

部署重要도와 要求形態를 考慮한 配置 設計 알고리즘 A Layout Design Algorithm with the Importance Weight and Shape of Department

李 相 高*
姜 喜 政**

ABSTRACT

The objective of this study is to develop an algorithm in the consideration of importance Weight and desirable shape of specific department in the computerized layout planning. Quantitative relationship chart between each department was used. It is decided that the priority among the department as to variable factors and the optimum quantitative relationship chart was obtained using by the Weighting method. The algorithm presented in this study could generate more practical layout for the actual design problem.

1. 서 론

배치계획 문제는 어떤 평가기준을 최적화하기 위하여 기하학적으로 배치공간의 제약하에서 각 설비를 배치하는 것으로써 공장배치 계

획의 궁극적인 목적은 장점요소들을 많이 포함하는 배치계획을 수립하는 것이다 [1].

그러나 배치하고자 하는 각 부서간의 근접도가 정성적인 것으로 표시하는 ALDEP (Auto

* 전국대학교 산업공학과
** 전국대학교 산업공학과

mated Layout Design Program) [2] 등과 같은 기존의 패키지에서는 배치하고자 하는 전체 부서 가운데 부서들간의 중요도(Weight)에 대한 가중치를 제대로 나타내지 못하고 있다. 따라서 배치에 영향을 미치는 어떤 요인에 대한 중요도가 같을 경우 각 부서간의 우선순위가 무시되기 때문에 부적절한 설비배치가 이루어지고 있다. 본 연구는 각 부서들간의 근접도를 A, E, I, O, U, X 등과 같은 정성적 평가치가 아닌 정량적인 수치를 사용하여, 부서의 중요도가 배치에 영향을 미치는 다수의 요인들(Multiple Attribute)에 대한 사항까지 고려하였다. 또한 배치결과와 특정부서의 요구형태를 고려함으로써 분석자가 그 배치대안을 평가할 수 있도록 하였다. 또 면적 형상을 불력화시켰다 할지라도 특정부서에 있어서는 배치설계자가 요구하는 형태를 만족시킬 수가 없다. 각 부서에 가중치를 부여함은 배치에 포함되는 모든 부서의 중요도 순서를 결정함으로써 배치계획에 보다 현실성을 더해줄 수 있고 요구형태를 고려함은 각 부서가 갖고 있는 제약조건을 만족시켜줄 수 있다는 장점이 있다.

본 연구는 기존 ALDEP 프로그램에 있어서 전체배치평가 항목 중 각 부서의 중요도에 따른 가중치를 주어 정성적인 평점보다는 정량적인 평점을 적용하여 좀 더 세밀한 부서배치를 가능하게 하고 또한 특정부서의 요구형태를 평가기준으로 추가하는 부서배치 알고리즘을 개발하여 프로그램화 하는데 있다.

2. ALDEP의 배치 알고리즘

기존의 ALDEP 알고리즘은 각 요인에 대한 부서들간의 상호관련 평점이 정성적인 값으로 정해져 있으므로 각 요인들에 대한 상호관련

평점이 같을 경우 임의적(random)으로 부서배치형태를 나타내고 있으며, 또 화학공정이나 특수한 기계장치로 인한 특정부서의 배치는 고려를 하지 않으므로 특정부서에 대한 올바른 배치안을 얻을 수 없다. 따라서 새로운 ALDEP의 알고리즘은 각 부서간의 우선순위를 주고 같은 우선순위라도 가중치를 부여함으로써 동등한 상호관련평점을 배제하여 임의적인 부서배치형태를 지양하였다. 또한 특정부서에 대한 형태를 고려함으로써 보다 더 세밀한 배치안을 얻고자 한다. 이는 건물의 돌출부분, 배치대상인 설비운영에 필요한 공간의 특성을 고려한 전체 배치형상, 즉 설비자체의 형태, 재고(Buffer) 및 재공품등을 위한 공간을 고려하는데 유용한 수단이 된다.

3. 알고리즘의 개선

3.1 각 부서간의 가중치에 관한 분석

기존의 부서들간에 행해진 평점 A, E, I, O, U, X에 대해 각 부서들간의 관련 평점을 직접 수치로 나타내기 위해 본 논문에서는 편의상 Satty에 의해 개발된 기법 즉, 객관적인 평가요인은 물론 주관적인 평가요인도 수용하는 매우 유연한(flexible) 의사결정 분석기법으로 직관성(intuitive)과 합리성(rationality)을 바탕으로 문제를 체계적으로 사고할 수 있도록 해주는 계층적 분석법(Alytic Hierarchy Process : AHP) [3]에서 사용되고 있는 1-9점수치(1 to 9 scale) [4]를 사용하기로 한다. 각 부서간의 중요도를 직접 결정하는 데에는 부서간 순위를 우선 결정하여 이를 이용하여 중요도를 구하는 것이 편리하다. 만약 7개의 부서를 배치계획에 포함시켜, AHP에서의 수

치를 가정으로 하여 전문의사결정자나, 경험이 많은 현장근로자에 의한 조사 결과, 각 부서들 간의 중요도 순위(Ranking)가 <표 1>과 같다고 가정한다.

<표 1> 각 요인들에 대한 우선순위

부서	물자흐름 측면에서의 우선순위	작업감독 측면에서의 우선순위	인적왕래 측면에서의 우선순위
1	6	2	7
2	7	7	2
3	5	3	4
4	2	1	1
5	4	4	6
6	1	5	5
7	3	6	3

<표 1>과 같은 순위를 이용하여 가중치를 구하는 방법은 여러가지 방법을 이용할 수 있다 [5].

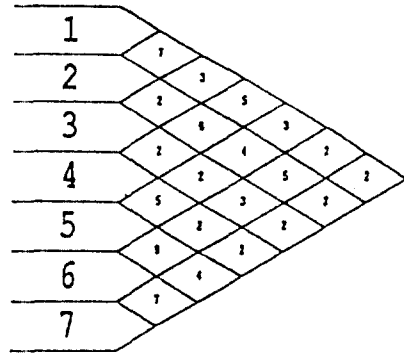
본 연구에서는 부서간의 우선순위를 구한다음 우선순위가 가장 큰 부서에 가장 큰 가중치를 부여하는 순위역수 가중치(Rank Reciprocal Weight) 방법을 이용하기로 한다. 순위역수 가중치는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$W_i = \frac{1/R_i}{\sum (1/R_i)}$$

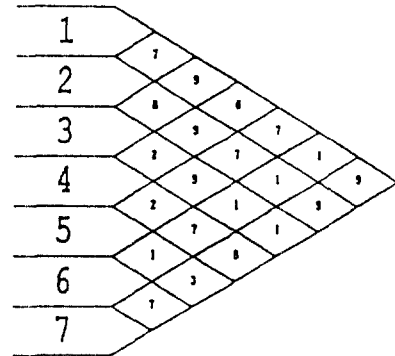
- 여기에서
- i = 요인의 중요도
 - W_i = 요인 i 의 가중치
 - N = 요인의 수
 - R_i = 순위

예를 들어 7개의 부서가 3개의 요인 즉, 물자흐름 측면, 작업감독 측면, 인적왕래 측면을 고려하여 각 부서에 대한 수치 및 우선순위와 가중치를 구하는 방법을 설명하면, 우선 그림(1),

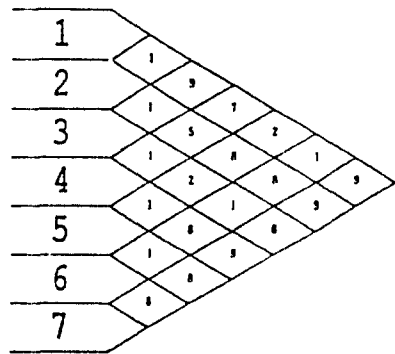
<2>, <3>의 값들은 각 부서간의 상호관련수치를 1-9점으로 나타낸 것이고, 표(2), <3>, <4>는 각 요인에 대한 가중치의 값을 구한 것이다. 단, 같은 부서간의 요인의 흐름은 1로 가정하였다.



<그림 1> 물자흐름 측면의 활동관련도



<그림 2> 작업감독 측면의 활동관련도



<그림 3> 인적왕래 측면의 활동관련도

〈표 2〉 물자흐름 측면의 가중치

부서	순위 (R _i)	가중치 (W _i)
1	6	0.064
2	7	0.055
3	5	0.077
4	2	0.193
5	4	0.096
6	1	0.386
7	3	0.128
Σ		1.000

〈표 3〉 작업감독 측면의 가중치

부서	순위 (R _i)	가중치 (W _i)
1	2	0.193
2	7	0.055
3	3	0.128
4	1	0.386
5	4	0.096
6	5	0.077
7	6	0.064
Σ		1.000

〈표 4〉 인적왕래 측면의 가중치

부서	순위 (R _i)	가중치 (W _i)
1	7	0.055
2	2	0.193
3	4	0.096
4	1	0.386
5	6	0.064
6	5	0.077
7	3	0.128
Σ		1.000

부서의 가중치를 고려한 각 부서간의 최종 상호관련도 수치는 각 요인에 대한 가중치들의 평균을 사용하였는데, 시간적 흐름에 따라 가중치 개념을 고려할 때를 가정하여 조화평균을 사용하였고, 편의상 정수를 취하기 위해 100을 곱해 주었다.

부서상호간의 가중치가 영향을 미치는 것을 가정으로 할 때, 상호관련도수치를 구하는 식은

조화평균백분율

$$= \frac{n-1}{\sum (\text{각 부서간의 수치} \times \text{가중치})^{-1}} \times 100$$

여기서 n은 부서수

예를 들어 부서1과 2의 상호관련수치를 구해보면

$$\frac{1}{(7 \times 0.064)} = 2.2, \frac{1}{(7 \times 0.055)} = 2.6, \dots$$

각 부서간의 가중치 결과는 〈표 5〉에 나타났다.

3.2 要求形態를 考慮한 ALDEP의 改善된 알고리즘

앞 절에서 구한 수치를 입력하여 최종배치안 점수를 최대화시키면서 수직탐색법으로 특정 부서의 요구형태를 추가하여 다시 재배치 작업을 수행함으로써 특정부서의 요구형태를 만족하는 배치안을 얻을 수 있는 알고리즘을 설명하면 다음과 같다.

1) 가정 사항

- (1) 단층으로 한정

〈표 5〉 최종 상호관련도 수치

부서간	각 요인에 대한 부서간의 가중치	평균가중치	백분율
1과 2	2.2 2.6 0.7 2.6 18.2 5.2	0.2	20
1과 3	5.5 4.3 0.6 0.9 2.0 1.2	0.4	40
1과 4	3.1 1.0 0.9 0.4 2.6 0.4	0.7	70
1과 5	5.2 3.5 0.7 1.5 9.1 7.8	0.2	20
1과 6	7.8 1.3 5.2 13.0 18.2 13.0	0.1	10
1과 7	7.8 3.9 0.6 1.7 2.0 0.9	0.4	40
2와 3	9.1 6.5 2.3 1.0 5.2 10.4	0.2	20
2와 4	3.0 0.9 2.0 0.3 1.0 0.5	0.8	80
2와 5	4.5 2.6 2.6 1.5 0.6 2.0	0.4	40
2와 6	3.6 0.5 18.2 13.0 0.6 1.6	0.2	20
2와 7	9.1 3.9 2.0 1.7 0.6 1.6	0.3	30
3과 4	6.5 2.6 3.9 1.3 10.4 2.6	0.2	20
3과 5	6.5 5.2 0.9 1.2 5.2 7.8	0.2	20
3과 6	4.3 0.9 7.8 13.0 10.4 13.0	0.1	10
3과 7	6.5 3.9 7.8 15.6 1.7 1.3	0.2	20
4와 5	1.0 2.1 1.3 5.2 2.6 15.6	0.2	20
4와 6	2.6 1.3 0.4 1.9 0.3 1.6	0.7	70
4와 7	2.6 3.9 0.3 2.0 0.3 0.9	0.6	60
5와 6	1.2 0.3 10.4 13.0 15.6 13.0	0.1	10
5와 7	2.6 2.0 3.5 5.2 2.0 1.0	0.4	40
6과 7	0.4 1.1 1.9 2.2 2.2 1.3	0.7	70

- (2) 배치내 부서수는 50개 이내
- (3) 최대 배치 출력은 40 * 40 (폭 * 길이)
- (4) 건물의 형태는 블럭(block)형

데, 이 방법은 항상 성립하는 것이 아니므로, 본 연구에서는 다음과 같이 보다 합리적인 방법을 사용한다 [7].

2) 배치축적 방법

기존의 ALDEP 프로그램에서 사용하는 배치축적은 연속성의 수정 (correction for continuity)을 고려한 배치축적 방법을 사용하였는

기호의 정의

- $AA(I)$: I부서의 필요면적
- TA : 부서면적의 합계
- TR : 축적된 부서면적의 합계(배치

측적의 면적)
 — INT : ()안의 수치에 대해 정수값을 취하는 함수
 — I : 부서의 수(1, 2, 3 ... n)

$A(I) = (AA(I)/TA * TR) \dots\dots(i)$
 $B(I) = INT(A(I)) \dots\dots(ii)$
 $C(I) = A(I) - B(I) \dots\dots(iii)$
 $D(I) = C(I) \dots\dots(iv)$

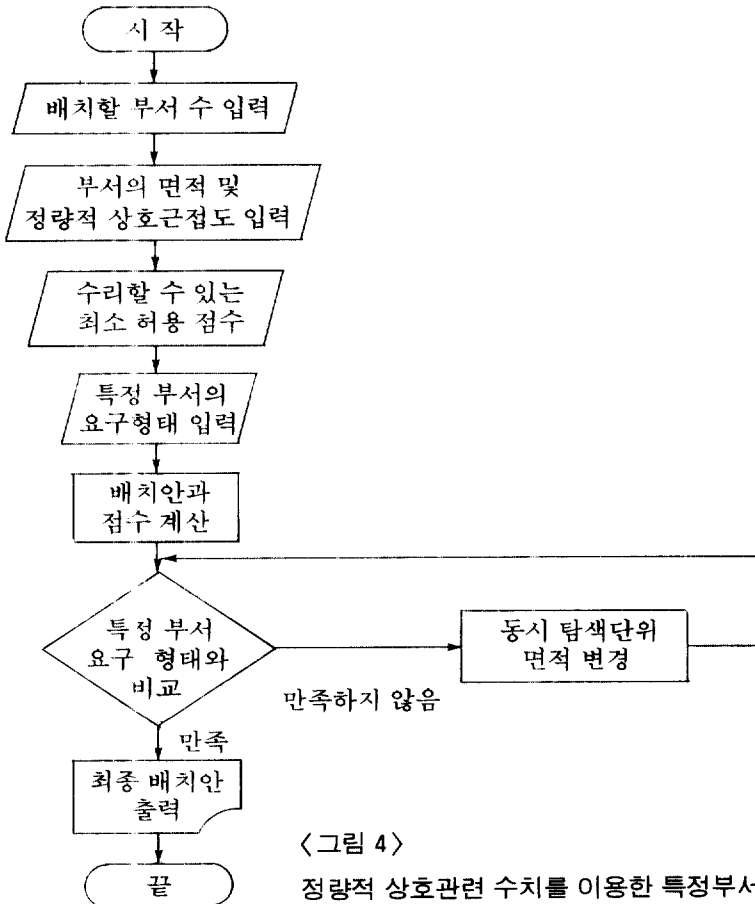
$TR = \sum_{I=1}^n B(I)$ 이면 축척된 면적 $AR(I) = B(I)$

$TR - \sum_{I=1}^n B(I) = \text{차이} > 0$ 이면 (iii)식

을 내림차순으로 정렬하고 차이만큼의 수를 $C(I)$ 에서 취한다.
 $D(I) = C(J) \dots\dots(v)$ 인가를 판별한다.
 여기서 $I =$ 부서의 수
 $J = 1, 2, 3 \dots$ 차이
 (v)식이 성립하면 $B(I) = B(I) + 1$
 성립안하면 $B(I) = B(I)$ 로 한다.

이 과정을 통해 I 부서의 축척된 면적 $AR(I) = B(I)$ 를 얻을 수 있다.

지금까지의 흐름도를 작성하면 <그림 4>와 같다.



<그림 4>

정량적 상호관련 수치를 이용한 특정부서의 요구형태 흐름도

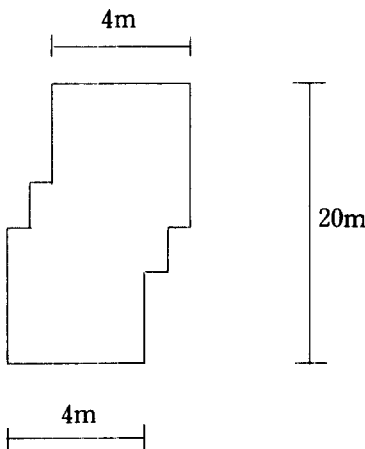
4. 적용사례

4.1 입력 자료

본 사례연구에서 대상으로 하는 부서의 수, 면적 등, 배치설계에 필요한 기본적인 입력자료는 다음과 같다.

- 1) 배치내의 부서 수 : 7
- 2) 발생시킬 배치 수 : 10
- 3) 부서의 최소 선호점수 : 1
- 4) 동시탐색 단위 면적 수 : 2
- 5) 건물의 윤곽 : $20 \times 20m^2$
- 6) 수리할 수 있는 배치의 최소허용점수 : 0
- 7) 근접평점 수치 : 1에서 100까지의 정수
- 8) 특정부서의 요구 형태

특수기계의 모형에 따라 부서3이 다음과 같이 축적단위면적이 $4 \times 20 (m^2)$ 을 갖는 배치형태를 취한다고 가정해 본다.



- 9) 부서의 면적은 다음과 같이 가정하기로 한다.

부서	1	2	3	4	5	6	7
면적(m ²)	32	89	67	26	12	34	40

10) 앞의 예에서 사용한 부서간의 상호관련도 수치를 나타내면 다음과 같은데 여기서 수치가 높을 수록 각 부서간의 상호관련도 역시 높은 것으로 본다.

부서1과 부서2 = 20	부서3과 부서4 = 20
부서1과 부서3 = 40	부서3과 부서5 = 20
부서1과 부서4 = 70	부서3과 부서6 = 10
부서1과 부서5 = 20	부서3과 부서7 = 20
부서1과 부서6 = 10	부서4와 부서5 = 20
부서1과 부서7 = 40	부서4와 부서6 = 70
부서2와 부서3 = 20	부서4와 부서7 = 60
부서2와 부서4 = 80	부서5와 부서6 = 10
부서2와 부서5 = 40	부서5와 부서7 = 40
부서2와 부서6 = 20	부서6과 부서7 = 70
부서2와 부서7 = 30	

4.2 실행 결과

결과에는 입력된 각 부서에 대한 면적, 상호관련 수치, 주어진 총 근접도의 값 이상을 출력, 배치폭과 넓이등이 출력되는데 < 표 6>은 배치한 각 부서의 면적 (m²)을, < 표 7>은 부서간 상호관련 수치와 총 근접도(TCR)가 0이상의 값은 모두 출력, 배치폭과 넓이를 나타낸다.

< 표 6> 배치한 각 부서의 면적

부서	1	2	3	4	5	6	7
면적(m ²)	32	89	67	26	12	34	40

예제에서는 2점 수직 탐색방법으로 실행한 결과 7개의 총배치안이 나오는데 점수가 높은

〈표 7〉 각 부서간의 상호관련수치와 폭, 넓이

	부서2	부서3	부서4	부서5	부서6	부서7
부서1	20	40	70	20	10	40
부서2		20	80	40	20	30
부서3			20	20	10	20
부서4				20	70	60
부서5					10	40
부서6						70

총 근접도 : 0 ⇒ 배치안 점수가 0이상은 모두 출력
 배치안 폭 : 20 ⇒ 배치안의 축척된 폭
 배치안 길이 : 20 ⇒ 배치안의 축척된 길이

족하면 YES로 대답하고, 만족하지 않으면 NO로 계속 대답하면 다음으로 높은 배치안 점수와 배치안이 출력된다. 이것을 반복하여 만족할 수 있는 배치안이 나오면 프로그램을 종료시킨다. 〈그림 5〉는 첫번째 배치안(Block Layout)으로서 점수는 높지만 부서3의 요구형태를 나타내지 못하므로 만족여부의 물음에 NO로 대답하면 〈그림 6〉이 출력되는데 만족을 못하므로 NO를 하면 〈그림 7〉이 출력되고 이것도 만족을 못하므로 NO를 하면 〈그림 8〉이 출력된다.

〈그림 8〉은 배치안 점수는 좀 작지만 부서3이 원하는 형태를 만족하므로 만족 여부의 물음에 YES 라고 답하고 프로그램을 종료시킨다.

순서대로 출력되고 만족여부를 물어본 후에 만

```

3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 2 2 2 2 7 7 7 7 5 5
3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 2 2 2 2 7 7 7 7 5 5
3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 2 2 2 2 7 7 7 7 5 5
3 3 3 3 3 3 4 4 4 2 2 2 2 2 7 7 7 7 5 5
3 3 3 3 3 3 4 4 2 2 2 2 2 2 7 7 7 7 5 5
3 3 3 3 1 1 4 4 2 2 2 2 2 2 7 7 7 7 5 5
3 3 3 3 1 1 4 4 2 2 2 2 2 2 7 7 7 7 5 5
3 3 3 3 1 1 4 4 2 2 2 2 2 2 7 7 7 7 5 5
3 3 3 3 1 1 4 4 2 2 2 2 2 2 7 7 7 7 6 6
3 3 3 3 1 1 4 4 2 2 2 2 2 2 7 7 7 6 6 6
3 3 3 3 1 1 4 4 2 2 2 2 2 2 7 7 6 6 6 6
3 3 3 3 1 1 4 4 2 2 2 2 2 2 7 7 6 6 6 6
3 3 3 3 1 1 1 4 2 2 2 2 2 2 7 7 6 6 6 6
3 3 3 3 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 7 7 6 6 6 6
3 3 3 3 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 7 7 6 6 6 6
3 3 3 3 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 7 7 6 6 6 6
3 3 3 3 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 7 7 6 6 6 6
3 3 3 3 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 6 6 6 6
3 3 3 3 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 6 6 6 6
3 3 3 3 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 6 6 6 6
    
```

score = 800 [1/ 7]
100.0%

〈그림 5〉 첫번째 배치안

```

5 5 2 2 2 2 4 4 4 4 3 3 3 3 6 6 6 6 7 7
5 5 2 2 2 2 4 4 4 4 3 3 3 3 6 6 6 6 7 7
5 5 2 2 2 2 4 4 4 4 3 3 3 3 6 6 6 6 7 7
5 5 2 2 2 2 4 4 4 4 3 3 3 3 6 6 6 6 7 7
5 5 2 2 2 2 4 4 4 1 3 3 3 3 6 6 6 6 7 7
5 5 2 2 2 2 4 4 4 1 3 3 3 3 6 6 6 6 7 7
5 5 2 2 2 2 4 4 4 1 3 3 3 3 6 6 6 6 7 7
5 5 2 2 2 2 4 4 4 1 3 3 3 3 6 6 6 6 7 7
2 2 2 2 2 2 4 4 4 1 3 3 3 3 6 6 6 6 7 7
2 2 2 2 2 2 4 4 4 1 3 3 3 3 3 3 6 6 7 7
2 2 2 2 2 2 4 4 4 1 3 3 3 3 3 3 6 6 7 7
2 2 2 2 2 2 4 4 4 1 3 3 3 3 3 3 6 6 7 7
2 2 2 2 2 2 4 4 4 1 3 3 3 3 3 3 6 6 7 7
2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 3 3 3 3 3 3 6 7 7 7
2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 3 3 3 3 7 7 7 7
2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 3 3 3 3 7 7 7 7
2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 3 3 3 3 7 7 7 7
2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 3 3 3 3 7 7 7 7
    
```

score = 740 [2/ 7]
92.5%

〈그림 6〉 두번째 배치안

參 考 文 獻

1. James A. Tompkins and John A. White, Facilities Planning, 1984.
2. Seehof J. M. and Evans W. O., "Automated Layout Design Program", The Journal of I-E, Vol. 18, 1967.
3. Thomas L. Saaty "How to make a decision : The Analytical Hierarchy Process" European Journal of Operation Research, Vol. 48, 1990.
4. Thomas L. Satty, "The Analytic Hierarchy Process" McGraw-Hill, 1980.
5. John R. Canada & William G. Sullivan "Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems", Englewood Cliffs, 1989.
6. 宋寅珠, 工場의 部署配置 技法에 關한 研究 仁荷大學校, 1989.