

# 지능형 주기장 배정을 위한 의사결정지원시스템 개발에 대한 연구

## - A Study on the Development of Decision Support System for Intelligent Gate Assignment -

이 회 남\*

Lee Hee Nahm

김 연 명\*\*

Kim Yeon Myung

이 창 호\*

Lee Chang Ho

### Abstract

Utilization rate for the gate and required time and walking distance to boarding flight are important measures for the gate management and passenger's convenience estimation. So, the main purpose of the gate management are the maximization of utilization rate and improvement of airport terminal user's convenience through the efficient gate management.

This study intends to maximize the utilization rate of usable gates by considering layout, terminal configuration, local passenger of the airport and development of gate assignment algorithm and DSS which maximizes the gate utilization and minimizes the passengers' walking distance. And the decision support system can provide an efficient means of airport management of airport using an assignment algorithm.

### 1. 서 론

국내 공항에서 보유하고 있는 부족한 탑승교 주기장에 대한 이용률과 주기되어 있는 항공기의 탑승에 소요되는 시간 및 도보거리는 공항의 운영 및 승객의 편리성 평가에 주요한 척도가 되고 있으며, 공항의 주요 운영 목표는 지능적인 배정 시스템을 통한 주기장 이용률의 최대화 및 터미널 이용 승객의 편리성 증대라 할 수 있다.

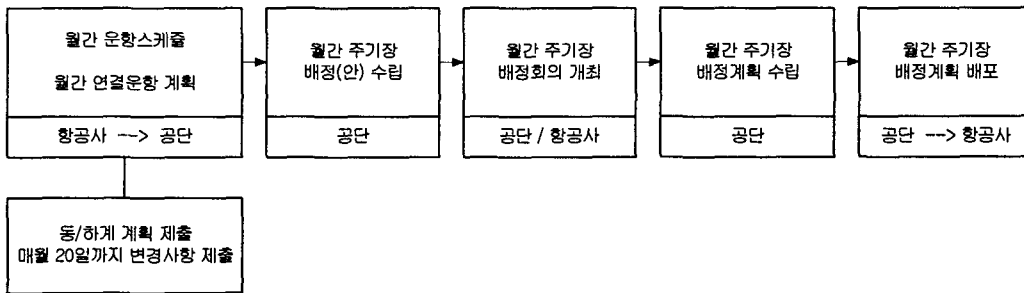
\* 인하대학교 산업공학과

\*\* 한국교통개발연구원

그러나 국내 대형 공항의 경우 다양한 제약 조건 및 환경 변화에 대응하기 위한 전산화된 배정 시스템의 운영이 매우 미흡한 상황이며, 주기장 운영요원의 수작업에 의한 주기장 배정방식을 사용함으로써 비효율적인 주기장 운영과 인력 낭비를 초래하고 있는 실정이다[7].

이에 본 연구에서는 국내 대형 공항을 대상으로 공항의 시설배치, 터미널 구조, 공항의 이용 승객 등을 고려하여 사용 가능한 탑승교 주기장의 이용률을 최대화하고 터미널에서의 여객 이동거리를 최소화하는 배정 결과를 도출하기 위한 주기장 배정 알고리즘 및 의사결정지원시스템의 개발을 그 목적으로 한다[8]. 또한 국내 실정에 맞도록 현행 주기장 관리 규정을 참고하여 항공사의 전용사용 또는 혼용사용 방식에 따르는 제반 제약 조건을 만족시키는 주기장 배정 알고리즘의 개발, 다양한 제약 조건 및 환경 변화의 적용, 그리고 시스템 이용자의 편리한 사용을 위한 인터페이스를 설계하는 것을 그 주된 내용으로 한다.

현재 국내 공항의 경우 주기장 배정을 위하여 매월 정기회의를 개최하고 있으며 익일 운항계획이 변경되는 경우에는 운항 전일 오전 11시까지 전송 시스템 또는 서면을 통하여 자료를 제공하고 있다. 월간 주기장 배정 계획의 경우 <그림 1>과 같이 항공사에서 제공하는 월간 운항스케줄과 연결운항 계획을 기초로 공단과 항공사의 회의를 거쳐 주기장 배정계획을 수립하게 된다[1].



<그림 1> 월간 주기장 배정계획 수립 절차

또한 주기장 배정에 있어 적용되는 대표적인 배정규칙은 다음의 <표 1>과 같다.

<표 1> 주기장 배정 기준

항 목	기 준 내 용
우선 배정	주기장은 도착 예정시간이 빠른 항공기를 우선하여 배정함
	긴급항공기의 경우에는 특별 배정할 수 있음
	동일시간대(15분 이내)에는 대형 항공기를 우선으로 함
주기장 이용	출발 및 도착 항공편은 예정시간 30분 전/후부터 주기장에 배정
	도착과 출발 연결편은 도착 후 2시간을 사용할 수 있음
	동일 주기장에 연속 배정된 두 항공편 간격은 최소 10분

## 2. 문제의 분석 및 해법

본 연구의 다중 시간주기를 갖는 주기장 배정 문제에 대한 목적 함수는 크게 탑승교 주기장에 대한 이용률 최대화 및 승객의 터미널 이동거리 최소화로 나누어 볼 수 있으며 이를 위한 본 연구의 개선된 정식화 모델은 다음과 같다[3,4,5,6].

- 1) 탑승교 주기장의 이용률 최대화      2) 승객의 터미널 이동거리 최소화

$$Max \sum_i \sum_j C_i x_{ij} - \sum_i P_i d_i \qquad Min \sum_i \sum_j (P_{io} D_{jo} + P_{oi} D_{oj}) x_{ij}$$

$$s.t \quad \sum_j x_{ij} + d_i = 1, \forall i \qquad s.t \quad \sum_j x_{ij} = 1, \forall i$$

$$\sum_i x_{ij} \leq 1, \forall j \qquad \sum_i x_{ij} \leq 1, \forall j$$

Where  $x_{ij}$  : 1 if flight  $i$  is assigned to gate  $j$ , otherwise 0

$d_i$  : 1 if flight  $i$  is not assigned, otherwise 0

$C_i$  = assignment time of flight  $i$

$P_i$  = total number of passengers of flight  $i$

$P_{io}$  = local arrival passengers of flight  $i$

$P_{oi}$  = local departure passengers of flight  $i$

$D_{jo}$  = working distance from gate  $j$  to exit

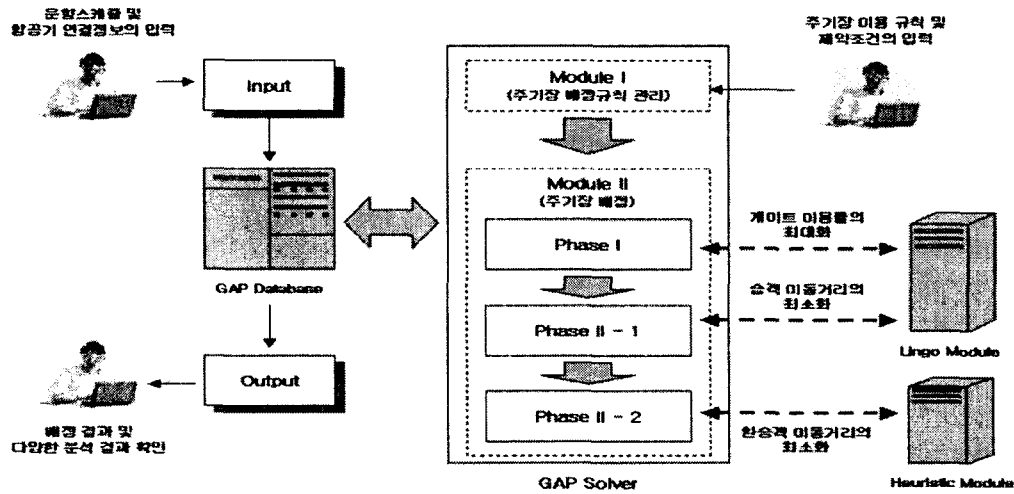
$D_{oj}$  = working distance from gate  $j$  to entrance

위에서 제시한 정식화 모델의 경우 일반적인 다중 시간주기의 정식화 모델에서 사용되는 시간(t)에 대한 인자를 최적화 소프트웨어인 LINGO를 이용하여 게이트와 관련된 제약식의 생성시 미리 반영하여 제거함으로써 모델의 크기를 최소화하고 이를 통하여 배정 모델의 최적해를 구할 수 있다[2].

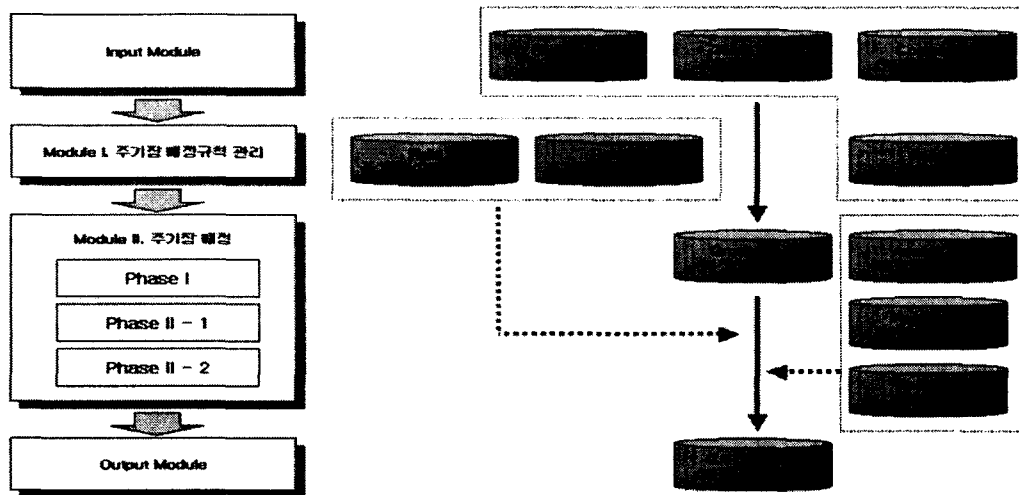
## 3. 주기장 배정을 위한 의사결정지원시스템

본 연구에서 구축된 의사결정지원시스템은 크게 주기장 배정을 위한 입력 자료인 항공기 및 주기장 관련정보의 입력 모듈, 주기장 이용 규칙 및 제약조건에 대한 관리

모듈(Module I), LINGO를 이용한 배정 모델의 최적해 계산 모듈(Module II), 그리고 배정 결과에 대한 출력 및 분석모듈로 나누어진다. 다음의 <그림 2>와 <그림 3>은 시스템의 구성도 및 모듈별 관련 정보를 나타낸다.



<그림 2> 의사결정지원시스템 구성도

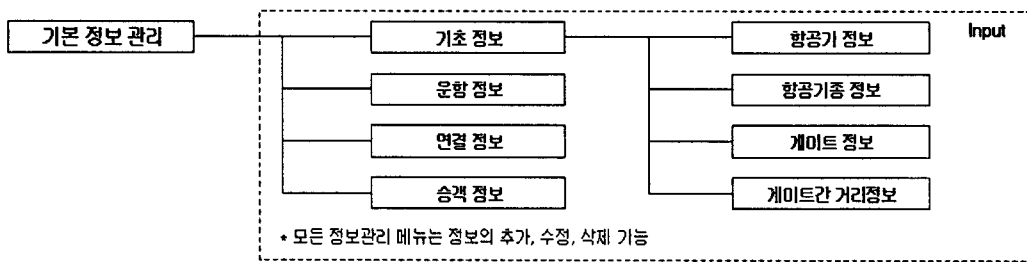


<그림 3> 모듈별 관련 정보

본 연구에서 개발된 주기장 배정 의사결정지원시스템은 크게 3가지 메뉴로 구성되어 있으며 각 메뉴에 대한 세부 내용은 다음과 같다.

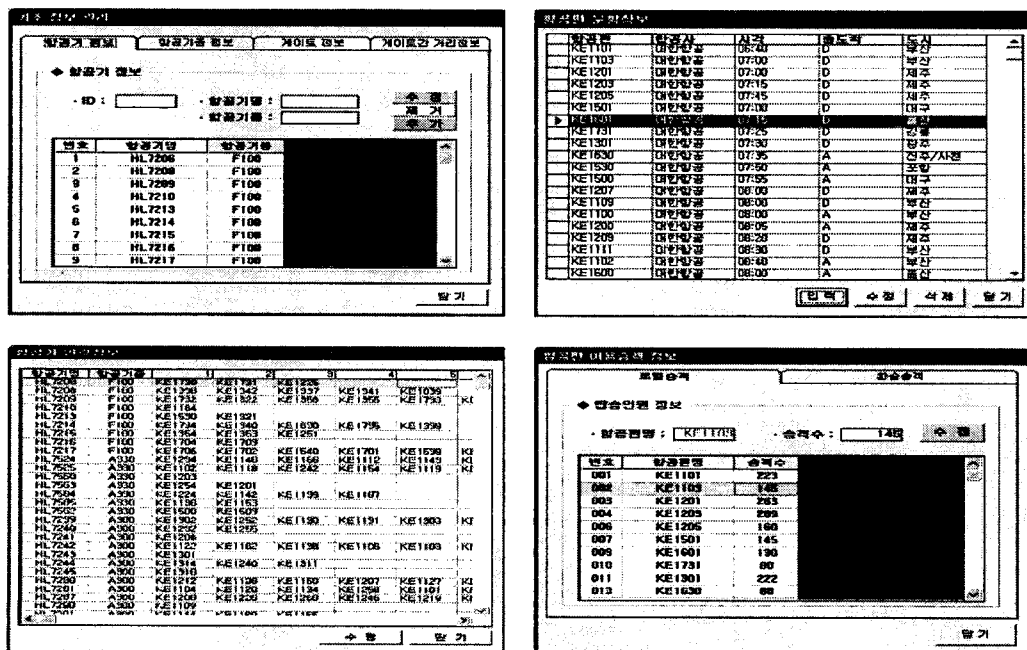
### 3.1 기초정보 관리

주기장 배정을 위해 사용되는 기초 정보를 관리하기 위한 메뉴 부분으로 <그림 4> 과 같이 구성되어진다.



<그림 4> 기초정보 관리의 메뉴 구성도

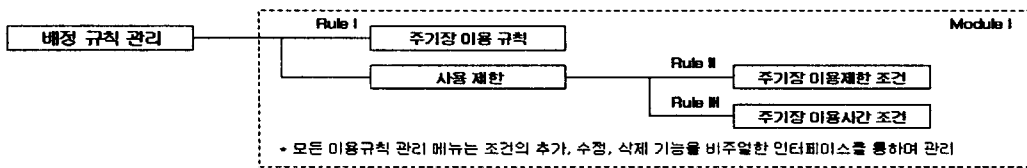
이러한 기초정보 관리모듈을 통하여 항공기 정보, 주기장 정보, 일일 항공기 운항정보, 항공편 연결정보 및 항공편별 탑승인원 정보를 입력하고 이를 기초로 일일 주기장 배정 결과를 산출한다. 다음의 <그림 5>는 다양한 기초정보 관리를 위한 입력 모듈의 구성 화면이다.



<그림 5> 입력모듈의 구성화면

### 3.2 배정규칙 관리

국내 공항에서 수행하고 있는 배정 기준을 관리하고 이를 일일 주기장 배정에 적용하기 위한 메뉴 부분으로 <그림 6>과 같이 구성된다.



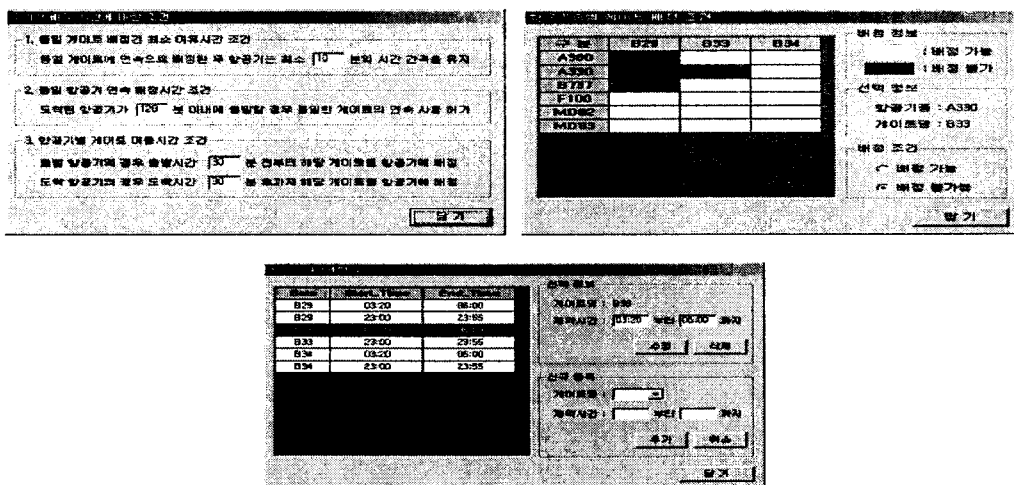
<그림 6> 배정규칙 관리의 메뉴 구성도

주기장 배정규칙에 대한 관리 모듈은 주기장 이용규칙 조건(Rule I), 주기장 이용제한 조건(Rule II), 주기장 이용시간 조건(Rule III)으로 나누어 볼 수 있으며 그 내용은 다음의 <표 2>과 같다.

<표 2> 주기장 배정규칙 관리모듈의 구성

항 목	세부 내용
Rule I	항공기별 게이트 이용시간(Ground time)을 자동으로 생성하기 위한 기본적인 공항 이용규칙 조건
Rule II	항공기종별 게이트의 할당 불가 여부에 대한 제한 조건
Rule III	게이트의 특정 시간대에 대한 사용 불가 여부에 대한 제한 조건

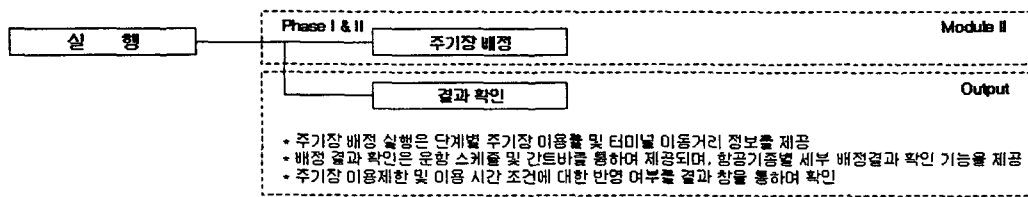
다음의 <그림 7>는 주기장 배정규칙에 대한 관리 모듈의 구현 화면이며 비주얼한 인터페이스를 통하여 규칙의 입력, 수정, 삭제가 용이하도록 구현되었다.



<그림 7> 주기장 배정규칙의 관리화면

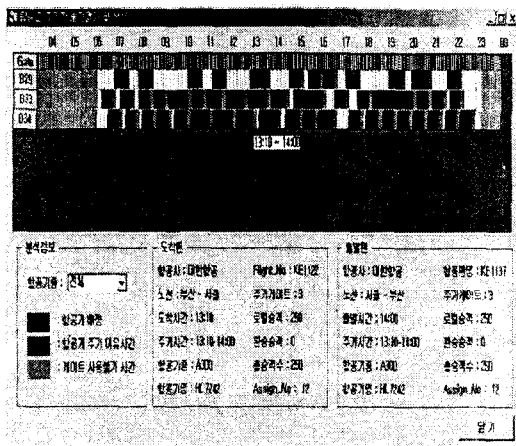
### 3.3 실행 및 결과분석

항공편 운항계획에 대한 일일 주기장 배정 계획을 수립하고 그 결과를 조회 및 분석하기 위한 메뉴 부분으로 <그림 8>과 같이 구성된다.

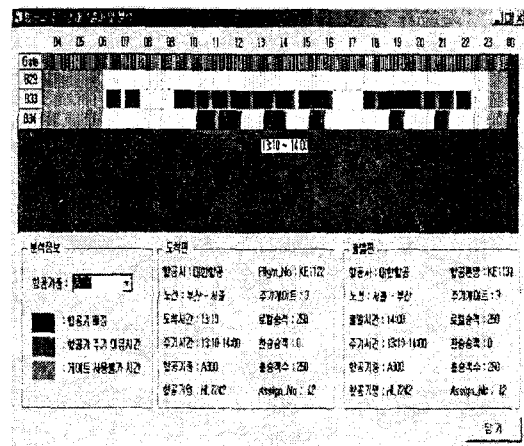


<그림 8> 실행 및 결과분석의 메뉴 구성도

입력 정보 및 배정규칙을 기초로 주기장 배정모듈은 게이트 이용률의 최대화 단계(Phase I)와 승객의 터미널 이동거리 최소화 단계(Phase II)를 거쳐 최적화된 탑승교 주기장 배정 결과를 생성한다. 다음의 <그림 9>과 <그림 10>은 탑승교 주기장 배정 결과 및 항공기종별 분석에 대한 구현 화면이다.



<그림 9> 탑승교 주기장 배정결과



<그림 10> 항공기종별 주기장 배정결과

### 4. Case Study

본 연구에서는 김포공항의 K항공 운항정보를 대상으로 주기장 배정 알고리즘 및 의사결정지원시스템을 적용하였다. 이를 위하여 현재 김포공항의 주기장 배정규칙을 입력하고 특정일의 항공편 운항 스케줄과 연결정보를 기초로 주기장 배정모듈의 단계별 배정 결과를 분석하고 이를 실제 배정 결과와 비교 분석하고자 한다. 다음의 <표 3>

는 익일 탑승교 주기장 배정을 위한 적용모델(2001년 10월 22일 월요일)에 대한 내용이다.

<표 3> 탑승교 주기장 배정을 위한 적용모델

항 목	내 용
항공기 수	44대
항공편 수	186편
탑승교 주기장 수	3개
탑승교 주기장 거리정보	김포공항 국내청사 탑승교 기준
항공편별 탑승인원 정보	항공기종을 고려한 탑승인원 입력

본 연구의 주기장 배정모듈을 통한 배정 결과와 실제 배정결과와의 비교는 아래의 <표 4>와 같으며, 배정된 항공편 수 및 평균 탑승교 이용률의 차이를 볼 수 있다.

<표 4> 단계별 배정결과 및 실제 배정결과와의 비교·분석

비교 항목	실제 배정 결과	시스템 배정 결과	개선율
탑승교 배정 항공편 수(편)	59	72	13 편
탑승교 배정율(%)	31.7	38.7	7.0 %
평균 탑승교 이용률(%)	57.3	74.1	16.8 %

또한 주기장 이용률을 최대화하는 단계와 승객 이동거리를 최소화하는 단계의 주기장 배정 결과에 대한 승객의 터미널 이동거리를 비교해 보면 다음의 <표 5>와 같으며, 이동거리 최소화 단계를 통하여 9.6%의 승객 이동거리를 감소시키는 배정 결과를 확인할 수 있다.

<표 5> 승객의 이동거리에 대한 단계별 배정 결과

비교 항목	주기장 이용률 최대화	승객 이동거리 최소화	개선율
승객의 터미널 이동거리 (m)	5,176,821	4,679,020	9.6%

## 5. 결론 및 추후연구과제

본 연구에서는 제한된 탑승교 주기장에 대한 이용률을 최대화하고 동시에 터미널 이용승객의 이동거리를 최소화할 수 있는 주기장 배정 알고리즘의 개발 및 이를 적용한 지능형 의사결정지원시스템을 개발하고 실제 국내 공항의 항공사 정보를 기초로



그 결과를 비교·분석하였다. 이를 통하여 현재 수작업 및 주기장 배정 규칙만으로 수행되는 탑승교 주기장 배정을 지능형 의사결정지원시스템을 통하여 전산화함으로써 다양한 배정규칙 및 제한조건을 만족하는 최적화된 탑승교 주기장 배정과 그 결과를 사용자 인터페이스를 통하여 조회, 분석 및 수정할 수 있는 기능을 제공한다.

지능형 주기장 배정을 위한 의사결정지원시스템은 공항의 중요한 운영 목표인 항공사 및 여객의 시간 비용을 최소화함은 물론 기상 악천후로 인한 항공기의 이착륙 지연이나 탑승교의 유지·보수가 발생하는 경우 등 복잡한 배정 문제를 시스템에 신속히 적용함으로써 공항 운영의 효율성뿐만 아니라 공항 안전에도 기여할 수 있을 것이다.

추후연구과제로는 의사결정지원시스템의 배정 결과에 대한 타당성 검토를 위하여 보다 장기간의 항공편 운항 정보 및 배정 결과를 기초로 비교 및 분석을 수행하고, 국제공항에서 발생하는 환승객에 대한 터미널 이동거리의 최소화 및 보다 다양한 배정 규칙의 반영이 가능하도록 모듈을 보완함으로써 국내공항 뿐만 아니라 국제공항에 대한 적용을 기대할 수 있을 것이다.

## 6. 참 고 문 헌

- [1] 김연명, 김준현, "공항의 항공기 주기장 배정을 위한 알고리즘 개발 및 적용에 관한 연구", 교통개발연구원, 2001.
- [2] 이희남, 김연명, 이공섭, 이창호, "공항터미널 주기장 배정의 최적화에 대한 연구", 안전경영과학회지, Vol. 4-4, pp. 129~136, 2002.
- [3] A. Haghani and M.C. Chen, "Optimizing Gate Assignments at Airport Terminals", Transportation Research Part A, Vol. 32(6), pp. 437-454, 1998.
- [4] Bihr R., "A conceptual solution to the aircraft gate assignment problem using 0,1 linear programming", Computer & Industrial Engineering 19(1~4), pp. 280~284, 1990.
- [5] Ching Chang, "Flight Sequencing and Gate Assignment in Airport Hubs", University of Maryland, 1994.
- [6] S. Yan and C.M. Huo, "Optimization of multiple objective gate assignments", Transportation Research Part A, Vol. 35(5), pp. 413-432, 2001.
- [7] Y. Cheng, "A Knowledge-Based Airport Gate Assignment System Integrated with Mathematical Programming", Computers & Industrial Engineering, Vol. 32(4), pp. 837-852, 1997.
- [8] Yeon Myung, Kim, "Methodology for Design and Evaluation for Airport Terminal Configuration," Ph. D. dissertation. University of Maryland, College Park, Maryland, 1997.

## 저 자 소 개

**이 희 남** : 인하대학교 산업공학과를 졸업하고 동 대학원 석사학위 취득, 현재 인하대학교 산업공학과 박사과정에 재학 중이다.

주요관심분야는 최적화 모델링, 중소기업형 ERP System, 웹 기반 어플리케이션 개발 등이다.

**김 연 명** : 인하대학교 산업공학과를 졸업하고 서울대학교 환경대학원에서 교통계획학 석사를 취득하였으며, 미국 Maryland 주립대에서 교통공학 박사학위를 취득하였으며, 현재 교통개발연구원 항공교통연구실의 연구위원으로 재직 중이다.

주요관심분야는 공항시스템의 최적화와 항공교통의 원활한 수송, 그리고 공항에서의 교통용량과 지연(Capacity and Delay) 문제의 해결을 위한 기법개발, 그리고 항공교통정책에 대한 전반적인 연구를 수행하고 있다.

**이 창 호** : 인하대학교 산업공학과를 졸업하고 한국과학기술원 산업공학과 공학석사 및 박사학위를 취득하였으며, 현재 인하대학교 산업공학과 교수로 재직 중이다.

주요관심분야는 인천항만과 관련된 물류최적화(항만 운영, 하역 효율화), 인천항만과 관련된 Simulation/Simulator 개발, 물류네트워크 구축, 물류정보화 구축(DataBase/Data Warehouse/Data Mining 기술 활용), 중소기업 정보화 구축(Microsoft Tool의 활용), 화상회의시스템 구축과 활용 등이다.