

효율적 선석운영을 위한 의사결정지원시스템에 관한 연구*

김동희** · 허동은*** · 김봉선** · 이창호**

A Study on Decision Support System for the Efficient Quay Management

Dong-Hee Kim · Dong-Eun Huh · Bong-Sun Kim · Chang-Ho Lee

〈Abstract〉

In these days many people have studied on the berthing problem. The operation rules differ from port to port and the problem is highly dependent on the environment of port. The purpose of this study is to develop a decision support system to support decision makers of the berthing problem for Inchon Port.

The system is developed with graphic user interface(GUI) using user-interactive approach and some general and specific rules for Inchon Port are considered. The system is composed of the following four parts ; the input/output part, the automatic berthing part by the system using rules, the manual berthing part by user, and the part for modifying results or handling exceptional events. The system is designed to assign ships to berths by matching the characteristics with environmental and operational constraints of Inchon Port.

We expect that this system can provide decision makers with an efficient and fast way to berthing and can reduce wastes of time, space, and manpower in port operations.

1. 서 론

세계 각국은 지속적인 개방화·국제화에 따라 새로운 경제 환경에 적응하기 위하여 많은 노력을 경주하고 있으며, 한편 동북아 경제권은 21세기 세계 경제의 중심역할을 할 것으로 전망되고, 한국은 동북아 경제권의 물류 중심지로 성장할 것으로 기대된다. 그러나, 앞으로 물류의 중심역할을 담당해야 할 국내 항구는 낙후된 설비와 정보관리체제의 미비로 인하여 그 경쟁력을 상실하고 있는 실정이다. 국내 제2의 수출입항 역할을 수행하고 있는 인천항의 경우 여러 원인들에 의한 만성적인 체선·체화로 심각한 상태에 직면하고 있다. 특히, 21세기 정보화시대를 맞이하여 항만의 경쟁력 제고에 있어 중요한

관건이라 할 수 있는 항만정보시스템(port information system)으로 PORT-MIS와 KL-NET을 이용한 정보처리 전산화가 진행되고 있으나 아직 기초단계에 있으며, 선박의 입항에서 출항까지 전체 업무과정을 포괄적으로 다루지 못하고 있는 실정이다.

입항하고자 하는 선박에 대하여 선석을 지정하는 문제는 어느 항만에서나 대두되고 있는 문제이며, 현재 국내의 항만들에서는 컨테이너 전용부두를 제외한 모든 선석은 선박 접안 하루 전에 '선석회의'를 통해 다음 날의 부두사용을 지정하는 방식으로 운영되고 있다. 선석을 지정하는 문제는 부두운영에 있어 기본적인 전략적인 부분이며 동시에 효율적이고 합리적인 부두운영을 위하여 신속·명확한 의사결정이 요구되는

* 본 연구는 1996년도 인하대학교 연구비 지원에 의하여 수행되었음

** 인하대학교 산업공학과

*** 국방과학연구소

부분이다. 현재의 선석지정 방식은 매일매일 선사와 하역사들의 대표들로 구성된 선석회의에서 공식적인 규칙, 전문가의 지식을 기초로 한 이제까지의 경험과 구성원들의 상호협의를 의하여 접안 순서 및 선석이 결정되고 있다. 현재의 선석지정 방식은 매일 선석회의를 개최하여야 되므로 적지 않은 시간과 인력의 낭비를 초래하고 있다.[2]

본 연구에서는 조수간만차와 갑문의 사용과 같은 자연환경적인 특수성, 화물 및 선박종류의 다양성, 선석접안조건의 복잡성, 부두하역시설상황 등으로 인해 선석지정에 어려움을 겪고 있는 인천항을 대상으로 선석지정에 관한 기존의 공식적인 규칙, 지금까지 축적된 경험, 그리고 인천항의 자연환경 및 조건들을 규칙화하여 데이터베이스화하였다. 또한 그래픽 사용자 환경(graphic user interface)과 사용자 대화식 접근법(user interactive approach)을 적용하여 선석지정을 위한 지식기반의 의사결정지원시스템을 개발하였다[7,10]. 시스템은 WIN95환경의 IBM-PC Pentium에서 Visual Basic을 사용하여 개발되었으며, DB는 MS-Access를 사용하였다. 개발된 의사결정지원시스템은 입·출력 부분과 다음의 3부분으로 구성되어 있다. 즉, 주어진 규칙에 따라 시스템 스스로 선석을 지정하는 부분(자동배정), 사용자가 선석을 지정하는 부분(수동배정), 그리고 선석지정결과의 수정 및 특수사건 처리 부분(입의수정)이다.

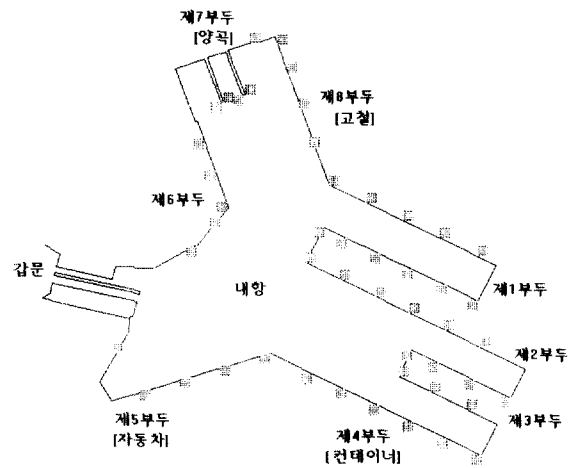
개발된 의사결정지원시스템은 실제 전문가의 의사결정과정에 유사하게 설계 및 운용되므로 선석지정 결과 면에서 전문가에 의한 선석지정결과와 큰 차이를 나타내지 않음을 알 수 있었다. 본 시스템의 활용으로 기대되는 효과로는 선석 사용의 공평성 유지, 선석 사용의 변경이나 취소와 같은 변동사항에 대한 신속하고 효율적인 대처, 실시간적인 정보 유지, 그리고 무엇보다도 현행 선석회의에 소요되는 인력과 시간의 절약 등을 들 수 있다.

2. 부두운영방식

항만은 부두를 효율적으로 운영함으로써 선박의 제함(在港)비용을 절감시키고 부두의 이용과 관련된 물류비용을 감소시킬 수 있다. 따라서 선진국 주요 항만들은 부두시설을 효율적으로 운영하기 위해 각 항만의 특성에 적합한 운영방법을 모색하고 있다. 공용부두의 운영방식은 부두의 이용화물을 기준으로 한 운영방식과 이용자를 기준으로 한 운영방식으로 크게 분류할 수 있다. 부두의 이용화물 및 항로 기준 운영방식으로는 화물별 부두 우선지정제도, 항로별 부두 우선지정제도 등

이 있고, 이용자 기준 운영방식으로는 선착순 이용제도, 특정 이용자 우선지정제도, 특정이용자 전용사용제도 등을 꼽을 수 있다[4].

인천항은 개항 당시 자연항이었으나, 최고 10m에 달하는 간만의 차로 인한 선박 입출항 장애를 해소하기 위하여 갑문시설을 설치하고 내항 전역을 선거화 함으로서 인공항으로 변모하게 되었다. 인천항 선거 내에는 8개 부두에 모두 50개의 선석이 있으며, 부두별 주요 취급화물을 살펴보면 1, 2, 3, 6부두는 일반공용부두로 주로 철재, 원목, 사료, 잡화 등을 처리하고 있으며, 4부두는 한진과 대한통운의 민자부두로서 컨테이너 전용부두로 이용되고 있다. 5부두는 1987년 이후 본격화된 자동차 수출의 전용부두로 이용되고 있으며, 7부두는 양곡 전용부두로서 우리 나라 전체 수입양곡의 약 79%를 취급하고 있다. 8부두는 고철과 철물 전용부두로 이용되고 있다[2]. 인천항의 개략적인 모습은 <그림 1>과 같다.

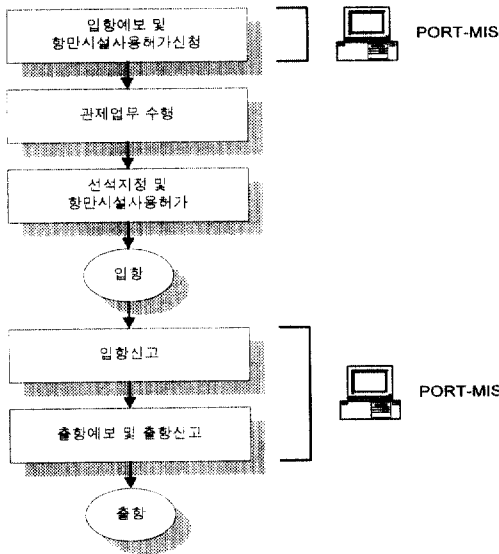


<그림 1> 인천항 내항

항만법, 출입국관리법 등 항만운영에 관한 여러 법 규정에 따른 선박의 입출항 수속절차를 요약하면 <그림 2>와 같다. 선박의 운항계획에 따른 입항계획이 확정되면 선사 또는 선주 대리점은 입항 24시간 전에 선명, 국적, 선박제원, 선적화물, 기항지, 입출항 예정일, 승선원수 등을 내용으로 하는 입항예보를 해운항만청, 세관, 출입국관리사무소, 국립검역소, 동식물검역소에 통보하여야 한다. 해운항만청에서는 관련자회의(선석회의)를 주재하여 입항순위와 선석을 지정하며, 특히 인천항은 타항에 없는 특수 시설인 갑문으로 인해 입출거 순위 및

시간이 동시에 정해진다. 접안 후, 작업을 마친 선박은 관계기관에 출항예보를 통보하고 다시 선석회의에서 출거시간을 지정 받아 출항하게 된다[2,9,11]. 이때 입항예보 및 항만시설 사용허가신청 등 행정적인 절차는 해운항만 관련업무의 효율적 운영을 위하여 개발된 해운항만 종합정보시스템인 PORT-MIS를 통해 전산으로 입력하도록 되어 있으나, 선석지정 단계는 정보시스템에서 제외되어 있다.

앞에서의 설명대로 인천항은 갑문이라는 특수한 환경을 가지고 있으며, 기본적으로 부두 이용화율 기준으로 화물별 부두우선지정제도, 이용자 기준으로 선착순 사용제도와 특징이 용자 우선사용제도를 기반으로 부두를 운영하고 있다.



〈그림 2〉 선박의 입출항 업무

3. 선석지정

항만에 입항하는 선박에 대해 화물을 양적하(loading and unloading)할 수 있는 선석을 지정하는 작업(berthing)은 절차상으로 항만운영 및 관리의 첫 단계라 볼 수 있다. 여기서 선석이라 함은 정박지중 여객의 승하선 또는 화물의 양적하를 위하여 선박을 계류시킬 수 있는 해면으로 계류시설로부터 폭 50m이내를 말한다[8]. 선석지정 문제는 입항하는 선박에 대한 입항시간 및 특성 등의 정보가 얼마나 충분히 항만운영주체에 제공되는가에 크게 좌우된다. 각 국의 항만들은 입항대기에서부터 화물 양적하를 거쳐 출항까지의 선박 총처리시간을

최소화하도록 하는 전문가시스템을 구축하여 선석지정문제를 해결하고 있다[15]. 항만운영 환경이 각 항만마다 다르기 때문에 일반적인 정식화는 불가능하다.

과거의 항만운영에 관한 연구에서는 선석지정의 문제보다는 화물양적하 과정의 효율화에 관심이 집중되어, 항만운영의 일차적 문제인 선석지정에 관한 연구는 많지 않은 실정이다[14]. 선석지정을 다룬 연구에서는 컨테이너 혹은 두 세 가지의 특정 화물만을 처리하는 전용부두로 연구범위를 제한하여 다루고 있다[14]. 따라서 항만의 모든 요소를 고려한 선석지정 문제의 해결에는 한계가 있으며, 대화식 접근방법의 사용이 타당하다고 할 수 있다[12,13,14].

현재 인천항은 선착순 부두사용제도와 특정화물 우선지정제도를 기본으로, 컨테이너 전용부두를 제외한 모든 선석에 대하여 선박이 접안하기 하루 전에 '선석회의'를 개최하여 다음날의 사용을 지정하는 방식으로 운영되고 있다. 컨테이너 전용부두인 4부두에는 현 접안선박 및 입항예정선박이 없을 경우에 한하여 부두의 효율적인 운영을 위하여 일반화물선 및 양곡선박의 접안을 허용하는 등 예외적인 선석지정이 많이 발생하고 있는 실정이다.

현재의 선석회의에 의한 선석지정 과정은 다음의 현황판 <표 1>과 <표 2>를 기반으로 이루어진다. 현황판은 5만톤급과 1만톤급의 두 가지로 나뉘어 있으며, 각각 입항선박 정보와 출항선박 정보로 구성되어 있다.

〈표 1〉 입항선박 현황판

시간	선석	입항시간	선명	국적	선박제원				화물	선사	하역사
					톤	장	폭	심			

〈표 2〉 출항선박 현황판

시간	선석	작업종료	선명	국적	선박제원				화물	선사
					톤	장	폭	심		

현 선석지정 방법의 문제점으로는 매일 매일 정해진 시간에 선사 또는 하역사의 선석지정 관련담당자들이 모두 한자리에 모여 선석회의를 개최하여야 되므로 시간과 인력의 낭비를 보

이고 있고, 또한 선석지정 과정에 있어서도 당사자들 간의 이해관계가 고려되기도 하므로 공공시설인 항만의 이용에 공공성이 침해될 가능성이 있게 된다.

3.1 입항선박의 선석지정 우선순위 결정에 관한 규칙

입항선박의 선석지정 우선순위는 기본적으로 입항예정시간(expected time of arrival ; ETA)을 기준으로 입항예정시간이 빠른 선박이 우선권을 가지게 된다. 그러나 인천항의 입출항 선박의 다수가 화물수입을 위한 외국적선이므로 국내 선박을 우선한다는 항만운영의 관례에 따라 자국적선은 입항예정시간에 대해 24시간의 혜택을 주게 된다. 또한 선석지정 대상선박의 특성에 따라 혜택을 받는 선박 종류로는 여객선, 정부물자 조달선, 대일선(對日船), 단기하역작업대상선박, 컨테이너선, 자동차운반선, 정기운항선박, 외항작업선박 등이 있다.

3.2 화물별 부두지정에 관한 규칙

인천항은 기본적으로 화물별 부두 우선사용제도를 택하고 있다. 따라서 4부두는 컨테이너 전용부두, 5부두는 자동차 전용부두, 7부두는 양곡 전용부두, 8부두는 고철 전용부두로 운영되고 있다. 나머지 1, 2, 3, 6부두는 일반잡화부두로 모든 선박의 사용이 가능하다.

3.3 선박의 선석접안에 관한 규칙

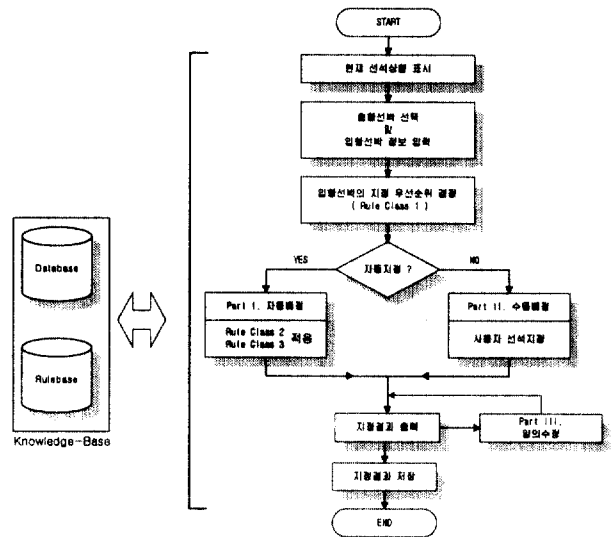
인천항 선거내 수위는 갑문관리소에서 공시하는 선거내 수위와 선석의 기본수준의 합으로 나타내어지며, 입항선박이 선석에 접안할 경우 선박의 안전을 위하여 인천항 선거내 수위와 화물을 실은 선박의 흘수(吃水 ; draft)와의 최소차이는 0.3m로 제한하게 된다. 따라서 해저면과 선박 밑부분까지 0.3m의 차이만 유지되면 접안이 가능하다. 원칙적으로 하나의 선석에 한 척이 접안하도록 되어 있으나 인천항의 체선·체화현상으로 선박의 선수, 선미로부터 각각 10m의 여유만 있으면 하나의 선석에 여러 척이 접안될 수도 있다.

4. 의사결정지원시스템

개발된 의사결정지원시스템은 입·출력 부분과 다음의 3부분으로 구성되어 있다. 즉, 주어진 규칙에 따라 시스템 스스로

선석을 지정하는 부분(자동배정), 사용자가 선석을 지정하는 부분(수동배정), 그리고 선석지정 결과의 수정 및 특수사건 처리 부분(임의수정)이다.

우선 출항선박 및 입항선박에 관한 자료를 선택 혹은 입력하는 것으로 시작되어, 입항선박의 우선순위 결정에 관한 규칙(규칙집합 1)을 사용하여 기존 대기선박과 당일 입항선박에 대하여 우선순위를 결정하게 된다. 화물별 부두지정에 관한 규칙(규칙집합 2)과 선박의 선석지정에 관한 규칙(규칙집합 3)을 이용하는 자동배정부분과 수동배정부분을 통하여 대상 선박에 선석이 지정된다. 자동배정부분에서는 규칙집합 2, 3을 만족하면서 주어진 우선순위에 따라 배정이 이루어지며, 수동배정 부분에서는 규칙집합 2, 3을 만족하는 대안들 중에서 사용자가 배정할 수 있도록 설계되어 있다. 선석지정 결과는 시스템의 주화면에 그림으로 나타난다. 여기서 사용자는 임의수정부분을 통하여 지정결과를 수정하거나 임의사건을 처리할 수 있다. 시스템의 흐름도는 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 시스템 흐름도

본 시스템의 지식베이스는 크게 규칙베이스와 데이터베이스로 구성되어 있다. 선석지정에 관한 지식은 그 복잡성 때문에 규칙기반 지식표현 방식이 적합하며 규칙베이스를 통해 구현되고 있다[5,6]. 입항선박의 우선순위 결정에 관한 규칙(규칙집합 1)은 <표 3>과 같이 표현되며, 규칙 사이에 종속성이 존재하여 순차적으로 검색된다. 화물별 부두지정에 관한 규칙(규칙집합 2)은 개개의 규칙들이 독립적이다. 본 시스템에서는 규칙베이스에 기록된 화물별 부두지정에 관한 규칙을 기반으로

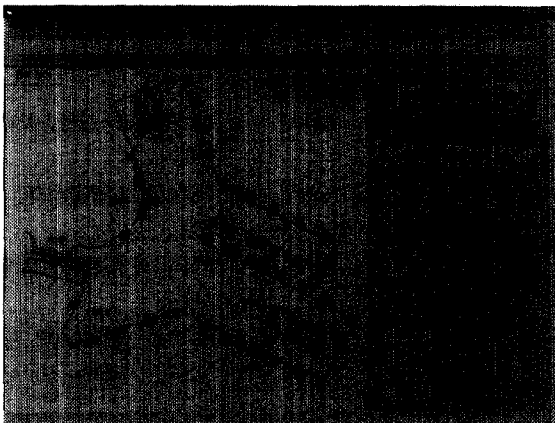
선박의 화물 및 속성에 따른 접안 가능한 선석을 찾아내기 위하여 전향추론(forward chaining) 방식을 사용한다[3,16].

〈표 3〉 입항선박의 우선순위 결정에 관한 규칙

Rule ID	조건대상	IF	THEN
A01	국적	대한민국	ETA -24Hr
A02	선박속성	수출선	ETA 00:01
A03	ETA	빠르다	우선지정
A04	선박종류	여객선	우선지정
A05	선박속성	조달선	우선지정
A06	선박속성	대일선	우선지정
A07	선박속성	단기하역선	우선지정
A08	화물	컨테이너	우선지정
A09	화물	자동차	우선지정
A10	선박속성	정기선	우선지정
A11	선박속성	외항작업	우선지정

데이터베이스는 크게 선석정보, 입항선박정보, 미지정 대기선박정보, 접안선박정보, 선석지정 결과 데이터베이스의 다섯 가지로 분류된다.

시스템은 〈그림 4〉와 같이 현재의 선석상황을 사용자에게 알려주는 주화면으로 시작된다. 이 부분에서는 그래픽 사용자 환경을 이용하여 데이터베이스로부터 선석정보 및 접안선박정보를 사용자에게 제공할 수 있다. 주화면은 각각 메뉴부와 지도표시부, 선석 및 접안선박 정보표시부로 구성되어 있다.



〈그림 4〉 시스템의 주화면

5. 현 선석지정방식과의 비교

선석지정을 위한 선석회의는 매일 한차례 정해진 장소에서 선사와 하역사 관계자 및 항만청 담당자 등 20여명이 모여 개최된다. 선석회의는 1시간에서 1시간 30분 정도 소요되며, 관계자들의 교통 이동시간까지 고려한다면 보다 많은 시간이 소요됨을 예상할 수 있다. 개발된 의사결정지원시스템은 전문가의 선석지정 지식을 규칙화하여 시스템 내에서 전문가의 의사결정과정과 유사하게 운용되므로 전문가에 의한 선석지정 결과와 큰 차이를 나타내지 않으며, 시간도 5분에서 10분정도 소요되므로 시간적인 낭비를 최소화 할 수 있다. 시스템의 운영에 필요한 인력은 시스템 담당자 한 명으로 충분하고, 향후 선석지정에 필요한 자료 또한 PORT-MIS를 이용할 수 있으므로 인력낭비를 줄일 수 있다. 전문가에 의한 선석지정과 시스템에 의한 선석지정의 비교가 〈표 4〉에 정리되어 있다.

〈표 4〉 전문가에 의한 선석지정과의 비교

항목	전문가(선석회의)	시스템	비고
지정 가능 회수	하루 1 회	수시 가능	
소요인원	관계자 20여명	담당자 1명	
소요시간	1시간 - 1시간 30분	5분 - 10분	
실시간 처리	불가능	가능	
특수사항처리	가능	가능	임의수정부분 활용
PORT-MIS 연결	수작업	자동화 가능	
지식	다년간의 경험	지식보완 가능	주기적으로 지식베이스 조정

6. 결론

본 연구에서는 부두운영 효율성에 크게 영향을 미치는 선석지정문제에 있어 전문가의 경험적인 지식을 규칙으로 재구성하여 선석지정을 지원할 수 있는 의사결정지원시스템을 개발하였다.

인천항을 대상으로 일반적인 선석지정기준과 항만의 특수한 기준 및 항만의 자연적인 환경을 고려한 전문가의 경험적인 지식과 입항선박의 우선순위 결정에 관한 규칙, 화물별 부두지정에 관한 규칙, 선박의 선석접안에 관한 규칙을 재구성하

였다. 개발된 시스템은 입/출력부분과 자동으로 선석을 지정하는 부분, 사용자가 선석을 지정하는 부분, 선석지정 결과를 수정하거나 특수한 사건을 처리할 수 있는 부분으로 구성되어 있다.

개발된 의사결정지원시스템을 활용하여 보다 빠르고 편리하게 선석지정을 수행할 수 있어 항만운영의 시간적, 공간적, 인력상의 낭비를 절감하고 항만운영의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 앞으로 계속 수행할 인천항 시물레이터 개발 연구의 한 부분으로 실제 운영을 통한 결과를 얻지는 못하였으나 관계자들과의 연구발표세미나를 통해서 그 실용성을 인정받았다[1]. 앞으로의 연구과제로는 1997년 3월부터 시행한 부두운영회사제도(Terminal Operating Company ; TOC)하에서 변화된 선석운용 방법을 고려한 선석지정 시스템 개발과 선석지정에 따라 항만의 운영 변화를 분석할 수 있는 항만 시물레이터의 개발 등을 생각할 수 있다.

【참 고 문 헌】

[1] 김동희, 김봉선, 이창호, 효율적 선석운용을 통한 의사결정지원시스템에 관한 연구, 1997.12.1, 인천항 관계자와의 연구발표세미나

[2] 김봉선, 이창호, 김원재, 김홍섭, 인천항의 경쟁력 증대 방안에 관한 연구, 인천상공회의소, 1995

[3] 김현숙, 김소운, 지식공학, 크라운출판사, 1994

[4] 김형태, 부두운영 효율화 방안, 해운산업연구원, 1993

[5] 박남규, "인공지능을 이용한 선석지정 전문가 시스템에 관한 연구", 한국해운학회지, Vol.11, 1990

[6] 박남규, "입출항 선박관리시스템의 데이터베이스 설계에 관한 연구", 한국해운학회지, Vol.12, 1991

[7] 박홍국, 전기정, 의사결정지원시스템, 경문사, 1996

[8] 인천지방해운항만청, 인천항 항만시설운영세칙 개정, 인천지방해운항만청, 1996

[9] 인천지방해운항만청, 인천항백서, 인천지방해운항만청, 1992

[10] 조동성, 최신경영정보시스템 - MIS 의 최근 동향을 중심으로, 석정, 1989

[11] (주)한진해운 인천지점, 항만(부두)의 관리 운영과 개발실태 및 애로현황, (주)한진해운 인천지점, 1996

[12] Kao,C. and Lee,Hong T., "Coordinated Dock Operations : Integrating Dock Arrangement with Ship Discharging", Computers in Industry, Vol.28, 1996

[13] Kao,C., Li,D.-C., Wu,C., and Lai,C.-Y., "Scheduling Ship Discharging Via Knowledge Transformed Heuristic Evaluation Function", International Journal of Systems Science, Vol.23, No.4, 1992

[14] Kao,C., Li,D.-C., Wu,C., and Tsai,C.-C., "Knowledge-based Approach to the Optimal Dock Arrangement", International Journal of Systems Science, Vol.21, No.11, 1990

[15] Ramani,K.V., "An Interactive Simulation Model for the Logistics Planning of Container Operations in Seaports", Simulation, Vol.66, No.5, 1996

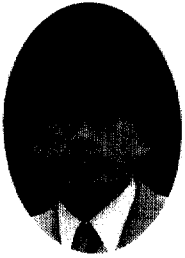
[16] Tzafestas,S., Expert Systems in Engineering Applications, Springer-Verlag, 1993



김봉선
1977년 인하대학교 산업공학과 졸업
1981년 인하대학교 산업공학과 공학석사
1987년 독일 Karlsruhe 대학교 경제학박사
현 재 인하대 산업공학과 교수
관심분야 생산일정계획, 재고관리, 물류시스템, 설비배치, 경제성분석 등



김동희
1992년 인하대학교 산업공학과 공학사
1994년 인하대학교 공학석사 학위
현 재 인하대 산업공학과 박사 과정
관심분야 O.R.응용, 물류시스템, 일정계획, 시물레이션, AI 등



이창호
1978년 인하대학교 산업공학과 졸업
1980년 한국과학기술원 산업공학과 공학석사
1993년 한국과학기술원 경영학과 공학박사
현재 인하대 산업공학과 교수
관심분야 인천항의 물류관리, 항공 산업관련 스케줄링, 중소기업의 ERP 개발 등

허동은
1995년 인하대학교 산업공학과에서 공학사
1997년 인하대학교 공학석사 학위
현재 국방과학연구소 연구원
관심분야 전문가시스템, 신뢰성 시험, 시뮬레이션 등