

인천항의 효율적 선석운영을 위한 실시간 의사결정지원시스템 구축

유재성, 김동희, 김봉선, 이창호

인하대학교 산업공학과

Development of Real-Time Decision Support System for the Efficient Berth Operation of Incheon Port

Jae Sung Yoo, Dong Hee Kim, Bong Sun Kim, Chang Ho Lee

Dept. of I.E., Inha University

Abstracts

The purpose of this paper is to develop a knowledge-based real-time decision support system to support decision makers for efficient berth operation of Incheon Port.

In these days, the efficient berth operation has been many studied. The berth operation rules differ from port to port and the problem is highly dependent on natural, geographical and operational environment of port. In Incheon Port, the ship's entrance into port and departure from port is extremely affected by the status of dock and berth because of capacity restriction.

First, we analyzed the specific characteristics of Incheon Port such as dock based on the data of 1997. And then, we construct the database of experts knowledge for berth utilization. Finally, we build the real-time decision support system for the efficient berth operation of Incheon Port to make the better berth allocation in case of not only regular scheduling but also dynamic scheduling such as delay in berth operation and exchange of ship between berths.

The DSS is developed with graphic user interface(GUI) concept to help the user determining user interactive updating of the port status. Then this DSS will be provide decision maker with an efficient and fast way to berth allocation, and reduce wastes of time, space, and manpower in Incheon Port operation.

1. 서론

21세기 수·출입에 있어서 항만관련 산업은 주력산업으로서 그 역할이 더욱 커질 것으로 기대되며, 효율적인 항만운영 시스템의 구축은 국가경쟁력 향상을 위한 필수요소가 되리라 여겨진다. 그러나, 앞으로 물류의 중심역할을 담당해야 할 항구는 낙후된 설비와 정보관리체제의 미비로 인하여 그 경쟁력을 상실하고 있는 실정이다. 동북아의 물류중심지로서 역할이 기대되는 인천항의 비효율적인 요소들은 지속적인 연구를 통하여 빠른 시일 내에 그 개선책이 마련되어야 하겠다. 특히, 항만의 경쟁력 제고에 있어 중요한 관건이라 할 수 있는 항만정보시스템(Port Information

System)으로 PORT-MIS를 이용한 정보처리 전산화가 진행되고 있으나 인천항의 경우 아직 기초단계에 있으며, 선박의 입항에서 출항까지 전체 업무과정을 포괄적으로 다루지는 못하고 있는 실정이다. 항만에 입항하는 선박에 대해 화물을 양적하할 수 있는 선석을 배정하는 작업은 항만운영 및 관리의 첫 단계로 볼 수 있다. 선석을 배정하는 문제는 부두운영에 있어 기본적인 전략적인 부분이며 동시에 효율적이고 합리적인 부두운영을 위하여 신속·정확한 의사결정이 요구되는 부분이다. 인천항은 입항하고자 하는 선박에 대한 선석 배정문제는 선박 접안 하루 전에 선석회의를 통하여 다음 날의 부두사용을 배정하는 방식으로 운영되고 있다[1, 8]. 인천항에 대한 기존의 연구들을

살펴보면 시물레이션을 이용한 인천항의 체선실태를 분석하고 개선방안을 제시하는 연구와 선석지정규칙을 고려한 인천항 시물레이션에 대한 연구 그리고 선석배정에 관한 의사결정지원시스템을 제시하는 연구 등 많은 연구들이 수행되어 왔지만 인천항의 특수한 시설인 갑문은 고려대상에서 제외되었다[1, 2, 5, 7, 8].

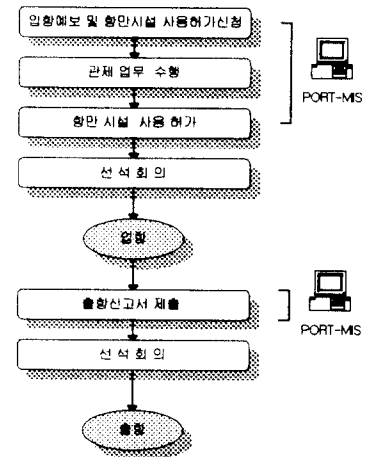
본 연구에서는 인천항의 최고 10m에 달하는 조수 간만의 차를 극복하기 위한 시설인 갑문의 사용과 1997년 3월부터 시행한 부두운영회사제도(Terminal Operation Company : TOC)하에서 화물 및 선박종류의 다양성, 선석접안 조건의 복잡성, 부두하역시설 상황 등으로 인해 선석배정에 어려움을 겪고 있는 인천항을 대상으로 1997년도 인천항의 실제 입·출항 자료를 토대로 인천항의 가장 큰 특성이라고 할 수 있는 갑문의 영향을 분석하고, 선석배정에 관련된 기존의 전문가지식을 재구성하여 관련 데이터를 정형화하였다. 이를 기반으로 도착된 선박들에 대한 선석접안을 결정하면서 특정 선석에서 작업시간의 지연, 접안 선석의 변화 등에 대한 정보를 실시간으로 업데이트함으로써 예측하지 못한 상황들까지 반영하고, 일정기간 반복적인 모의배정을 수행하여 가장 타당한 결과를 토대로 선석을 배정함으로써 보다 효율적으로 인천항을 운영하는데 지원해 줄 수 있는 실시간 의사결정지원시스템을 구축하였다.

2. 인천항의 부두운영 방식

인천항에 입항하는 선박의 입·출항 수속절차를 알아보면, 우선 선박의 운항계획에 따라 항만에의 입항계획이 확정되면 선사 또는 선주 대리점에서 선박이 항만에 입항하기 24시간 전에 입항예보를 해운항만청, 세관, 출입국관리사무소, 국립검역소, 동식물 검역소 등에 통보하여야 한다. 입항예보가 통보된 선박에 대하여는 해운항만청에서 선석회의를 주재하고, 동 회의에서 입항순위, 정박지 또는 선석이 지정되는데 특히 인천항은 타항에 없는 특수 시설인 갑문을 통과하여 내항에 입·출거하기 때문에 입·출거 순위 및 시간이 동시에 정하여 진다. 인천항에 입항하여 접안한 뒤, 계획된 일을 마친 선박은 출항예보를 관계기관에 통보하고 선박입항료 및 접안료 등을 계산한 후, 다시 선석회의에서 출거시간을 지정 받아 출항하는 과정을 거치게 된다. 개략적인 선박의 입·출항 업무의 흐름은 <그림 1>과 같이 요약해 볼 수 있다[3, 4].

2.1 선석배정

항만에 입항하는 선박에 대해 화물을 양적하할 수 있는 선석을 지정하는 작업은 항만 운영 및 관리의 첫 단계로 볼 수 있다. 선석이라 함은 정박지중 여객의 승하선 또는 화물의 양적하를 위하여 선박을 계류시킬 수 있는 해면으로서 계류시설로부터 폭 50m이 내를 말한다[3, 4].



<그림 1> 선박의 입·출항 흐름

선석배정 문제는 입항하는 선박에 대한 입항시간 및 특성 등의 정보가 얼마나 충분히 항만운영주체에 제공되는가에 크게 좌우되며, 이러한 선석배정 문제는 항만운영의 기초를 제공한다는 점에 있어서 항만운영 및 관리의 매우 중요한 요소로 볼 수 있다[13]. 항만의 운영은 선석을 지정하는 단계와 선박이 접안하여 화물을 양적하하는 두 가지의 단계로 크게 나누어 볼 수 있다. 항만운영 효율화의 면에서 이 두 가지 단계를 같이 고려하는 문제가 대두되는데, 각각의 단계를 동시에 고려하는 문제는 많은 요소가 고려되어야하므로 수학적인 정식화 및 해법은 상당히 난해하다. 따라서 항만운영의 문제는 대화식 접근방법의 사용이 적당하다고 할 수 있다[10, 11, 12].

가. 갑문사용 우선순위 결정(배정규칙 1)

입항선박의 선석배정은 기본적으로 입항예정시간(Expected Time of Arrival : ETA)을 기준으로 입항예정 시간이 빠른 선박이 우선권을 가지게 되지만, 입항시 사용 가능한 갑문유형에 따라서 입항예정시간이 빠른 선박일지라도 우선 순위에서 뒤쳐질 수 있게 된다. 인천항에 입항한 선박의 속성이 자국적선과 수출선인 경우에는 입항예정시간을 조정하여 주게 되는데, 자국적선인 경우에는 24시간의 혜택을, 수출선의 경우에는 당일 우선권을 준다. 갑문사용 우선순위 결정 규칙은 <표 1>과 같이 정리해 볼 수 있다.

<표 1> 갑문사용 우선순위 결정규칙

조건대상	IF	THEN
국적	대한민국	ETA -24Hr
선박속성	수출선	ETA 00:01
ETA	빠르다	우선지정
선박종류	여객선	우선지정
선박속성	조달선	우선지정
선박속성	대일선	우선지정
선박속성	단기하역선	우선지정
화물	컨테이너	우선지정
화물	자동차	우선지정
선박속성	정기선	우선지정
선박속성	외항작업	우선지정

나. 하역사별-화물별 선석배정(배정규칙 2)

인천항은 기본적으로 화물별 선석배정 규칙에 따라서 선석을 배정하였으나, 1997년 3월부터 시행한 부두 운영회사제도에 따라서 하역업체와 화물을 동시에 고려하여 선석을 배정하고 있다. 하역업체에 따라서 지정된 선석에 접안하되, 화물의 종류에 따라서 선석배정에 우선 순위가 정해지게 된다.

인천항에 입항하는 선박 중에서 하역업체에 영향을 받지 않고 선석배정이 이루어지고 있는 선박으로는 여객선과 대일선이 있다. 먼저, 인천항에 취항하고 있는 여객선은 모두 중국을 왕래하는 선박으로 여객의 편의를 위하여 하역업체에 영향을 받지 않고 고정적으로 선석배정이 이루어지게 되며, 어떠한 선박보다도 선석배정 및 갑문통과에 최우선한다. 여객선은 11번, 14번, 25번, 26번 선석 중에 여객선명에 따라 서로 다른 우선 순위를 두어 접안하게 되며, 대일선의 경우에는 15번, 16번, 14번, 18번 선석에 주로 접안하고 있다.

하역업체가 두 개 이상의 선박인 경우에는 공용부두에 접안하는 것을 원칙으로 1부두 전체와 74번 선석에 접안하게 된다. 공용부두에 접안하게 되는 선박의 경우 화물종류에 따라서 접안선석의 우선 순위가 정해지게 되고 이 우선순위에 따라서 선석배정이 이루어지게 된다. 단일 하역업체의 경우에는 각 하역사별로 지정된 선석을 관리하고 있는데, 그 지정된 선석 내에서 화물의 종류에 따라 선석배정에 우선 순위를 두고 있다. 하역사별 지정선석을 살펴보면 <표 2>와 같다.

<표 2> 하역사별 지정선석

하역사	지정선석	하역사	지정선석
(주)동방	22, 23	세방기업(주)	30, 31, 32
(주)동부고속	35, 36, 80, 81	우련통운(주)	21, 25, 26
(주)한진	33, 34, 40, 41, 42	한염해운(주)	20, 24
대한통운(주)	43, 44, 50, 82	(주)영진공사	83
동화실업(주)	60, 61, 62	(주)대한벌크터미널	70, 71
(주)선광공사	51, 52, 53	대한싸이로(주)	72, 73

다. 선박의 선석접안(배정규칙 3)

입항선박이 선석에 접안할 경우, 인천항 선거내 수위와 화물을 실은 선박의 흘수(Draft)와의 최소차이는 선박의 안전을 위하여 0.3m로 제한한다. 따라서 해저면과 선박 밑부분까지 0.3m의 차이가 유지되어야만 선박의 접안이 가능하다. 원칙적으로는 하나의 선석에 한 척의 선박만이 접안하도록 되어있으나 인천항의 만성적인 체선으로 인하여 선박의 선수, 선미로부터 각각 10m의 안전거리만 확보되면 하나의 선석에 동시에 2척 이상의 선박도 접안이 가능하다.

2.2 갑문시설

갑문시설은 최고 10m에 달하는 간만의 차에 관계 없이 항상 함내 5만톤급 이하의 선박이 접안하여 하역할 수 있도록 10 ~ 14m의 수심을 확보하고 갑문

에서 수위를 조절하여 선박들을 내항과 외항으로 입출항시키는 시설이다. 갑문 입·출거 순위는 입거의 경우는 인천항에 입항한 순서대로 하되 선석이 지정된 선박순으로 입거하며, 출거는 하역작업이 종료된 순서대로 출거함을 원칙으로 한다.[3] 갑문의 통과 소요시간은 <표 3>과 같다.

<표 3> 갑문통과 소요시간

수위차 (m)		3	5	7
시간(분)	1만톤급 갑문	26	32	40
	5만톤급 갑문	30	36	44

* 인천항 갑문통과소 공시

2.3 부두운영회사제도

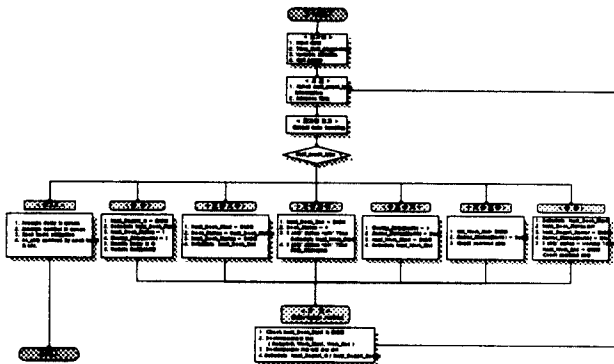
인천항의 항만관리운영은 국유국영 체제로 운영되어 오면서 항만이용자에 대한 서비스 및 부두운영효율 향상을 위한 하역회사간의 자율경쟁 유도에 구조적인 한계가 있었다. 이에 인천지방해양수산청에서는 항만관리운영체제를 종전의 국유국영에서 국유민영의 부두운영회사제로 전환하였다. 항만시설을 민간이 직접 관리 운영하게 되면 하역작업구역의 고정으로 하역기계가 가속화되며 하역작업단계가 줄어들어 생산성이 제고되고 물류비가 절감될 것으로 기대된다. 그 현황은 <표 4>와 같다[4].

<표 4> 부두별 하역업체

부두명	선석수	운영회사
제 2부두	8	한염해운, 동방, 우련통운
제 3부두	7	한진, 세방기업, 동부고속
제 5부두	4	선광공사, 대한통운
제 6부두	3	동화실업
제 8부두	6	영진공사, 동부고속, 대한통운

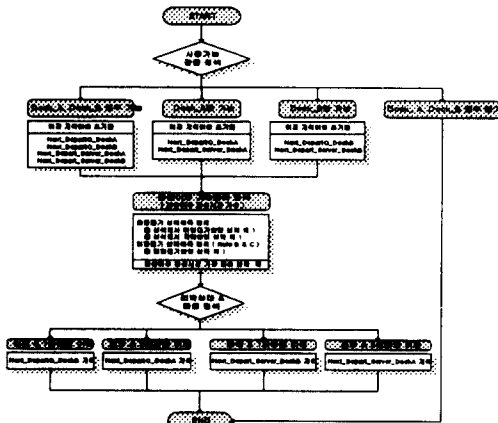
3. 스케줄러

본 논문에서는 현재의 시점에서 미래의 선석접안에 대한 계획을 세우는 부분을 주된 내용으로 하고 있기 때문에 미래에 어떠한 환경하에서 선석접안할 것인가가 매우 중요하게 다루어진다. 본 논문에서 사용한 스케줄러(scheduler)라고 하는 용어는 이처럼 현재시점에서 도착 또는 도착예정인 선박들의 선석접안에 대한 계획을 세우고 그 결과들을 처리하는 역할을 수행하는 모듈을 의미한다. <그림 2>과 <그림 3>에서 스케줄러와 서브루틴인 지정루틴에 대한 흐름도를 제시하였다.



<그림 2> 스케줄러

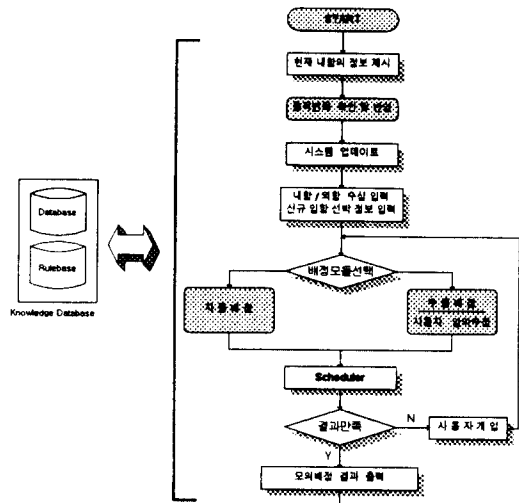
스케줄러는 사용되는 변수들을 초기화하는 부분과 모의배정에 대한 통계정보를 저장하는 부분, 다음에 발생할 사건을 결정하고 모의배정 시계를 증가시키는 부분과 보고서를 작성하는 부분 그리고 선택이 입항해서 출항할 때까지 거치는 과정들로 구성되어 있다. 지정루틴은 갑문의 상황에 따라서 선택이 사용되어야 할 갑문의 유형과 사용시점을 지정해주는 부분으로 구성되어 있다.



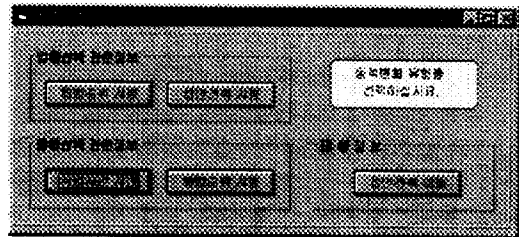
<그림 3> 지정루틴

4. 실시간 의사결정지원시스템

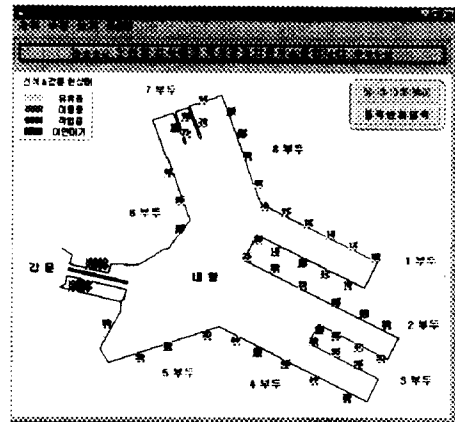
본 시스템의 흐름도는 <그림 4>와 같다. 본 시스템의 선석배정은 전문가들의 지식을 토대로 정형화한 배정규칙1, 2, 3에 따라서 이루어지지만, 선석배정이 이루어진 후 예측하지 못했던 상황, 즉 선석에서 작업 중인 선박의 작업시간이 계획된 시간보다 늦어지는 경우, 내항 내 선석의 예기치 못한 사정으로 이미 배정된 선석이 아닌 다른 선석으로의 변경 등이 발생하는 경우, 이를 실시간으로 시스템에 반영시킬 수 있는 동적 반영모듈과, 시스템을 보다 효율적으로 운영하기 위해서 시스템 관리자가 임의로 시스템 상황을 수정한 후, 모의배정을 수행하여 배정결과가 만족할만한 경우 이에 따라서 선석배정을 수행하는 수동배정모듈, 그리고 시스템이 자동으로 배정규칙에 따라서 선석배정을 수행하는 자동배정모듈로 크게 이루어진다. 동적 반영모듈은 <그림 5>과 같다.



<그림 4> 시스템 흐름도



<그림 5> 동적변화 반영모듈

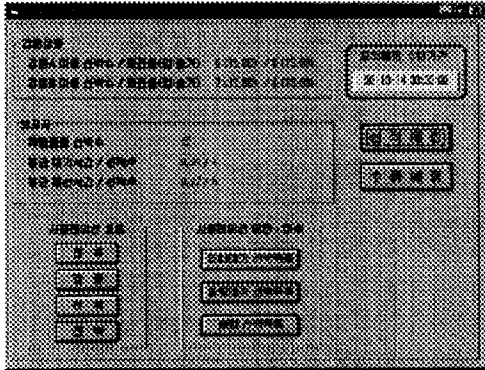


<그림 6> 프로그램 주화면

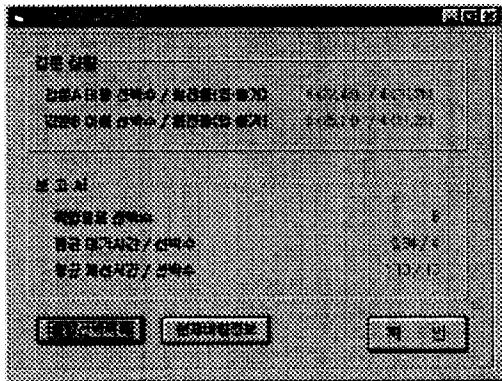
본 시스템은 데이터베이스로는 입항선박정보, 선석정보, 출항선박정보 데이터베이스를 사용하며, <그림 6>과 같이, 현재의 선석상황을 사용자에게 알려주는 주화면으로 시작되어, 현재 시스템에 예기치 못한 상황이 발생하여 시스템정보를 업데이트 할 필요가 생기게 되면, 주화면의 동적변화반영을 클릭하여 동적변화에 대한 정보를 수정한 후 다음 선석배정할 때까지 자동배정모듈을 사용하여 모의배정을 하게 된다. 모의배정 결과는 <그림 7>과 같이 나타나게 된다. 모의배정 결과에 따라 진행된 선석배정 결과화면은 <그림 8>과 같고 <그림 8>에서 출항선박에 대한 간략한 정보는 <그림 9>와 같이 사용자에게 보여질 수 있으며 보다 자세한 정보는 출항선박 데이터베이스를 통해서 확인할 수 있다. 전문가에 의한 선석배정과 본 시스템을 사용한 선석배정에 대한 비교는 <표 5>와 같다.

<표 5> 현 시스템과의 비교

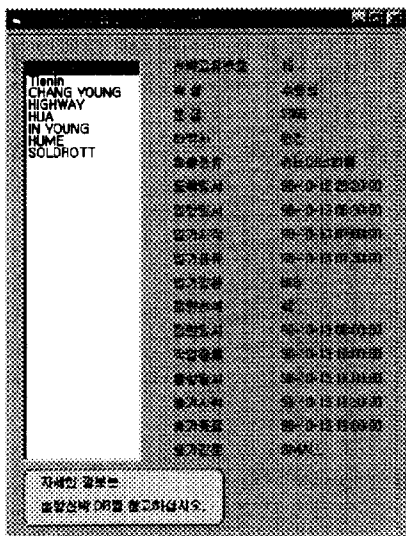
항목	전문가	시스템
선석배정	하루 1회	수시 가능
소요인원	관계자 20여명	사용자 1명
소요시간	1시간 - 1시간 30분	수분 - 10분
실시간 처리	불가능	가능
특수사항처리	불가능	가능
PORT-MIS 연결	수작업	자동화 가능
지식정도	다년간의 경험	계속적인 지식획득



<그림7>모의배정결과화면



<그림8>선석배정결과화면



<그림 9> 출항선박 정보화면

5. 결론

본 논문에서는 항만운영의 효율성에 중요한 영향을 미치는 선석배정 문제에 있어 인천항을 대상으로 갑문에 대한 분석과 인천항의 체선·체화의 주요 원인이 되는 선석부족 대한 분석과 1997년 3월부터 시행한 부두운영회사제도하에서 전문가의 경험적인 지식을 바탕으로 배정규칙1, 2, 3을 규칙으로 재구성하였으며, 선석배정을 지원할 수 있는 규칙기반 실시간 의사결정지원시스템을 구축하였다. 개발된 시스템은 선석배정 문제를 보다 빠르고 편리하게 지원할 수 있어 항만운영의 시간적, 공간적, 인력상의 낭비적인 요소들을 절감하여, 인천 항만운영의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 개발된 시스템을 실제 환경에 적용하여 결과를 얻지는 못하였으나 본 연구의 실용성은 선석배정 전문가들로부터 인정받았다. 앞으로의 연구과제로는 실제 환경에서 발생할 수 있는 다양한 동적인 상황들에 대해서 전문가들의 의견을 반영하여 보다 효율적인 선석배정이 이루어질 수 있도록 전문가와 시스템과의 효과적인 인터페이스 관계 등을 생각할 수 있다.

참고 문헌

- [1] 김동희, 허동은, 김봉선, 이창호, "효율적 선석운영을 위한 의사결정지원시스템에 관한 연구", 대한산업공학회, 1998.
- [2] 김형렬, "인천항의 체선 실태분석 및 개선방안에 관한 연구", 인하대학교 산업공학과 석사학위논문, 1997.
- [3] 인천지방해운항만청, 인천항항만시설운영세칙, 인천지방해양수산청, 1998.
- [4] 인천지방해운항만청, 인천항백서, 인천지방해양수산청, 1997.
- [5] 장성용, 장영태, "수도권 신항만 건설 타당성 분석을 위한 시물레이션 모형 개발", 한국시물레이션학회 춘계학술대회 논문집, 1998.
- [6] (주)한진해운 인천지점, 항만(부두)의 관리 운영과 개발실태 및 애로현황, (주)한진해운 인천지점, 1996.
- [7] 최운, "선석지정규칙을 고려한 인천항 시물레이션에 관한 연구", 인하대학교 산업공학과 석사학위논문, 1998.
- [8] 허동은, "선석지정을 위한 지식기반 의사결정지원시스템에 관한 연구", 인하대학교 산업공학과 석사학위논문, 1997.
- [9] A.M. Law, and W.D. Kelton, Simulation Modeling & Analysis, McGraw-Hill, 1991.
- [10] C.kao, H.T. Lee, "Coordinated Dock Operations : Integrating Dock Arrangement with Ship Discharging", Computers in Industry, Vol.28, 1996.
- [11] C. Kao, D.-C. Li, C. Wu, and C.-C. Tsai, "Knowledge-based Approach to the Optimal Dock Arrangement", International Journal of Systems Science, Vol.21, No.11, 1990.
- [12] D. Akoumianakis, and C. Stephanidis, "Knowledge-Based Support for User Adapted Interaction Design", Expert system with application, Vol.12, No.2, 1997.
- [13] K.V. Ramani, "An Interactive Simulation Model for the Logistics Planning of Container Operations in Seaports", Simulation, Vol.66, N0.5, 1996.