

# 효율적인 컨테이너의 반·출입을 위한 게이트-장치장 모델 연구 및 구현

## - Modeling and Implementing of Gate-Container Yard for Effective Input/Output Containers -

조호진 \*, 박상민 \*

### Abstract

We developing for Gate-Container Yard model to execute the Input & Output process of containers which are waiting in container yard effectively and fast. The optimal model is developed to manage and trace the containers in yard.

We developed the put-away strategies which considered the storage time for volume of transportation and the distance between blocks and gates using the MICRO-CRAFT (Computerized Relative Allocation Facilities Technique).

Keywords : Container Yard, MICRO-CRAFT, Put-Away Strategy.

### 1. 서론

세계적으로 경제의 규모가 확대되고 국제사회에서 물류의 이동량이 증가함에 따라, 해상을 통한 물류의 이동도 이와 비례하여 증가하고 있다. 우리나라 국제 화물수송의 99%를 담당하는 항만은 국제교역의 경쟁력 향상에 직결되는 사회간접자본이다. 화물량에 비하여 항만시설이 부족하면 유통비용 상승을 초래해 국제경쟁력을 약화시키고 수출입 무역 장애 등 실물경제 성장에 심각한 애로요인으로 작용한다.[3]

〈표 1〉 인천항 컨테이너 처리실적

(단위 : TEU)

구분	IME 최대 위기	그 이후			동기 대비	
	1998	1999	2000	2001	2001.2	2002.2
계	514,847	574,656 (12%)	611,261 (6%)	660,593 (8%)	83,281	100,408 (21%)
수입	240,669	251,979 (5%)	273,701 (9%)	306,450 (12%)	34,999	43,668 (25%)
수출	160,867	195,183 (21%)	209,541 (7%)	227,582 (9%)	30,180	36,035 (36%)
연안	113,311	127,494 (13%)	127,919 (-)	125,306 (2%)	18,102	20,705 (14%)

※ 자료 : 인천지방해항수산청(2002년 2월 보고서)

본 연구는 한국과학재단 지정 인천대학교 동북아전자물류연구센터의 지원으로 연구되었음.

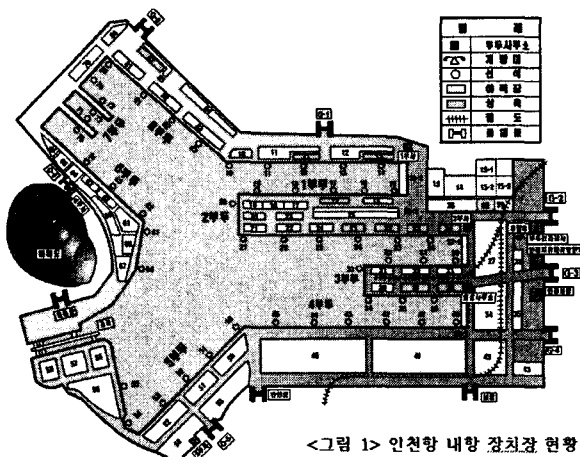
\* 인천대학교 산업공학과

다음의 <표 1>의 인천항 컨테이너 처리실적 자료를 보면 2002년 2월 컨테이너 처리물량이 총 100,408TEU (Twenty foot Equivalent)로 전년 83,281TEU보다 21%정도 증가하는 등 수입, 수출, 연안물량이 크게 증가하고있다는 것을 알 수 있다.

특히, 현재 추진되고 있는 인천항의 관세자유지역 지정과 인천항을 기점으로 한 중국과의 정기 컨테이너 항로가 개설될 것을 고려한다면 컨테이너 물동량은 수입·수출물량 뿐만 아니라 환적 물량의 증가로 인해 160만 TEU까지 증가할 것으로 예상되고 있다.[5] 따라서 인천항은 중국 무역의 중계무역항으로서, 동북아 물류 중심기지로써의 역할을 수행하기 위해 항만시설확충과 운영의 효율화를 위한 대안을 모색해야 한다.[2]

기존의 연구 내용들은 항만의 전략 수립을 위한 장기의사결정지원 시스템의 개발이나 선박의 체선 시간을 줄이기 위한 터미널 운영시스템 개발 등 선석에서의 하역설비 운영과 선박의 출입에 대한 연구가 대부분이었을 뿐 컨테이너 야적장의 효율적인 활용 방안에 대한 연구는 미비한 실정이다. 본 연구는 수출, 수입, 환적을 목적으로 야적장에서 대기하고 있는 컨테이너의 반·출입을 보다 빠르고 효율적으로 수행할 수 있도록 게이트-장치장의 모델을 설계하고 야적장내의 컨테이너 위치를 본 연구를 통하여, 현재 설계를 계획하고 있는 항만에 이를 적용하였을 경우, 보다 효과적인 항만의 설계를 할 수 있을 것으로 기대되며, 운영을 위한 모델이 될 수 있을 것이다. 그리고 현재 운영하고 있는 항만에 대해서 연간 운영비의 30%이상의 비용감소 효과가 나타날 것으로 기대하고 있다. 이와 함께 항만의 컨테이너들의 반·출입에 있어서 육상에서의 컨테이너 운송회사들과 보다 효과적인 계획기능을 공유할 수 있는 기반을 마련하고, 이 기반을 토대로 효율적인 항만관리가 이루어질 것으로 기대한다.

## 2. 인천항의 운영 방식 분석



<그림 1> 인천항 내항 장치장 현황

인천항은 자연, 지리적인 요건으로 인하여 천연항에 비하여 많은 제약을 가지고 있으며, 이를 극복하기 위하여 갑문 시설을 이용하는 대표적인 항구이다. 인천항은 갑문을 기준으로 크게 내항과 외항으로 구분하며 내항은 갑문 안쪽을, 외항은 갑문 밖을 말하며, 외항은 그 위치에 따라 북항, 남항, 연안부두 및 석탄부두로 나누어진다.[5]

내항에는 제1부두에서 제8부두까지 8개의 내항화물취급 전용부두가 있으며, 안벽 총 길이는 9,585m로 43개의 선석이 있다. 또한 상옥(11동 56,628m<sup>2</sup>), 야적장(1,093,484m<sup>2</sup>), 양곡싸이로 등의 화물저장

시설을 비롯하여 갠트리크레인(Gantry Crain), 트랜스테이너(Trans Tainer), 양곡전용 이동식 언로더, 고철 및 화물 크레인, 벨트컨베이어 등 각종 현대식 하역장비가 설치 운영되어 연간 3,464만톤의 하역능력을 보유하고 있다. 외항에서는 유류와 연안해사(모래), 무연탄 등을 주로 취급하고 있다. <그림 1>[1]은 인천항 내항의 장치장과 이용 현황을 나타내고 있다.

## 2.1. 컨테이너 전용부두 운영 현황

<표 2> 인천항 내항 4부두 시설 현황

안벽 길이	1,160m
견면 수심	(-1)0 ~ (-)12
부두 면적	330,325 ㎡ (에이프런 69,510 ㎡ 포함)
점안 능력	10,000 ~ 50,000 (5척)
처리 능력	일반화물 8,737천 톤, 컨테이너 250,000 TEU/년
장비	G/C 7기, T/T 4기, 인로우트 2기, 양크래인으로 2기(각 10만톤)

<표 3> 4부두 야적장 현황 및 운영

명칭	규격 (m)	면적 (㎡)	장치능력 (톤)	운영회사
40번	535 × 300	115,723	243,018	대한통운
41번	645 × 297	142,701	299,672	한진
42번	188 × 250	42,000	88,200	한진
43번		6,928	14,549	공영

<표 4> 4부두 컨테이너 수송 실적

구분	소계	외항선			내항선
		국적선	외국선		
TEU	소계	357,584	54,352	303,232	117,041
	적	271,537	43,650	227,887	87,232
	공	86,047	10,702	75,345	29,809
합계	소계	253,515	38,212	215,303	73,085
	적	189,230	29,453	159,777	52,769
	공	64,285	8,759	55,526	20,316
20피트	소계	149,104	21,915	127,188	29,047
	적	106,733	15,100	91,633	18,224
	공	42,371	6,816	35,555	10,823
40피트	소계	104,089	16,140	87,929	43,958
	적	82,307	14,197	68,110	34,463
	공	21,782	1,943	19,819	9,493
기타	소계	342	156	186	82
	적	190	156	34	82
	공	152	-	152	-

※ 자료 : 인천지방해운수산청 (2002년 2월)

실제 인천항의 운영은 공용 장치장을 제외한 나머지 장치장을 민간 사업자에게 임대하여 독자적으로 운영하고 있다. 특히, 컨테이너 전용 부두로 사용하는 4부두의 경우에는 ㈜한진, ㈜대한통운이 1974년 민자로 건설하였으며, 컨테이너 화물은 물론 자동차, 양곡, 잡화 등 일반 화물도 취급하는 기계화된 다목적 부두로서 선석의 운영 효율이 매우 높다. <표 2>은 컨테이너 전용 부두인 4부두의 시설현황이다. <표 3>는 4부두 전용 야적장의 현황이며, 대한통운이나 ㈜한진은 야적장내에 컨테이너 야적장 (Container Yard)을 자체적으로 설정 운영하고 있으며, 물동량에 따라 유동적으로 운영하고 있다. 4부두를 통한 컨테이너 물동량은 앞장의 <표 4>와 같으며, 이는 환적 물량을 포함한 물동량이다.

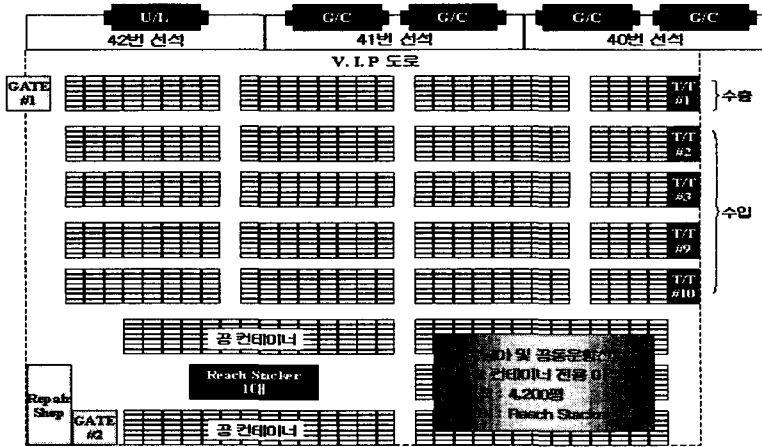
본 연구에서는 ㈜한진에서 운영하는 41번 야적장을 대상으로 연구를 진행하였으며, 다른 야적장에서도 본 연구의 결과를 적용할 수 있도록 범용성을 고려하였다. Location은 블록 단위로 관리가 되고 있다. 수출을 위한 Location은 총 4곳이며, 28개의 블록을 가지고 있다. 이 중 8개의 블록으로 이루어진 하나의

Location은 동남아 수출을 위한 전용 공간으로 사용하고 있다. 수입을 위한 Location은 총 16곳이며, 112개의 블록을 가지고 있다. 각 블록은 40피트 컨테이너를 기준으로 관리하고 있다. 각 블록은 6열 4단 적재를 원칙으로 한다.

컨테이너 취급을 위한 장비로는 갠트릭크레인(Gantry Crain) 4기, 트랜스트레인(Trans Train) 5기, 공 컨테이너 취급 및 수출 컨테이너의 선적에 이용되는, 리치 스택커(Reach Stacker) 3기를 이용하여, 모든 컨테이너를 취급하고 있다.

4월부터 신규 항로 개설(인천~방콕)로 인한 물동량의 증가에 대비하여 동남아 수출 컨테이너 야적장을 별도 구성 운영할 예정이다. 동남아 수출 전용 야적장은 3곳의 Location이며, 40피트 전용, 삼성과 현대 전용, 20피트와 40피트 혼용으로 사용된다. 40피트 전용 Location은 13개의 블록을 가지며, 삼성과 현대전자 전용 Location은 26개의 블록을 가지며, 20피트 컨테이너를 기준으로 한다. 20피트와 40피트 혼용 블록은 20피트를 위한 블록 14개와 40피트를 위한 블록 6

개를 가진다. 그 밖의 Location으로는 공 컨테이너를 위한 Location으로 총 2곳이며, 14개의 블록을 가지고 있다. 각각의 블록은 7열 4단 적재가 가능하다. [8] <그림 2>는 위의 사항을 고려한 야적장 배치도이다



<그림 2> 컨테이너 전용 야적장 배치도 (41번 야적장 내)

## 2.2. 컨테이너 야적장(Container Yard)내 컨테이너 적재 기준 및 문제점

현재 컨테이너 야적장 운영상의 적재 기준은 다음과 같이 요약된다.

- 1) 수출용 컨테이너와 수입용 컨테이너를 구분하여 전용 Location을 두어 관리한다. 수출용 컨테이너의 특성상 선적작업을 효율을 위하여 선석에서 가장 가까운 Location 4곳을 수출용 컨테이너 전용으로 사용하고 있다.
- 2) 수출용 컨테이너는 선적 선박별 그룹으로 관리하며, 선박이 도착하기 전에 선적을 위하여, VIP도로와 선석 배후 공간을 활용하여 컨테이너를 다시 적재한다.
- 3) 수입 컨테이너를 적재하기 위한 특별한 기준은 없으며, 같은 화주 컨테이너별 그룹으로 관리하고 있다. 컨테이너가 반출 예정일에 반출되는 경우는 전체의 20%에 해당되며, 나머지 80%는 길게는 4주까지 야적장에 보관된다. 민간 업자가 운영하는 야적장으로서 야적장 보관료를 받지 않기 때문에 발생하는 현상으로서, 이로 인하여 야적장 내에서 수입 컨테이너를 위해 가장 많은 공간이 사용되며, 야적장 이용 효율성을 떨어뜨리는 결과를 가져온다. 기준 없이 분산된 수입 컨테이너를 반출하는 과정에서 트레일러의 동선이 교차하는 경우가 발생한다.
- 4) Gate #2를 통하여 수입물량의 반출, 공 컨테이너 반출·입이 이루어진다. 2 라인 (반입, 반출용)으로 되어 있는 Gate #2에 이동량이 집중되며, 트레일러의 정체되는 경우가 발생한다. 또한, 수입 컨테이너 반출과 공 컨테이너 반출을 위한 트레일러의 동선 교차로 인하여 야적장 내 트레일러가 정체되는 경우가 발생한다.
- 5) 수작업을 통해 블록 내 적재 현황을 서류로 작성 보관한다. 컨테이너 반출·입 대장을 통하여 컨테이너 반출·입을 기록하며, 1일 1회 이를 취합하는 작업을 통해 전체 블록의 사용현황을 파악하며, 이를 토대로 다음 1일 동안 작업을 컨테이너 반출·입 대장에 기록한다. 실시간 전체 야적장 내 능력 및 적재 현황을 파악하지 못한다.

### 3. 항만 대기시스템

항만에 선박이 입항하여 화물을 하역 / 선적하고 화주에게 배달되는 과정은 대기시스템으로 표현

<표 6> 항만 대기시스템의 구성

구 분	서 비	의사결정변수	고 객	평 가 척 도	비 고
1 단계	묘 박 지	수량, 수심	선 박	평균대기선박의 수, 평균 대기시간	
2 단계	부두 선측장비	수량, 수심	선 박	선석 점유율, 평균 서비스 시간 Throughput	하역장비 이동장비
3 단계	야 드	면 적 배치도 동선체계	컨테이너	평균 장치일수 이동장비의 사이클 시간 야드장비의 Throughput	이동장비 최고장비
4 단계	Gate	수 량	트레일러	Throughput 평균 트레일러 대기시간	철도운송포함

표 컨테이너 터미널을 대상으로 함.

이 가능하다. 이러한 선박과 화물의 흐름 중 항만을 중심으로, 즉 선박이 도착하여 대기하는 묘박지에서부터 화물이 항만을 벗어나는 Gate(철도 포함)까지를 항만대기시스템이라 정의할 수 있다.[6] 항만 대기 시스템에서의 고객은 선박 그리고 서버는 선석을 비롯한 항만 시설물이 해당된다. 항만 대기 시스템은 수입과 수출이 동시에 존재하는 개방형 양방향 대기 네트워크(Open un-directional Queueing Network)로서, 공간적 기준에 의하여 묘박지, 부두, 야드, Gate로 분류가 가능하다. 이러한 공간적 기준에 의하여 각 단계마다 고려되는 고객의 특성이 다르기 때문에 평가 기준도 각각 다르게 설정되어야 한다. 선측에서는 선박이

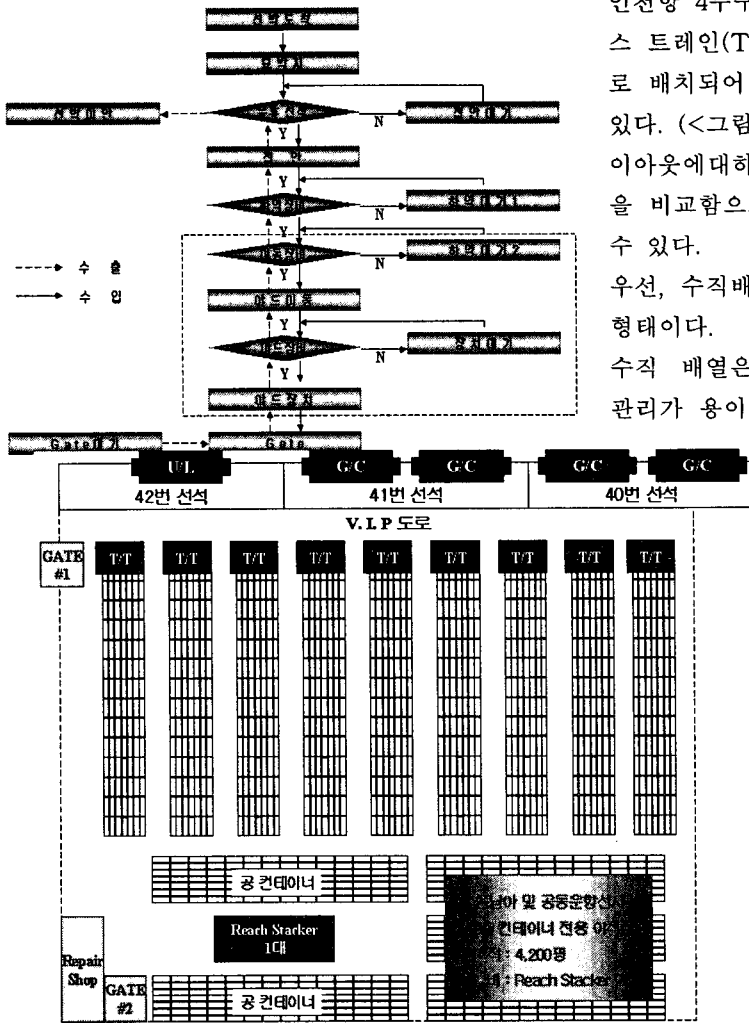
고객으로 분류되나, 선측에서 하역된 후에는 각각의 화물이 고객으로 분류된다. 즉 항만 대기 시스템 내에서는 단계마다 선박, 화물, 트레일러 또는 기차가 고객으로서의 역할을 한다. 이러한 항만 대기시스템의 구성은 다음의 <표 6>으로 표현할 수 있다.[6]

이러한 항만 대기시스템을 분석하는 기법은 선형계획법, 수송계획법, PERT/CPM, 위치 선정문제(Facility Location Model), 대기이론(Queueing Theory), 시뮬레이션 기법 등이 있다.[7] 다음의 <그림 3>은 항만 대기 시스템의 흐름도를 나타낸 것이다.

컨테이너 항만 대기시스템을 구성하는 묘박지, 부두, 야드, Gate 중에서 야드 부분에 대한 분석은 부두에 설치된 하역장비가 선박으로부터 컨테이너를 하역하는 것에서부터 시작하여 트레일러가 컨테이너를 싣고 Gate를 벗어나기까지의 프로세스를 분석하는 것이다.

본 연구의 영역은 <그림 3>에서 점선으로 묶인 단계, 즉 야드 단계에서의 효율성을 높이는 방안에 대한 영역이며, <표 6>의 3단계에 해당된다. 여기에 해당되는 의사결정 변수로는 야적장 면적, 장치장 배치도, 동선 체계이며, 평가 척도로는 컨테이너의 평균 장치일수, 이동장비의 사이클 시간, 야드 장비의 Throughput이다. 야드의 효율적인 관리와 관련하여 이동장비의 사이클 시간, 야드 장비의 Throughput에 관한 연구가 선형계획법, 대기이론(Queueing), 시뮬레이션 기법을 이용한 연구가 많이 이루어지고 있지만, 평균 장치일수와 배치, 동선 체계와 관련된 연구는 정책적인 부분에서 대부분 수행되어왔다. 본 연구에서는 위치 선정 문제(Facility Location Model) 기법과 컨테이너의 평균 장치일수, 장치장내에서의 이동문제와 동선 체계와 관련된 연구와 이를 시스템으로 구현함으로써, 효율적인 야적장 관리의 모델을 제공하고자 한다.

### 3.1. 트랜스 트레인 (Trans Train)의 안벽 평행, 수직 배치 레이아웃의 비교



<그림 4> 수직배열 레이아웃

인천항 4부두내의 41 야적장은 현재 트랜스 트레인(Trans Train)이 안벽과 수평으로 배치되어 있는 레이아웃으로 이루어져 있다. (<그림 2> 참조) 현재의 이러한 레이아웃에 대하여 수평과 수직 배치의 대안을 비교함으로써 현재의 레이아웃을 평가할 수 있다.

우선, 수직배열 방안은 <그림 4>와 같은 형태이다.

수직 배열은 일반적으로 선석별 라인의 관리가 용이한 장점이 있다. 하지만, 가장 큰 단점은 트랜스트레인 모든 라인에 배치가 되어야 하며, 그렇지 못한 경우에는 인접한 라인으로 이동하기 어렵다는 점이다. 수직배열 야드의 블록들의 라인은 부지 폭 이하의 길이를 갖게 되며, 트랜스 트레인의 활용 폭이 제약된다. 여기에 트랜스 트레인의 설치비용을 고려한다면, 활용능력이 매우 떨어지는 단점이 있다. 이에 비해 수평 배열 방안 (현재 사용 중임)의 경우 트랜스 트레인이 안벽 길이만큼의 길이를 담당할 수 있기 때문

에 수직 배열에 비해 활용폭이 넓으며, 이러한 결과로 트랜스 트레인의 대수도 수직배열에 비해 적어진다. 또한 트랜스 트레인이 선석별로 배치되어 있는 Location간 이동이 가능하다.<그림 2> 참조) 이러한 이유로 짧은 시간 내에 특정 선석에 인접한 지역으로 집결이 용이하기 때문에 트랜스 트레인의 효율을 높일 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 이유로 인하여, 현재 국내 컨테이너 부두는 모두 수평 배열 레이아웃 방식을 채택하고 있다.

### 3.2. 물동량을 고려한 게이트 장치장 분석

41 야적장에서는 현재 2개의 Gate 장치장을 이용하여 트레일러의 출입을 관리하고 있다. (<그림 2> 참조) Gate의 역할은 컨테이너 야적장을 출입하는 컨테이너 화물에 대한 반입/반출의 출구일 뿐 아니라 수출하는 컨테이너의 경우 게이트를 통과하여야 선적이 가능하며, 수입화물의 경우 게이트를 통과함으로써 화주에게 인도될 수 있다. 이와 같은 Gate는 화물의 이동과 관련된 정보의 발생지이자 종착지이며, 화물의 흐름이 시작되거나 종료되는 위치이다. 또한 실질적으로 보안구역이 시작되는 장소이기도 하기 때문에 야적장에서 중요한 위치를 점하고 있다. 단지 출입구로서의 역할이 아닌 정보의 흐름과 관련된 중요한 경계로서 역할이 더욱 중요하다 할 수 있다.[6]

<표 7> 연간 컨테이너 수송실적 (2001년 기준)

반출입화물 구분		물량	VAN		
			40F	20F	계
수입(입항)	적	175,290	58,107	59,076	117,183
	공	107,432	26,617	54,198	80,815
	지	282,722	84,724	113,274	197,998
수출(출항)	적	185,415	58,910	67,595	126,505
	공	10,394	4,835	724	5,559
	지	195,809	63,745	68,319	132,064
계		478,531	148,469	181,593	330,062

이러한 Gate는 컨테이너 야적장을 계획하거나 운영하는데 있어서 Gate를 몇 개로 결정하느냐, 혹은 Gate의 라인의 수를 몇 개로 하느냐가 매우 중요하다. 국내의 대부분의 만에서 공통적으로 일어나는 문제점의 하나는 하루 중에 때때로 Gate를 사용하고자 하는 수요가 이용이 가능한 Gate의 수를 초과하여, 화물처리가 지연되는 요인이 된다는 점이다. 하지만, 무조건 충분한 Gate를 확보하는 것은 운영상의 문제로 인하여 제약을 받게 된다.

<표 8> 연간 Gate 통과 차량 소요시간

구분	작업	소요시간	
반출(적)	차량번호확인	40초	117,183 × 40 = 1,302시간
반출(공)	차량번호확인	40초	80,815 × 40 = 898시간
반입(적)	차량번호확인, 적재위치 통보 및 확인, 출입증확인, 컨테이너 외장파손 유무 확인	300초	126,505 × 300 = 10,542시간
반입(공)	차량번호 및 출입증 확인	60초	5,559 × 60 = 93시간
계			12,835시간 / 년

따라서 Gate의 설치 및 운영의 비용을 최소화하고, Gate 통과 차량의 지체시간을 최소화하기 위해서는 Gate 통과 물동량과 소요되는 시간을 분석하여 이를 고려한 Gate 설치가 이루어져야 한다.

여기서, 이 항만을 통해 반입 및 반출되는 컨테이너는 운영선사의 컨테이너이다. 수입시 화주에게 전달된 컨테이너는 다시 야적장으로 반환되며, 수출 시에는 화주에게 공컨테이너를 전달하고 화물을 적재한 컨테이너가 다시 야적장으로 돌아온다.

결국, Gate를 통과하는 컨테이너 차량의 수는 컨테이너 수송실적의 두 배가 된다.

연간 Gate 통과 대수 :  $330,062 \times 2 = 660,124$ 대

Gate 운영기간 : 360일

따라서, 시간당 평균 76대의 차량이 Gate를 통과하고 있다.

Gate 통과 소요시간은 반입의 경우, 컨테이너 적재 차량은 적재 위치를 통보, 확인하고 출입증을 확인, 외형 파손 유무를 확인하는데 300초가 소요되며 나머지 경우는 차량번호만을 확인하며 40초가 소요된다.

연간 차량 통과 소요 시간 : 12,835시간

년간 Gate 운영시간이 8,640시간이며 앞으로 늘어날 컨테이너 물량과 Gate 운영상 대기 시간을 고려했을 때 최소 2개의 Gate가 필요하다는 결론을 얻을 수 있다.

### 3.3. 동선을 고려한 게이트 장치장 분석

Gate를 설치하는데 있어서 또 하나의 문제는 동선과 관련된 문제이다.

현재 41 야적장은 수입과 공 컨테이너를 위한 Gate를 한곳으로만 운영함으로 트레일러들의 동선 교차로 인한 지체가 또한 발생하고 있다. Gate의 수가 지금 현재의 물동량에 대해서 소화해내고 있지만, 동선에 대한 문제로 인하여, 야적장 내 트레일러의 이동이 일정한 규칙 없이 이동하고 있으며, 야적장에 진입한 트레일러가 컨테이너를 적재하고 야적장을 빠져나가기 위해서 출입한

Gate로 다시 돌아가는 과정에서 새롭게 진입하는 트레일러와 동선이 교차하여 정체되는 현상이 발생하고 있다. 이러한 이유로 인하여, 수입 물동량과 공 컨테이너 반출과 반입을 위한 Gate를 개선해야할 필요성이 있다.

<그림 5>를 보면, 수출 물동량을 반입을 위한 Gate는 트레일러의 움직임에 큰 문제가 없다. 각각의 Location이 하나의 라인으로 관리가 되기 때문에 트레일러가 진입하여 컨테이너를 내리고 다시 빠져나가는 과정에서 한 방향으로 일정하게 이동을 할 수 있기 때문에 트레일러간의 동선이 교차하는 경우는 없다고 볼 수 있다.

지금 현재 문제가 되는 수입 물동량의 반출을 위한 Gate의 동선을 살펴보면(<그림 5> 참조), 수입을 위한 넓은 야적장에 퍼져 있는 다수의 Location을 트레일러가 찾아 들어가는 동선과 컨테이너를 적재한 후 다시 되돌아오는 동선, 공컨테이너 반출·입을 위한 트레일러의 동선이 서로 엉켜있음을 알 수 있다. 야적장 물동량 대비 Gate의 능력은 현재 충분하지만, Gate 장치의 여유 능력을 갖출 수 있으며, 동선을 개선할 수 있는 대안으로 Gate#2에서 반입되는 차량과 반출되는 차량을 구분하여 Gate의 역할을 분리하여 관리하는 방법으로 현 동선의 문제점과 Gate 장치장이 여유 능력을 갖추는 문제점을 동시에 해결할 수 있다.

다음의 <그림 6>은 Gate 장치장의 역할을 분할하여 새로운 Gate 장치장을 설치하여, 야적장 내에서 트레일러가 일정한 규칙에 의해서 이동할 수 있도록 하였으며, 또한 Gate 장치장이 여유 능력을 충분히 가질 수 있도록 하였다.

새로운 Gate 장치장을 운영하는데는 다음과 같은 규칙을 적용한다.

- 1) Gate#2는 출구로, Gate#3은 입구로만 사용한다. 이를 통하여 트레일러가 한 방향으로 규칙적으로 이동하는 것을 유도할 수 있다.
- 2) 고정되어진 이동경로는 입구에서 출구까지 해당블록을 경유하는 최단거리를 적용하였으며, 각각의 블록에 해당하는 컨테이너는 이동경로와 해당 블록이 만나는 곳에서 적재한다.
- 3) 블록별 정해진 위치로 트랜스트레인을 통하여 컨테이너를 이동한다.



위와 같은 규칙을 적용하여, 트레일러 이동시 발생 가능한 동선의 겹침을 방지할 수 있다.

### 3.4. 블록별 컨테이너 적재 기준 연구

기본적으로 41야적장에서 관리하는 컨테이너는 크게 수출 컨테이너, 수입 컨테이너, 동남아 수출 컨테이너, 공 컨테이너로 4그룹으로 나눌 수 있다. 각 컨테이너 그룹별 사용되는 블록 및 운영상의 특징은 다음과 같다.

#### 1) 수출용 컨테이너

수출용 컨테이너는 선적을 위하여 선적되는 선박의 선석과 가장 가까운 Location에 위치하며, 선박이 입항하여, 선적작업이 시작하기 전에 선석의 배후 공간과 V.I.P 도로를 이용하여, 4단 3열로 적재한다. 선박이 선석에 정박하여 선적 작업이 시작하면, 1대의 리치 스택커(Reach Stacker)가 트레일러에 적재하여 갠트리크레인(Gantry Crain)으로 운송하는 작업을 반복한다. 따라서 수출용 컨테이너는 야적장 내 장비의 이동을 줄이기 위하여 선적에 가장 가까운 블록에 적재되어야 한다. 또한 수출용 컨테이너는 야적장에 머무는 시간이 최대 1주일 이내로, 컨테이너 회전이 빠르다. 따라서 저장 기간 그룹으로 블록을 배치하는 방법보다는 선석별 관리가 더욱 효과적이다. 따라서 지금의 운영방법은 타당하다 할 수 있다.

#### 2) 수입용 컨테이너

현재 수입용 컨테이너는 수출용 컨테이너 다음 Line부터 4개의 Line에 있는 블록에 적재되며, 야적장 전체의 60%의 공간을 차지하고 있다. 선박이 선적에 정박하여 하역작업이 시작되면, 갠트리 크레인(Gantry Crain)을 통해 하역된 컨테이너는 야드 트레일러에 의하여 운반되며, 블록에 도착하면 트랜스트레인(Trans Train)을 통하여 블록에 적재된다. 지금 현재 블록 선정의 특정한 기준은 없으며, 출구와 거리 문제, 트레일러 동선의 복잡함을 유발하고 있다. 하역작업 시 갠트리크레인의 평균 작업시간이 하역 프로세스에서 가장 많은 시간을 차지하기 때문에 야드 트레일러의 대기가 발생한다. 따라서 수입용 컨테이너 적재 블록과 선석 간의 거리 문제는 크게 고려되지 않는다. 또한, 수입용 컨테이너는 운영상의 문제로 인하여 길게는 4주 이상 야적장에 머무르기 때문에 많은 공간이 필요하며, 넓은 지역에 걸쳐 기준 없는 적재로 인하여 트레일러의 많은 움직임이 발생하고 있다. 그렇기 때문에 블록 배치의 기준을 설정하여 집중적으로 개선할 필요가 있다.

#### 3) 공 컨테이너 및 동남아 컨테이너

공 컨테이너의 경우 리치 스택커(Reach Stacker)가 트레일러에 적재하는 작업을 하며, 수시로 계속해서 컨테이너의 움직임이 발생하고 있다. 따라서 트레일러가 야드에 진입하여 나가는 과정에서 수입이나 수출 컨테이너를 핸들링 하는 작업에 영향을 주면 안되며, 또한 리치 스택커(Reach Stacker)가 작업하기에 충분한 공간을 필요로 하기 때문에 야드에서 선석과 가장 멀고 출입구와 가장 가까운 곳에 위치시킨다. 동남아 컨테이너의 경우, 주중에 계속해서 반입이 된 이후에 주말에 집중적으로 선적되는 물량이기 때문에 다른 수출 물량의 작업에 영향을 주지 않는 블록에 배정하여 운영한다. 지금 현재의 운영 방법은 타당하다 할 수 있다.

### 3.4.1 수입용 컨테이너 블록 배치 연구

수입용 컨테이너는 야적장에 머무는 기간이 길며, 저장 기간의 편차가 가장 심하다. 또한 무분

별한 적재로 인하여, 트랜스트레인과 트레일러의 사용횟수 및 이용 시간이 증가하고 있는 실정이다. 이를 개선하기 위하여 컨테이너 적재를 위한 블록 선정의 과정에서부터 장비이용을 고려한 배치가 필요하다 할 수 있다. 이를 통하여 야적장 내 컨테이너 핸들링 비용을 줄일 수 있을 것이다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 MICRO-CRAFT(Computerized Relative Allocation Facilities Technique) 기법의 이론을 적용하였다. 위치 선정문제 (Facility Location Model)를 해결하는데 있어서 자재의 취급 시 발생하는 원가를 최소로 하는 것이 MICRO-CRAFT(Computerized Relative Allocation Facilities Technique) 기법의 목적이다.[4][9] 이러한 개념을 야적장 내 컨테이너를 취급하는데 있어서 발생하는 원가를 최소로 할 수 있도록 블록의 위치를 선정하여 컨테이너를 적재한다면, 야적장내의 물류비용을 감소할 수 있을 것이다. 또한 컨테이너 취급 장비의 효율을 높일 수 있을 것이다. 일반적으로 MICRO-CRAFT (Computerized Relative Allocation Facilities Technique) 기법은 최초의 위치 선정뿐 아니라 운영하는 과정에서 계속되는 개선을 이루어내는 더욱 효과적인 기법이다. MICRO-CRAFT(Computerized Relative Allocation Facilities Technique) 기법을 적용하기 위해서 사용되는 입력값은 다음과 같다.

#### 1) The Number of Departments

컨테이너의 출발지와 다음 목적지라 할 수 있다. 여기서는 컨테이너가 트레일러에 적재되는 블록별 적재 위치와 Gate가 될 것이다.

#### 2) Total area available

전체 가용한 공간을 의미하며, 일반적으로 사각형으로 가정한다. 전체 야적장의 능력이 될 것이다.

#### 3) Departmental areas

블록의 능력을 표현할 수 있다. (6열 4단)

#### 4) From/To Chart and cost per trip

여기서는 블록과 Gate의 거리가 적용되며, 블록간의 거리는 물동량이 발생하지 않는다고 가정하여 고려하지 않는다. 이동 거리당 발생하는 비용은 취급하는 장비가 동일하기 때문에 이동 거리에 비례한다고 할 수 있다.

이러한 4가지 고려사항을 이용하여 MICRO-CRAFT (Computerized Relative Allocation Facilities Technique) 기법을 사용할 경우 수입을 위하여 설정된 모든 블록과 Gate와의 거리, 블록에 컨테이너가 머무는 평균 기간이 블록 선정의 기준이 될 것이다.

가장 중요한 요소인 비용은 같은 장비를 사용함으로써 이동거리의 변화에 따라 동일하게 비용이 증가할 것이다. 컨테이너가 블록에 머무는 평균 기간은 일정한 기준 기간 (년, 반기, 분기, 월 등) 동안 블록을 거쳐가는 물동량을 의미한다. 즉, 저장기간이 짧은 경우에는 기준 기간 동안 블록과 Gate간에 컨테이너의 이동이 많았으며 이로 인하여, 운송장비의 사용이 많은 것을 의미

한다. 저장기간이 긴 경우에는 반대의 경우가 될 것이다.

블록과 Gate의 거리와 저장 기간별 물동량을 고려하여 각 블록을 저장 기간 그룹에 맞는 컨테이너를 적재하는 방법을 통하여 야적장내의 물류비용을 감소시킬 수 있을 것이다.

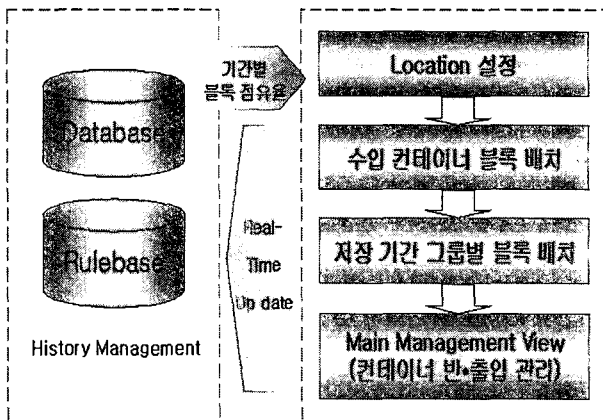
## 4. 운영 시스템 개발

### 4.1 시스템의 구성

컨테이너의 실시간 정보관리와 히스토리 관리를 통한 의사결정에 활용할 수 있는 정보를 제공할 수 있는 컨테이너 야적장 관리 시스템은 각 선석별 또는 그룹별(수입, 수출, 특별관리, 공 컨테이너 등) Location을 설정하는 View와 히스토리 관리를 통해 산출된 누적량을 이용하여 저장 기간 그룹별 점유율과 Micro CRAFT (Computerized Relative Allocation Facilities Technique) 기법을 응용하여 블록을 할당하는 블록 배치 View, Micro CRAFT (Computerized Relative Allocation Facilities Technique) 기법을

통해 계산된 블록별 우선 순위를 조회할 수 있는 배치결과 리스트, 컨테이너의 반·출입을 관리하는 Main View로 이루어져 있으며, 전체적인 시스템의 구성은 <그림 7>과 같다.

또한, 컨테이너 반·출입 결과를 입력하여 실시간 조회하며, 이 정보의 히스토리 관리를 위한 Database와 블록 배치와 관련된 규칙과 시스템 운영과 관련된 Rule-base를 통하여 데이터를 관리한다.



<그림 7> 컨테이너 야적장 관리 시스템 구성도

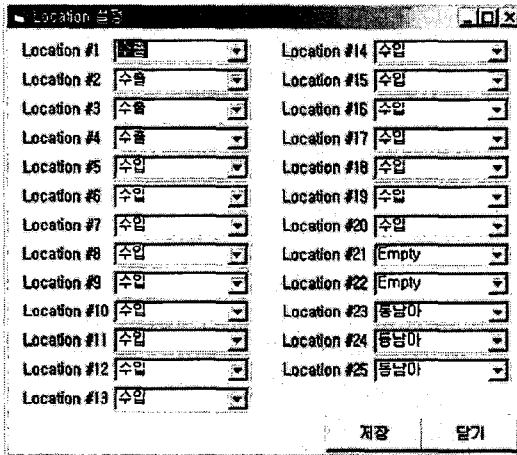
#### 1) Location 설정 및 관리 View

각 Location별 사용 목적을 설정할 수 있으며, 수입용 컨테이너를 적재하기 위한 Location은 Rule-base로서 MICRO-CRAFT(Computerized Relative Allocation Facilities Technique) 기법을 적용하여 블록을 설정할 때 기준으로 사용되는 정보이다.

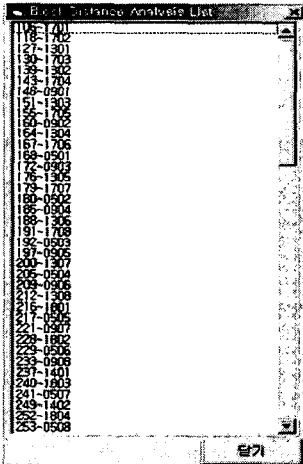
물동량의 변화나 운영 정책의 변화에 따라 유연하게 관리할 수 있도록 하였다. (<그림 8> 참조)

#### 2) 저장기간 그룹별 야적장 점유율 설정 및 관리 View

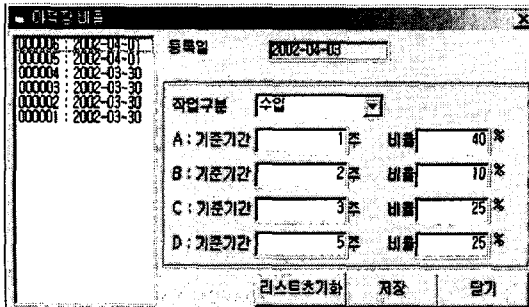
Database를 통하여 산출된 야적장 내 컨테이너 저장기간별 물동량을 이용하여, 블록의 점유율을 입력할 수 있는 View이다. 여기에서 입력된 값은 Rule-base로서 MICRO-CRAFT(Computerized Relative Allocation Facilities Technique) 기법을 적용하여 블록을 설정할 때 기준으로 사용되는



<그림 8> Location 설정 및 관리 View



<그림 10> 블록 배치결과 분석 리스트



<그림 9> 야적장 점유율 설정 및 관리 View

정보이다. 일정 기간별 물동량 비율에 변화가 발생할 경우에 그에 맞도록 블록을 재배치 할 수 있도록 하였으며, 적용 기준일에 따른 물동량 비율이 리스트로 저장 관리된다. 따라서 일정한 정책에 따른 비율의 변화나 계절적인 요인에 따른 비율의 변화를 미리 리스트에 입력하여 적용할 수도 있도록 하였다. (<그림 9> 참조)

3) 블록 배치 결과 분석 리스트

Location 입력과 기간별 야적장 점유율 입력을 통하여 MICRO-CRAFT (Computerized Relative Allocation Facilities Technique) 기법

을 적용하여 블록을 배치한 결과를 보여주는 리스트이다. 블록과 Gate와의 거리와 블록 번호가 출력되며, 분석결과 우선 순위별로 출력이 된다. 여기서 발생한 우선 순위는 저장 기간이 짧은 컨테이너가 저장되어야 하는 블록의 우선 순위이다. (<그림 10> 참조)

4) 반출·입 관리 Main View

<그림 11>은 Main View의 초기 실행 화면이다. 5부분으로 이루어져 있으며, 각각의 다른 View로 이동할 수 있는 메뉴 버튼이 하단에 위치하고 있다. <그림 11>에서 표시한 부분에 대한 설명은 다음과 같다.

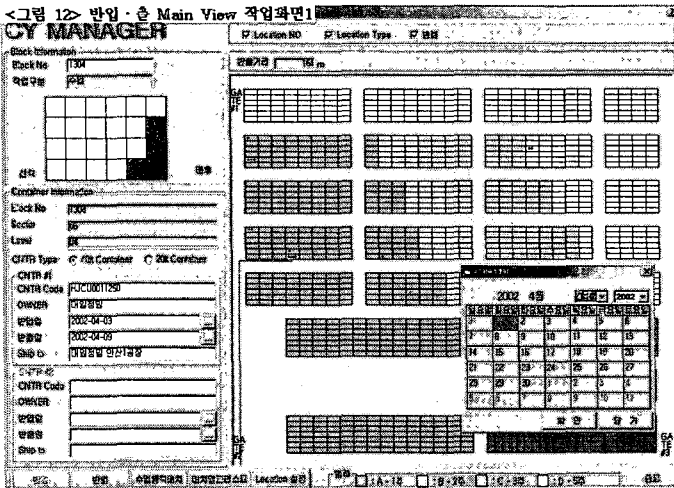
① 관리자의 작업시 야적장의 블록 배치 부분에서 인식을 위하여 Location No, Location Type, 수입 컨테이너 저장 기간 분류 범례를 Main View에 표시할지의 여부를 선택하는 곳이다.

② 컨테이너 반입이나 반출을 위하여 블록을 선택하였을 경우 Gate와의 거리를 자동 계산하여 표시한다.

③ 블록에 대한 정보를 표시하는 부분이다. 블록의 번호와 4단 6열의 블록에 현재 적재되어 있는 컨테이너와 적재가능 공간을 표시한다.

④ 컨테이너 정보를 입력하는 부분이다.

블록 정보를 표시하는 부분에서 컨테이너 적재가능 공간을 클릭 하게 되면 새롭게 반입될 컨테이너에 대한 정보를 입력할 수 있도록 활성화되며, 현재 적재되어 있는 컨테이너를 클릭 하여



컨테이너 정보를 확인할 수도 있다. 또한 20피트와 40피트 컨테이너를 구분하여 입력할 수 있도록 하였다.

블록의 한 열은 40피트 기준이며, 20피트는 2개가 적재 가능하며, 1단에 20피트가 적재되면, 위의 2,3,4단 또한 20피트 컨테이너를 적재하여야 한다. 이를 위하여 1단에 적재하는 컨테이너의 종류에 따라 2,3,4단에 적재될 컨테이너를 제어할 수 있도록 활성화 여부가 결정된다. 반입과 반출일은 카렌더를 이용하여 입력 가능

하다.

블록 배치 부분은 MICRO-CRAFT(Computerized Relative Allocation Facilities Technique) 기법을 적용하여 블록을 배치한 결과를 보여주고 있다. 범례에 나타나 있는 바와 같이 블록의 색이 계산 결과에 따라 자동으로 변하며, 이를 통하여 관리자는 반입되는 컨테이너의 적재 블록을 저장기간에 따라 해당 블록을 선택하게 되며, 블록의 각 열에 현재 적재된 컨테이너의 수를 표시함으로써 전체 야적장의 적재상태를 파악 할 수 있다.

다음의 <그림 12>은 관리자가 Main View를 통하여 실제로 작업을 하는 그림이다.

## 5. 결론 및 향후 발전 방향

본 연구에서는 동북아 물류 거점으로서의 역할이 강조되며, 동북아 물류 허브(Hub)로서 지경학적인 요건을 충분히 갖춘 인천항을 대상으로 연구가 진행되었다. 특히, 관세자유지역으로 운영될 내항 4부두를 중심으로 한 컨테이너 물동량과 이에 대한 야적장 운영 효율을 높이기 위한 연구가 진행되었다. 체계적인 운영시스템과 선진 정보화 기술의 미비로 인하여 운영상의 많은 문제점을 안고 있는 인천항은 향후 강조되는 역할에 어울리는 시스템 구축이 절실한 것으로 나타났다. 그 동안 많은 연구가 이루어지지 않은 효율적인 야적장 관리에 초점을 맞추어 연구 진행되었다.

관리자가 수작업을 통하여 관리하는 야적장의 문제점을 도출시키고 이에 대한 분석 및 개선의 대안을 본 연구에서는 제시하였으며, 이를 운영할 수 있는 운영시스템을 구현하였다.

향후에는 게이트 관리에 있어서의 자동화와 정보입력창구로서의 역할, 컨테이너 적재를 위한 알고리즘 개발과 이를 적용하여 실시간 스케줄이 가능한 시스템과 이를 응용한 야적장 장비의 작업스케줄 도출 등 아직은 많은 부분에서 연구가 진행되어야 할 것이다.

또한, 이러한 시스템이 웹 기반의 운영 시스템으로 구축됨으로써 화주의 대한 실시간 추적이 가능한 시스템으로 발전할 수 있을 것이며, 서비스 개선 등의 효과로 인하여 운영 선사의 경쟁력을 높일 수 있는 연구가 진행되어야 한다.

## 6. 참 고 문 헌

- [1] 김동희, 김봉선, 이창호, “인천내항을 위한 시뮬레이션 모델 개발”, (사)안전경영과학회지, 339-349, 2000
- [2] 이재욱, 최훈, 이상곤, 강영진, “황해권 수송시스템의 기반구축 연구”, 황해권수송시스템연구센터 제 5차년도 연구보고서, 11-36, 2001
- [3] 홍성호, “이코노미스트”, 중앙M&B, pp.55, 1993
- [4] 곽수일, “작업관리론”, 영지문화사, pp.119-163, 1986
- [5] 인천지방해운항만청, 인천지방해양수산청, “인천항 백서”, 2000
- [6] 한국해양수산개발원, “자동화 컨테이너터미널 개발사업타당성 검토 용역”, 1998
- [7] 한국전산원, “항만물류 BPR 수행”, 1999
- [8] 한진해운(주) 인천지점, 부두관리 운영실태, 2001
- [9] Dileep R.Sule; Manufacturing Facilities - Location, Planning, and Design, Second Edition, International Thomson Publishing, chapter 13, 1994