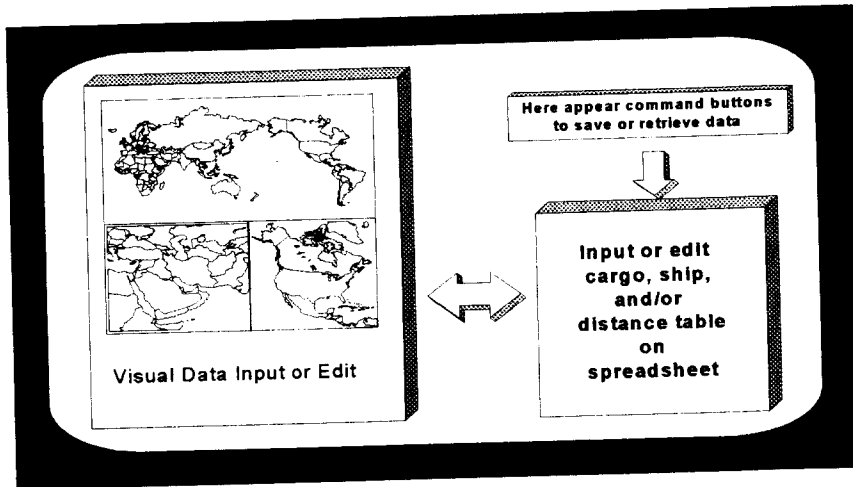


Fig. 4.3 Input Layout of TS-DSS

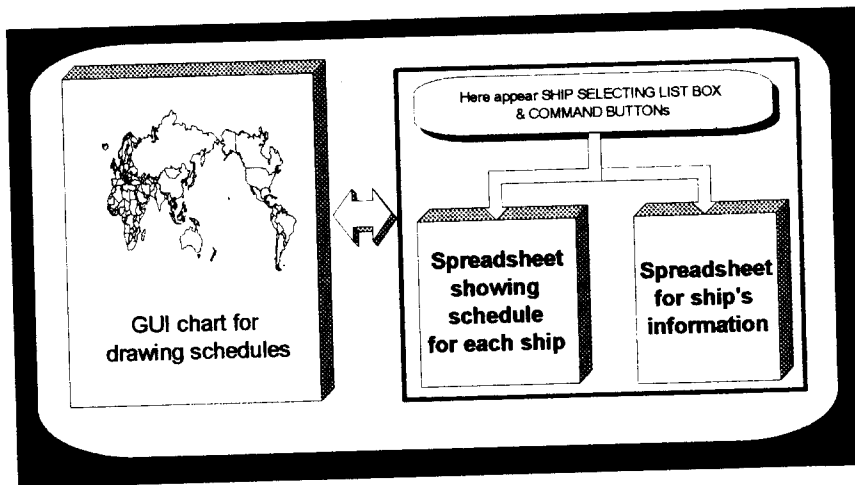


Fig. 4.4 Output Layout of TS-DSS

4.2. 시스템 설계

시스템 설계의 과정에서 시스템 분석가의 관심의 초점은 문제해결 지향에서 컴퓨터 지향으로 옮겨가게 된다. 시스템 분석이 무엇을 할 것인가를 규명하는 것이라면 시스템 설계는 어떻게 할 것인가(How to do)를 규명하는 것이다. 어떻게 할 것인가에 관한 컴퓨터 지향적인 시스템 설계의 상세는 시스템 구현을 위한 프로그래밍의 바탕이 된다.²⁶⁾

여기서는 시스템 분석의 결과를 바탕으로 시스템을 구현할 때 필요한 여러 가지 자료구조의 정의 및 자료기지의 설계, 시스템 흐름도 및 모듈화 설계 등을 설명한다.

TS-DSS의 최적화 모형에 사용되는 원시 입력 자료는 선박 자료, 화물 자료, 그리고 항만간 거리 자료이다. 최적화 모형의 의사결정 변수는 후보 운항일정이므로 후보 운항일정의 생성을 위한 운항 가능 일정 그래프를 컴퓨터에 저장하는 문제는 중요하다. 따라서 여기에서는 Fig. 3.1의 운항 가능 일정 그래프 $G_k(V, A)$ 의 자료구조의 정의에 관하여 설명한다. 그래프 또는 네트워크를 컴퓨터에 저장하는 방법에는 여러 가지가 있다. 어느 한 방법이 최선이라고 일의적으로 판단할 수는 없으며 문제의 구조에 따라 알고리즘의 효율을 고려하여 최선의 방법을 선택하여야 한다.²⁷⁾²⁸⁾ 여기서는 Fig. 4.5에서 보여주는 것과 같이 그래프의 자료 구조 구현이 용이하고 유연한 연속 인접 리스트(Contiguous Adjacency Lists) 방식을 택하였다.

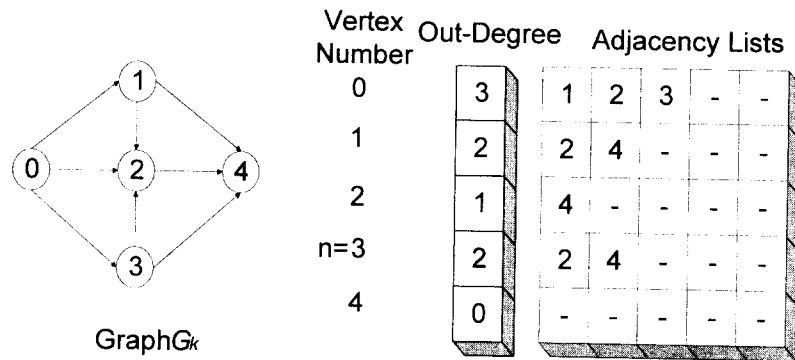


Fig. 4.5 Contiguous Adjacency Lists

Fig. 4.5와 같은 연속 인접 리스트 그래프 자료 구조를 파스칼로 정의하면,

Type

vertex = 1 ... max;

counter = 0 ... max;

AdjacencyList = **array**[vertex] **of** vertex;

Graph = **record**

n : counter; {number of vertices in the graph}

OutDegree : **array**[Vertex] **of** counter;

A : **array**[vertex] **of** AdjacencyList;

end;

와 같이 된다.²⁹⁾

TS-DSS의 개괄적인 시스템 흐름도는 Fig. 4.6과 같다. 시스템의 주요 원시 입력자료는 선박 자료, 화물 자료, 그리고 항만간 거리 자료들이다.

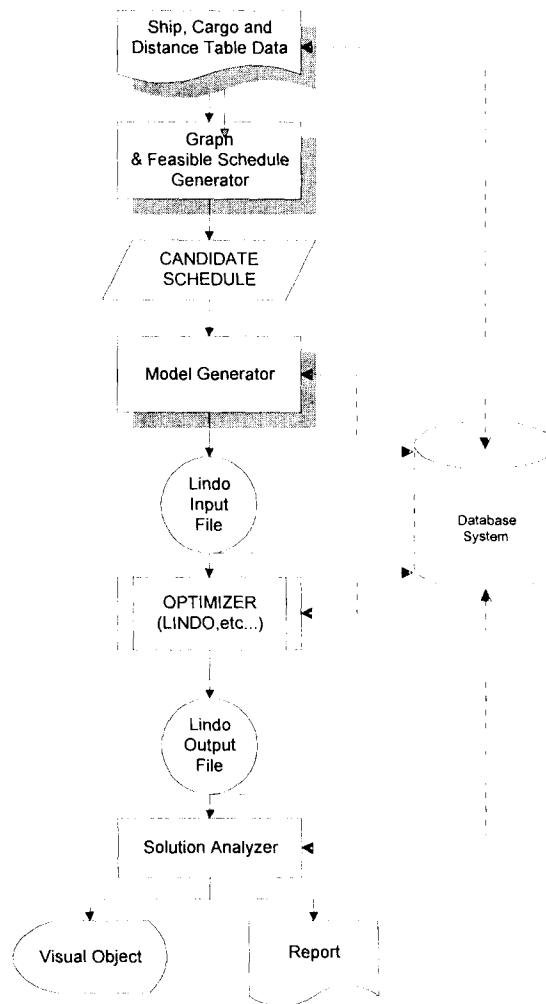


Fig. 4.6 The System Flowchart of TS-DSS

이상과 같은 시스템 흐름도를 바탕으로 TS-DSS의 모듈을 개괄적으로 설계한 결과는 Fig. 4.7에서 보여준다.

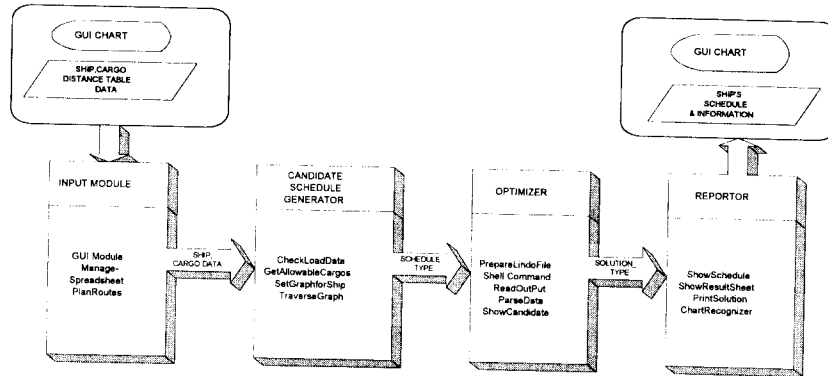


Fig. 4.7 Diagram of Module Definition

4.3. 시스템의 구현

TS-DSS는 Windows95 환경하에서 PC-Base로 구현하였다. 개발도구는 Microsoft사의 Visual Basic 4.0이다. 기본적인 화면은 주작업창(Main Window)상의 여러 종속작업창(Child Window)에서 동시에 작업할 수 있는 MDI(Multiple Document Interface: 다중 문서 인터페이스) Windows System으로 구성되어 있으며 각각의 작업창은 자신의 메뉴와 명령 버튼을 가질 수 있다. 기본적인 작업은 메뉴 선택을 통해 이루어지며 자주 쓰이는 메뉴는 명령 버튼으로 배열하여 빠른 작업이 가능하도록 하였다. TS-DSS의 메뉴 구성은 Fig. 4.8과 같으며 Fig. 4.9에 명령 버튼의 구성을 보인다.

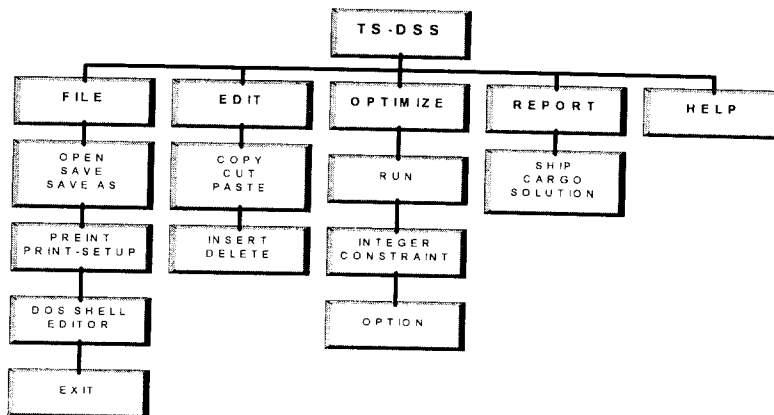


Fig. 4.8 Menu System of TS-DSS

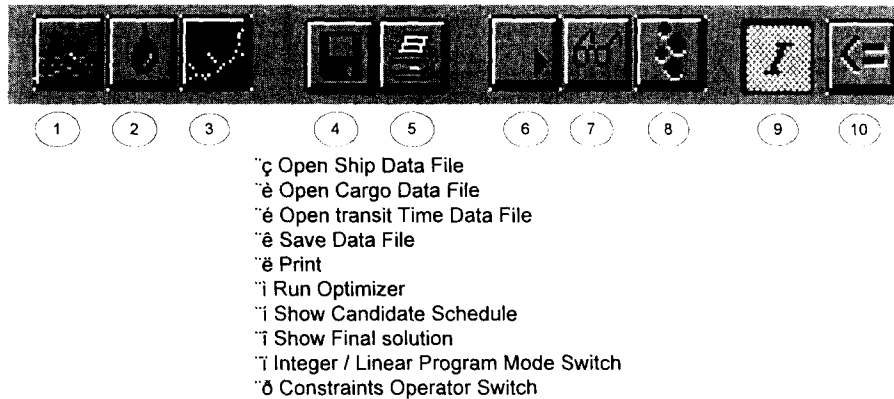


Fig. 4.9 Command Button Arrangement

4.4. 시스템의 운용

TS-DSS의 운용 시험과 그 수행도의 분석을 위한 유조선 운항일정계획 시나리오에는 다음과 같은 자료들이 준비되어야 한다. 우선 세계의 주요 원유 선적지역과 양하지역을 조사하여 항만간 거리표를 이용하여 원시 입력 자료들을 구성한다.³⁰⁾ 그 입력 자료를 바탕으로 TS-DSS를 시험 운용하고, 그 결과를 검토·분석하여 단계적으로 시나리오를 수정하면서 시스템을 시험하고 그 결과를 분석하였고 그 결과 TS-DSS의 유용함을 보였다.

5. 결론

국제 물류시스템의 중요한 하부구조를 이루는 해운의 경영 및 운용에는 막대한 자본의 투입을 요한다. 효율적인 선박 운항일정계획을 통한 해운의 경제성 향상 및 국제 경쟁력 제고의 문제는 해운의 경영과 운용에 있어서 대단히 중요하다. 일반적으로 해운 문제는 그 성격이 불안정하고 불확실하며 따라서 문제의 구조가 다변성을 가지고 있다. 해운 문제의 이러한 특징 때문에 해운경영 문제에 관한 보다 과학적이고 합리적인 의사결정을 지원하여 주는 시스템이 더욱 필요한 실정이다.

이 연구는 유조선 운항일정계획 의사결정 지원시스템(Tanker Scheduling Decision Support System: TS-DSS)의 개발을 다루고 있다. 유조선 용선 시황의 첨예한 변동에 대처하면서 운항의 경제성을 향상시키고 운항이익을 극대화하기 위한 운항일정계획의 수립 관한 의사결정은 유조선 영업 실무의 중요한 국면을 이루고 있다. TS-DSS는 이러한 의사결정을 지원하기 위한 경영과학 최적화 모형을 기반으로 개발된 DSS이다.

TS-DSS는 구조적인 시스템 분석, 설계 및 구현의 단계를 거쳐 사용자에게 친숙한 환경으로 개발되었으며, 시험 운용 및 수행도 분석을 통하여 시스템의 유효성을 검토하였다. 아울러 TS-DSS의 시험 운용과 수행도 분석 과정에서 시스템의 계산 소요 시간에 관하여도 검토하였다. 이러한 연구의 결과로 얻어진 성과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 선박 운항일정계획에 관한 주요 선행연구를 개관하고 용선 시황의 변동에 대처하면서 화물의 운임 수익 및 선박의 효용성을 고려한 유조선 운항일정계획 최적화 모형을 새롭게 제안하였다.

둘째, 제안된 최적화 모형을 기반으로 하는 TS-DSS를 구조적인 분석과 설계를 거쳐 사용자에게 친숙한 환경으로 구현하였다.

셋째, TS-DSS가 최적화 모형을 생성하는 과정에서 운항 가능 일정 그래프를 새롭게 정의하고 이 그래프로부터 후보 운항일정을 생성하는 알고리즘을 고안하였다.

넷째, 최적 운항일정계획을 도출하는 TS-DSS의 유효성을 시스템의 시험 운용 및 수행도 분석을 통하여 입증하였다.

다섯째, TS-DSS는 앞으로 자료기반 DSS 및 지식기반 DSS의 보완과 네트워크의 구축 등을 통해 선박 운항일정계획 의사결정에 실제적으로 유용하게 사용될 수 있는 시스템이라 사료된다.

참고문헌

- 1) Marcus, Henry S., *Marine Transportation Management*, Auburn House, p. 6, 1987.
- 2) Ronen, D(1993), "Ship scheduling: The last decade", *European Journal of Operational research*,

Vol. 71, pp. 325-333.

- 3) タンカー 研究会, 石油と液化ガスの海上輸送 - タンカーの営業實務, 成山堂 書店, pp. 1-50.
- 4) Dantzig, G. B. and D. R. Fulkerson(1954), "Minimizing the number of tankers to meet a fixed schedule", *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 1, pp. 217-222.
- 5) Briskin, Lawrence E.(1966), "Selecting delivery dates in the tanker scheduling problem", *Management Science*, Vol. 12, No. 6, B-224-34.
- 6) Bellmore, M.(1968), "A maximum utility solution to a vehicle constrained tanker scheduling problem", *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 15, No. 3, pp. 403-11.
- 7) Laderman, J. et al(1966), "Vessel allocation by linear programming.", *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 13, No. 3, pp. 315-20.
- 8) Whiton, J. C.(1967), "Some constraints on shipping in linear programming models", *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 14, pp. 257-260.
- 9) Appelgren, Lief H.(1969), "A column generation algorithm for a ship scheduling problem", *Transportation Science*, Vol. 3, No. 1, pp. 53-68.
- 10) Appelgren, Lief H.(1971), "Integer programming methods for a vessel scheduling problem", *Transportation Science*, Vol. 5, No. 1, pp. 64-78.
- 11) Bellmore, M. and G. Bennington(1971), "A multivehicle scheduling problem", *Transportation Science*, Vol. 5, No. 1, pp. 64-78.
- 12) McKay, M. D. and H. O. Hartley(1974), "Computerized scheduling of seagoing tankers", *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 21, pp. 255-264.
- 13) Miller, David M.(1987), "An interactive, computer-aided ship scheduling system", *European Journal of operational research* Vol. 32, pp. 363-379.
- 14) Brown, G. et al(1987), "Scheduling ocean transportation of crude oil", *Management Science*, Vol. 33, pp. 335-446.
- 15) Fisher, Marshall L.(1989), "An interactive optimization system for bulk-cargo ship scheduling", *Naval Research Logistics*, Vol. 36, pp. 27-42.
- 16) Bausch, D. et al(1991), "Elastic set partitioning - A powerful tool for scheduling transportation of oil and gas", in: Breton, M. and G. Zaccour(eds.), *Advances in Operations Research in the Oil*

- oil and gas", in: Breton, M. and G. Zaccour(eds.), *Advances in Operations Research in the Oil and Gas Industry*, Editions Technip, Paris, pp. 151-162.
- 17) Lee, K. and Si-Hwa Kim(1994), "A study on the optimization analysis of tactical ship scheduling", *Journal of The Korean Institute of Navigation*, Vol. 18, No. 2, pp. 57-67.
- 18) Standish, Thomas A., *Data Structures, Algorithms & Software Principles in C*, Addison-Wesley Pub. Co., Inc., pp. 405-447, 1995.
- 19) Nemhauser, George L. and L. A. Wolsey, *Integer and Combinatorial Optimization*, John Wiley & Sons, Inc., pp. 114-145, 1988.
- 20) Moret, B. M. E. and H. D. Saphiro, *Algorithms from P to NP - Volume 1 Design and Efficiency*, The Benjamin/Cummings Pub. Co., Inc., 1991.
- 21) *ibid* 19), pp. 296-424.
- 22) Sharda, R.(1984), "Linear programming on microcomputers: A survey", *Interface*, Vol. 14, No. 6, pp. 27-43.
- 23) Turban, E, *Decision Support system and Expert System: Management Support System*, Macmillan Pub. Co., New York, pp. 31-67, 1990.
- 24) Whitten, Jeffery L., et al, *System Analysis & Design Methods*, Richard D. Irwin, Inc., pp. 4-166, 1994.
- 25) *ibid* 24), pp. 250-700.
- 26) *ibid* 24), pp. 471-721.
- 27) Weiss, Mark Allen, *Data Structures and Algorithm Analysis*, The Benjamin/Cummings Pub. Co., Inc., pp. 314-325, 1995.
- 28) Evans, Tames R. and E. Minieka, *Optimization Algorithms for Networks and Graphs*, Marcel Dekker Inc., pp 27-44, 1992.
- 29) Kruse, Robert L., *Data Structures and Program Design*, Prentice Hall Inc., pp. 398-411, 1987.
- 30) *ibid* 17), pp. 476-486.