

## 퍼지 집합 접근법에 의한 시설배치계획에 관한 연구†

고 창 성\* · 김 홍 배\*

### A Study on Layout Planning by a Fuzzy Set Approach†

Chang Seong Ko\* · Hong Bae Kim\*

#### Abstract

This study presents a fuzzy set-theoretic approach for preparing a from-to chart and a relationship chart in order to increase system effectiveness through the proper layout planning. Though there have been a number of studies on the layout planning, they have been not well applied in industries because of difficulties in preparation of the two charts. In this study, a fuzzy mag count as a transportability measure is suggested, and the procedure for preparing two charts is explained on the basis of the count. Finally, this approach is applied to the layout planning of a ship repair shop.

#### 1. 서 론

시설배치문제는 경영 및 관리적인 면에서 기업의 많은 관심의 대상이 되어 왔다. 작업자와 설비 및 자재 등의 생산요소를 효율적으로 배치한다는 것은 기업의 능률 및 잠재이익과 나아가서는 기업의 사활에도 긴밀한 관련이 있다. 일반적으로 제조공장

의 경우 자재취급 및 운반비용이 간접제조비의 20-50%를 차지하고 배치 개선을 통해 이를 절감할 수 있다고 알려져 있다.

따라서, 시설배치를 체계적으로 수립하는 방법에 대해 많은 연구들이 수행되었다. Immer[9]는 기존의 배치를 개선하는 방법을 제시하였으며, Nadler[15]는 이상적 시스템 개발과정을 배치계획에

† 이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 지방대학육성과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

\* 경성대학교 산업공학과

적용했으며, 그 밖에 Apple[3]과 Reed[17] 등이 각각 나름대로의 절차를 발표하였다. 그러나, 실제 가장 많이 활용되는 것은 Muther[14]의 체계적 배치계획(Systematic Layout Planning)으로서 현장에서 많이 유용되고 있다. 또한, 다량의 계산을 빠른 시간내에 가능하게 하는 컴퓨터의 출현으로 시설배치문제에 적용되는 컴퓨터 프로그램은 현재 까지 많은 종류가 발표되었다. 이 프로그램들은 배치안 수립 과정에 따라 분류할 때에 구성형 과 개선형 프로그램으로 분류되며 전자의 대표적인 것은 ALDEP(Automated Layout Design Program), PLANET(Plant Layout Analysis and Evaluation Technique) 및 CORELAP(Computerized Relationship Layout Planning) 등이며, 후자에 속하는 것으로는 CRAFT(Computerized Relationship Layout Planning of Facility Technique)와 COFAD(Computerized Facilities Design) 등이 있다[1, 2, 5, 12, 19, 20]. 그리고, 운송비용의 최소화 및 근접도 최대화의 다목적(Multi-goal)을 절충 해결하는 알고리즘도 개발되었으며[18], 그 외에 그래프 이론에 의한 접근방법[6], 지식 베이스 시스템에 의한 접근방법 [8] 등 많은 연구가 진행되었다. 퍼지 이론(Fuzzy Theory)은 Zadeh [21]가 처음 제창한 이후 많은 분야에 적용되어 왔는데, 그 중에서 시설배치 문제에 퍼지 이론을 적용한 것으로는 Grobelny[7]와 Raoot & Rakshit[16] 등의 연구가 대표적이다. Grobelny는 시설배치에 영향을 주는 요소의 정도에 Zadeh의 가능성 이론(Possibility Theory)을 이용하여 배치문제를 해결하는 탐색적 방법을 제시하였으며, Raoot & Rakshit는 부서간 관련성에 영향을 주는 정량적 및 정성적 요소에 언어변수를 할당하고 전문가의 의견을 통합하여 배치문제를 해결하는 탐색적 방법을 제안하였다.

그런데, 상기한 대부분의 연구는 기본적으로 배치안 수립에 관련된 요인을 면밀히 분석하여 얻어

진 자료 즉, 유입유출표(From-To Chart)와 관련표(Relationship Chart)의 정확한 수집 과정이 필수적이다. 그러나, 이 두 가지 도표들이 그동안은 배치안 수립담당자의 경험과 직관 또는 공학적인 관점에만 의존되어 정확하게 작성되지 못함으로 인해서 시스템의 효율성을 높일 수 있는 바람직한 배치계획을 수립하지 못하고 있는 실정이다.

흐름 분석을 위한 작성에 관해서는 주지하는 바와 같이 손쉽게 수행할 수 있다. 그러나, 현실적으로 시설내 부서간에 이동되는 각 부품들의 운반상의 난이도 즉 크기, 중량, 가격, 위험도 및 형태 등의 요소에 의해 측정되는 운반단위 기준을 설정하는 것은 매우 힘들다. 비록 Muther가 Mag Count를 제시하였으나 정확히 정량화하는 데는 역시 많은 어려움이 발생한다. 다음으로, 활동 분석을 위한 관련표 작성은 간단한 절차에 의해 수행할 수 있으나 각 부서간의 활동 관련성 즉, 조직, 통계, 환경 및 공정 관련성에 대한 올바른 평가는 매우 주관적일 뿐만 아니라 기존의 배치계획 수립안이나 관련 컴퓨터 패키지 수행을 위해서는 흐름 관련성에 대한 정보도 관련표에 반영해야 하는데, 이 경우에 정량적인 요소와 정성적인 요소의 결합 또한 실제 적용시 상당히 어려운 문제이다.

따라서, 본 연구에서는 보다 나은 시설배치계획을 수행하기 위해 정확하고 사용하기 쉬운 유입유출표와 관련표를 퍼지이론을 활용하여 작성하는 방법을 제시하며, 이의 적용에 관해서 선택 수리 공장을 사례로 들어 설명하겠다.

## 2. 유입유출표 및 관련표의 작성

본 장에서는 퍼지 이론의 기초 개념에 대해서 간략하게 소개하고, 이 이론을 활용한 유입유출표와 관련표의 작성에 관해서 설명하겠다.

### 2.1 퍼지 이론 기초 개념

Zadeh(1965)에 의해 처음 제시된 퍼지 이론은 현실의 여러가지 애매모호한 상황에서 발생하는 문제들을 해결하는 이론으로서 오늘날 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구와 관련하여 필요한 퍼지 이론을 간략히 설명하면 다음과 같다.

2.1.1 퍼지 집합(Fuzzy Set)

우리가 고려하고자 하는 대상물 전체의 집합을 전체 공간(Universal Set)으로서  $X$ 라 하자. 이때,  $X$ 의 퍼지 부분집합  $A$ 는 다음과 같이 멤버쉽 함수(Membership Function)  $\mu_A(x)$ 에 의해 정의된다.

$$\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$$

$X$ 에 속하는 어떤 원소  $x$ 의 멤버쉽 함수값  $\mu_A(x)$ 는  $x$ 가 퍼지 집합  $A$ 에 속하는 정도를 나타내며 구간  $[0, 1]$  사이의 실수로 표현된다. 만일,  $\mu_A(x)=0$ 라면, 이는 원소  $x$ 가 집합  $A$ 에 누가 보다도 명확하게 속하지 않는다는 것을 의미한다. 반대로  $\mu_A(x)=1$ 이라면, 이는 원소  $x$ 가 명확하게 집합  $A$ 에 속한다는 의미이다.  $X$ 에 속하는 두 원소  $x, y$ 에 대해  $\mu_A(x) > \mu_A(y)$ 라면, 이는 원소  $x$ 가 원소  $y$ 보다 퍼지 집합  $A$ 에 속하는 정도 즉, 멤버쉽의 정도가 크다는 의미이다. 예를 들면, 실수 집합  $R$ 에서의 퍼지 집합  $A = \{x | x \text{는 } \alpha \text{에 가까운 실수}\}$ 는 멤버쉽 함수  $\mu_A(x) = (1 + (x - \alpha)^2)^{-1}$ 에 의해 정의될 수 있다.

2.1.2 퍼지수(Fuzzy Numbers)

퍼지수  $B$ 는 실수 집합  $R$ 의 특별한 퍼지 부분집합이며, 그것의 멤버쉽 함수는 실수  $R$ 에서 구간  $[0, 1]$ 로의 연속사상(Continuous Mapping)으로 정의될 수 있다. 퍼지수  $B$ 의 멤버쉽 함수  $\mu_B(x)$ 의 기본적인 특징은 다음과 같다.

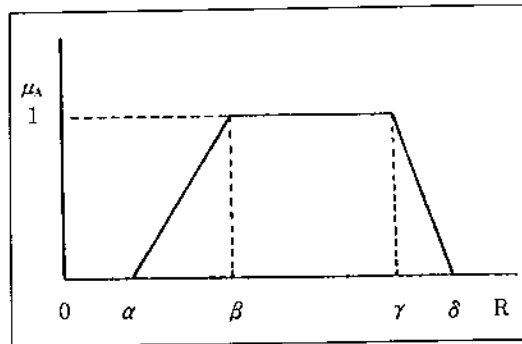
- (1)  $[-\infty, \alpha] \cup [\delta, \infty]$ 에 속하는 모든  $x$ 에 대해  $\mu_B(x)$ 는 0이다.
- (2)  $\mu_B$ 는 구간  $[\alpha, \beta]$ 에서는 증가하고, 구간  $[\gamma,$

$\delta]$ 에서는 감소한다.

- (3)  $[\beta, \gamma]$ 에 속하는 모든  $x$ 에 대해  $\mu_B(x)$ 는 1이다.

특수한 경우로서,  $\alpha = -\infty$  또는  $\alpha = \beta$  또는  $\beta = \gamma$  또는  $\gamma = \delta$  또는  $\delta = \infty$ 가 될 수 있다. 본 연구에서는 퍼지수  $B$ 의 멤버쉽 함수  $\mu_B(x)$ 가 구간  $[\alpha, \beta]$ 에서는 선형으로 증가하고,  $[\gamma, \delta]$ 에서는 선형으로 감소하는 것으로 가정한다. 일반적으로 이런 형태의 퍼지수를 '사다리꼴 퍼지수'(Trapezoidal Fuzzy Numbers)라고 부른다. 예를 들어, 만일 퍼지수  $B$ 의 멤버쉽 함수  $\mu_B : R \rightarrow [0, 1]$ 가 다음과 같은 경우에  $R$ 에서의 퍼지수  $B$ 는 사다리꼴 퍼지수이다.

$$\mu_B(x) = \begin{cases} \frac{x-\alpha}{\beta-\alpha} & , \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 & , \beta \leq x \leq \gamma \\ \frac{x-\delta}{\gamma-\delta} & , \gamma \leq x \leq \delta \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases}$$



[그림 2-1] 사다리꼴 퍼지수  $B = (\alpha, \beta, \gamma, \delta)$ 의 멤버쉽 함수.

이 때, 위 식과 같은 형태의 멤버쉽 함수를 갖는 퍼지수를  $(\alpha, \beta, \gamma, \delta)$ 로 표기하며, 이의 멤버쉽 함수 형태는 [그림 2-1]과 같다.

Zadeh(1965)의 확장 원칙(Extension Principle)에 의거한 사다리꼴 퍼지수에 대한 대수 연산(Algebraic Operation)은 다음과 같다.

(1) 부호의 변경

$$-(c, a, b, d) = (-d, -b, -a, -c)$$

(2) 덧셈 (Addition) : +

$$(c_1, a_1, b_1, d_1) + (c_2, a_2, b_2, d_2) = (c_1 + c_2, a_1 + a_2, b_1 + b_2, d_1 + d_2)$$

(3) 뺄셈 (Subtraction) : -

$$(c_1, a_1, b_1, d_1) - (c_2, a_2, b_2, d_2) = (c_1 - c_2, a_1 - b_2, b_1 - a_2, d_1 - c_2)$$

(4) 곱셈 (Multiplication) : ×

$$k \times (c, a, b, d) = (kc, ka, kb, kd)$$

만일  $c_1 \geq 0, c_2 \geq 0$ 이면

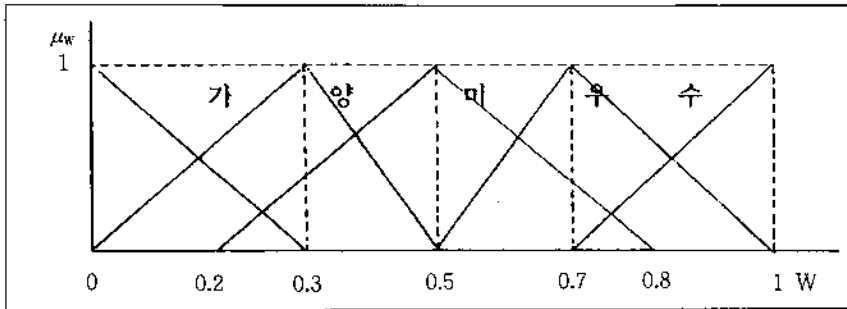
$$(c_1, a_1, b_1, d_1) \times (c_2, a_2, b_2, d_2) \cong (c_1 c_2, a_1 a_2, b_1 b_2, d_1 d_2)$$

(5) 나눗셈 (Division) : /

만일  $c_1 \geq 0, c_2 \geq 0$ 이면,

$$(c_1, a_1, b_1, d_1) / (c_2, a_2, b_2, d_2) \cong (c_1/d_2, a_1/b_2, b_1/a_2, d_1/c_2)$$

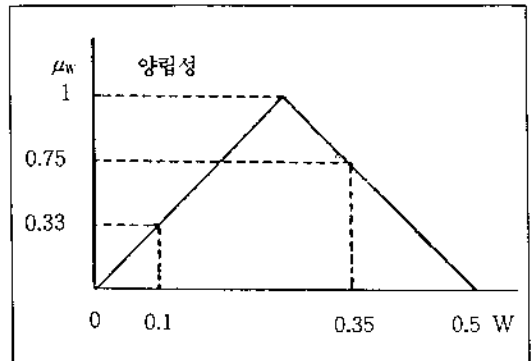
사다리꼴 퍼지수는 어떤 수치가 확정적인 값으로 제시되지 못하고 근사적인 값이나 애매한 표현으로 제시될 경우에 이를 정량화 하기 위해 편리하게 이용될 수 있다. 예를 들어, '대략 300'이라고 하면 언어적으로 애매하게 표현한 경우로 이를 사다리꼴 퍼지수로 나타내고자 할 때는, 한예로서 (280, 300, 300, 320)로 표현할 수 있으며, '대략 360과 400 사이'라는 표현은 (310, 360, 400, 450)과 같은 사다리꼴 퍼지수로 나타낼 수 있다.



[그림 2-2] 언어치(수 : (0.7,1,1,1), 우 : (0.5,0.7,0.7,1), 미 : (0.2,0.5,0.5,0.8), 양 : (0,0.3,0.3,0.5), 가 : (0,0,0,0.3))에 대한 멤버십 함수.

2.1.3 언어 변수

언어 변수란 그 값이 자연적으로 된 단어이거나 문장으로 표현되는 변수로서, 이의 개념은 정량적으로 표현하기에 매우 곤란한 상황에 유용하게 활용될 수 있다. 예를 들면, '아름답다의 정도'를 측정하고자 할 때 이를 언어 변수로써 표현할 수 있으며, 변수값으로는 수, 우, 미, 양, 가 등으로 나타낼 수 있다. 이 언어 변수는 퍼지 근사 추론 (Approximate Reasoning of Fuzzy Set Theory)에 의해 정량화할 수 있다. 예를 들면, [그림 2-2]에 나와있는 것처럼 수, 우, 미, 양, 가의 언어 변수값 각각에 멤버십 함수를 대응함으로써 언어 변



[그림 2-3] 언어치 '양'에 대한 양립성 멤버십 함수.

수를 정량적으로 변화시켜 표현할 수 있다. [그림 2-3]에서 보면 '양'에 대한 0.1에서의 이름답다의 정도에 대한 양립성은 0.33, 0.35에서의 이름답다의 정도는 0.75로 나타낼 수 있다.

2.2 유입유출표의 작성

Muther가 제시한 방법에 의거하면 설비내의 각 부서(또는 공정)로 흘러가는 각 제품에 대한 크기, 밀도(또는 중량), 형태, 위험도, 상태 및 가격 등의 운반 영향요소를 고려하여 Mag Count를 계산한 다음, 제품 흐름도에 대한 자료를 이용하여 부서간의 흐름량을 Mag Count로 표현하여 유입유출표를 작성한다. 그러나, Muther의 Mag Count 계산과정을 살펴보면 다음과 같은 난점을 발견할 수 있다. 첫째는 각 운반 영향요소의 가중치가 1 또는 1/4로서 항상 일정하다는 점이며, 다음으로는 특수한 상황에서는 음의 값으로 계산될 수 있으며, 마지막으로 등급 선택을 위한 표의 활용이 쉽지 않다는 점이다. 따라서, 본 연구에서는 위의 문제점을 해결할 수 있는 새로운 운반지표로서 '퍼지(Fuzzy) Mag Count'(이후 FMC로 표시함.)를 정의한 후, 이를 기초로 유입유출표를 작성하였다.

본 연구에서 고려하고 있는 운반 영향요소로는 크기, 중량, 형태, 위험도 및 상태의 5가지를 채택하였는데 가격 요소를 제외시킨 것은 위험도에 포함하여 평가할 수 있으므로 본 연구에서는 제외시켰다.

2.2.1 운반 영향요소 가중치(Factor Weight : FW)의 결정

운반 영향요소의 가중치는 시설배치와 관련된 해당 관계자에게 각 요소들간의 중요도를 평가하기 위해 설문지를 통해 '수, 우, 미, 양, 가'의 5등급 척도에 따른 응답을 받는다. 물론 사전에 언어 변수의 값인 각 등급에 대한 멤버십 함수를 미리 정

의해 두어야 한다. 본 연구에서는 각 등급에 대한 멤버십 함수를 Liang & Wang[13]에서 처럼 다음과 같이 정의하고자 한다.

등급 집합  $W = \{수, 우, 미, 양, 가\}$

수 : (0.7, 1, 1, 1)

$$\mu_w(x) = \frac{10}{3}x - \frac{7}{3} \quad 0.7 \leq x \leq 1$$

우 : (0.5, 0.7, 0.7, 1)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x - 5/2 & 0.5 \leq x \leq 0.7 \\ 10/3 - 10x/3 & 0.7 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

미 : (0.2, 0.5, 0.5, 0.8)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 10x/3 - 2/3 & 0.2 \leq x \leq 0.5 \\ 8/3 - 10x/3 & 0.5 \leq x \leq 0.8 \end{cases}$$

양 : (0, 0.3, 0.3, 0.5)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 10x/3 & 0 \leq x \leq 0.3 \\ 5/2 - 5x & 0.3 \leq x \leq 0.5 \end{cases}$$

가 : (0, 0, 0, 0.3)

$$\mu_w(x) = 1 - \frac{10}{3}x \quad 0 \leq x \leq 0.3$$

언어치에 대한 멤버십 함수가 사전에 결정되고 관련 전문가들의 응답 결과를 모두 수집하게 되면, 각 영향요소 j에 대한 가중치 FW<sub>j</sub>는 다음과 같이 결정된다.

$$FW_j = \frac{1}{p} \times (FW_{j1} + FW_{j2} + \dots + FW_{jn}), \quad j=1, \dots, n, \quad (1)$$

여기서, FW<sub>k</sub>(k=1, ..., p)는 영향요소 j에 대해 전문가 k가 느끼는 중요도의 값이며, n은 영향요소의 수이며, p는 응답한 전문가의 총수이다.

2.2.2 제품 가중치(Product Weight : PW)의 결정

제품설계 단계에서 결정된 제품들에 대해 각 영향요소에 대한 상대적인 만족도를 측정하여 제품 가중치를 결정한다. 이를 위해 2.2.1에서와 마찬가지로 동일한 p명의 전문가들로부터 n개의 영향요

소들 각각에 대해  $m$ 개의 제품들이 어느정도 만족시키느냐에 대한 전문가 견해를 설문 형태를 통해 구한다. 단, 제품 가중치를 보다 자세히 구하기 위해 앞 절에서의 달리 '수, 우, 미, 양, 가'의 5등급을 보다 세분화시켜 '수, 수-우, 우, 우-미, 미, 미-양, 양, 양-가, 가'의 9등급으로 나누었다. 각 등급에 대한 멤버쉽 함수는 Liang & Wang[13]에서 처럼 다음과 같이 정의하고자 한다.

등급 집합  $W = \{\text{수, 수-우, 우, 우-미, 미, 미-양, 양, 양-가, 가}\}$

수 : (0.8, 1, 1, 1,)

$$\mu_w(x) = 5x - 4 \quad 0.8 \leq x \leq 1$$

수-우 : (0.6, 0.8, 1, 1)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x - 3 & 0.6 \leq x \leq 0.8 \\ 1 & 0.8 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

우 : (0.6, 0.8, 0.8, 1)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x - 3 & 0.6 \leq x \leq 0.8 \\ 5 - 5x & 0.8 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

우-미 : (0.3, 0.5, 0.8, 1)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x - 3/2 & 0.3 \leq x \leq 0.5 \\ 1 & 0.5 \leq x \leq 0.8 \\ 5 - 5x & 0.8 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

미 : (0.3, 0.5, 0.5, 0.7)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x - 3/2 & 0.3 \leq x \leq 0.5 \\ 7/2 - 5x & 0.5 \leq x \leq 0.7 \end{cases}$$

미-양 : (0, 0.2, 0.5, 0.7)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x & 0 \leq x \leq 0.2 \\ 1 & 0.2 \leq x \leq 0.5 \\ 7/2 - 5x & 0.5 \leq x \leq 0.7 \end{cases}$$

양 : (0, 0.2, 0.2, 0.4)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x & 0 \leq x \leq 0.2 \\ 2 - 5x & 0.2 \leq x \leq 0.4 \end{cases}$$

양-가 : (0, 0, 0.2, 0.4)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq 0.2 \\ 2 - 5x & 0.2 \leq x \leq 0.4 \end{cases}$$

가 : (0, 0, 0, 0.2)

$$\mu_w(x) = 1 - 5x \quad 0 \leq x \leq 0.3$$

이상과 같은 자료들이 모두 얻어졌다면 제품  $i$ 의 영향요소  $j$ 에 대한 가중치  $PW_{ij}$ 는 다음과 같이  $p$ 명의 전문가들이 응답한 값들의 평균으로 계산할 수 있다.

$$PW_{ij} = \frac{1}{p} \times (PW_{i1j} + PW_{i2j} + \dots + PW_{ipj}), \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n, \quad (2)$$

여기서,  $PW_{ijk}$ 는 제품  $i$ 에 대해 영향요소  $j$ 를 만족하는 정도를 전문가  $k$ 가 응답한 값이다.

### 2.2.3 제품의 퍼지 Mag Count(FMC)의 계산

제품의 퍼지 Mag Count란 각 제품이 영향요소 전체에 대한 총괄적인 운반 난이도를 나타내는 것이다. 2.2.1과 2.2.2에서 각각 운반 영향요소 가중치  $FW$ 와 제품 가중치  $PW$ 가 결정되면 제품의 퍼지 Mag Count FMC는 다음 식을 이용하여 계산한다.

$$FMC_i = S_i \times \frac{1}{n} \times \sum_{j=1}^n (PW_{ij} \times FW_j), \quad i=1, \dots, m, \quad (3)$$

여기서,  $S_i$ 는 Muther의 크기에 대한 제품  $i$ 의 Mag Count로서 Mag Count와 FMC와의 양립성을 유지하기 위해 사용하였다.

그런데, 각  $PW_{ij}$ 와  $FW_j$ 는 사다리꼴 퍼지수로 표현되어 있기 때문에 FMC를 계산하기 위해 Zadeh의 확장 원칙에 의거하여 다음과 같이 근사적인 퍼지수로 구해 낸다.

$$FMC_i \cong (Y_i, Q_i, R_i, Z_i), \quad i=1, \dots, m, \quad (4)$$

$PW_{ij}$ 와  $FW_j$ 가 각각  $PW_{ij} = (q_{ij}, o_{ij}, p_{ij}, r_{ij})$ 와  $FW_j = (c_j, a_j, b_j, d_j)$  ( $j=1, \dots, n$ )로 표현될 때,  $Y_i, Q_i, R_i, Z_i$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned}
 Y_i &= \frac{1}{n} \sum_j q_{ij} \times c_i, & i=1, \dots, m, \\
 Q_i &= \frac{1}{n} \sum_j o_{ij} \times a_i, & i=1, \dots, m, \\
 R_i &= \frac{1}{n} \sum_j p_{ij} \times b_i, & i=1, \dots, m, \\
 Z_i &= \frac{1}{n} \sum_j r_{ij} \times d_i, & i=1, \dots, m.
 \end{aligned} \tag{5}$$

**2.2.4 유입유출표의 작성**

2.2.3에서 각 제품에 대한 FMC가 계산되면, 일정설계 및 공정설계에서 수집한 각 제품의 추정생산량 및 소요공정에 대한 정보를 활용하여 유입유출표를 기존의 방법과 동일하게 작성할 수 있다. 이 때, 유입유출표에 기입되는 값들은 사다리꼴 퍼지수로 표현되어 있기 때문에 중앙값(Median)을 이용하여 단일값으로 전환하여 기입한다. 즉, (a, b, c, d)로 표현되는 경우에 단일값은 (a+b+c+d)/4로 계산한다. 그리고, 제품의 추정생산량 또한 미래의 불확실한 값이므로 사다리꼴 퍼지수로 표현하여 퍼지연산을 수행할 수도 있다. 예를 들면, 추정생산량이 '대략 100에서 200'이라고 한다면 (80, 100, 200, 220)과 같이 표현하여 퍼지연산을 수행할 수 있다.

**2.3 관련표의 작성**

관련표의 목적은 부서간의 정량적 흐름 외의 조직, 통제, 환경 및 공정관련성 등의 정성적 관련 여부를 파악하는 것이다. 그러나, 기존의 배치계획 수립안이나 컴퓨터 프로그램 등의 입력자료를 살펴 보면 실제적으로 유입유출표의 흐름자료와 정성적 관련자료를 통합한 관련표를 요구하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 정성적 관련성 외에 정량적 관련성까지 반영할 수 있는 관련표 작성에 대해 설명하겠다.

**2.3.1 비교기준의 수집**

시설배치 대상으로 선정된 각 부서간의 비교기준을 먼저 수집한다. 이 때, 정성적 비교기준으로서 는 조직, 통제, 환경 및 공정관련성 등을 고려하여 기준을 수집하며, 정량적 기준으로서 는 이미 2.2에서 구한 유입유출표의 흐름자료를 활용한다.

**2.3.2 기준 가중치(Criterion Weight : CW)의 결정**

2.3.1에서 선정된 각 기준에 대해 2.2.1에서 수행한 방법과 유사하게 퍼지이론을 적용하여 기준 가중치를 결정한다. 즉, 관련 전문가에게 질문을 보내어 각 기준의 중요정도를 '수, 우, 미, 양, 가'의 응답을 받은 다음 퍼지 연산을 통해 기준 가중치를 결정한다. 이 때, '수, 우, 미, 양, 가'에 대한 멤버십 함수는 2.2.1에서 채택한 멤버십 함수를 그대로 사용한다. 관련 전문가의 응답 결과가 모두 수집하게 되면, 각 기준 j에 대한 가중치 CW는 다음과 같이 결정된다.

$$CW_j = \frac{1}{p} \times (CW_{j1} + CW_{j2} + \dots + CW_{jp}), \quad j=1, \dots, n, \tag{6}$$

여기서, CW<sub>k</sub>(k=1, ..., p)는 기준 j에 대해 전문가 k가 느끼는 중요도의 값이며, n은 기준의 수이며, p는 응답한 전문가의 총수이다.

**2.3.3 부서간의 관련 가중치(Relationship Weight : RW)의 결정**

2.3.1에서 선정된 각 기준에 대해 배치하고자 하는 각 부서간의 관련정도를 측정하여 부서간의 관련 가중치를 결정한다. 이 때, 가중치를 결정하는 방법은 2.2.2에서 수행한 방법과 유사하게 퍼지이론을 적용하게 된다. 즉, 2.3.2에서와 마찬가지로 동일한 p명의 전문가들로부터 n개의 기준들 각각에 대해 m개(여기서, m은 q를 부서의 총수라 할 때, q(q-1)/2의 값을 갖는다.)의 부서간의 관련 정도가 어느 정도가 되는가 하는 것을 2.2.2와 마

참가지로 관계 전문가로부터 설문지를 통해 '수, 수-우, 우, 우-미, 미, 미-양, 양, 양-가, 가'의 9 등급의 응답을 받아 퍼지연산을 통해 가중치를 결정하게 된다. 이 때, 각 등급에 대한 멤버십 함수는 2.2.2에서 채택한 것을 그대로 활용한다. 관련 전문가의 응답 결과가 모두 수집하게 되면, 부서간  $i$ 의 기준  $j$ 에 대한 가중치를  $RW_{ij}$ 는 다음과 같이  $p$ 명의 전문가들이 응답한 값들의 평균으로 계산할 수 있다.

$$RW_{ij} = \frac{1}{p} \times (RW_{ij1} + RW_{ij2} + \dots + RW_{ijp}), \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n, \quad (7)$$

여기서,  $RW_{ij}$ 는 부서간  $i$ 에 대해 기준  $j$ 를 만족하는 정도를 전문가  $k$ 가 응답한 값이다.

그런데, 여태까지 서술한 사항은 정성적 기준에 대해서만 적용하며, 만일 정량적 기준 즉, 흐름관련성에 대해서는 다음과 같은 방법으로 부서간 관련 가중치를 결정하게 된다.

정량적 기준으로 설정한 흐름관련성에 대한 가중치 결정을 위해 2.2에서 작성한 유입유출표를 활용하게 되는데, 2.2.3의 유입유출표 작성전의 사다리꼴 퍼지수로 표현된 FMC에 대해 정성적 기준과의 호환성을 유지하기 위해 무차원지수로 전환하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위해 다음 식을 이용하여 무차원지수로 전환시켜 정량적 기준에 대한 관련 가중치를 결정한다. 즉, 부서간  $i$ 에 대해 정량적 기준  $q$ 를 만족하는 관련 가중치는 부서간 흐름량이 큰 것이 큰 값을 갖도록 무차원지수로 변환되게  $RW_{iq}$ 를 다음과 같이 정의하였다.

$$RW_{iq} = (FMC_i^{-1} \times (FMC_1 + FMC_2 + \dots + FMC_m))^{-1}, \quad i=1, \dots, m. \quad (8)$$

이 때, FMC의 입력시에 동일 부서간의 흐름이 존재하는 경우에 합을 취하여 대입해야 한다.

2.3.2와 2.3.3에서 각각 기준 가중치 CW와 부서간 관련 가중치 RW가 결정되면, 부서간 관련정도(Relationship Degree : RD)는 다음 식을 이용하여 계산한다.

$$RD_i = \frac{1}{n} \times \sum_{j=1}^n (RW_{ij} \times CW_j), \quad i=1, \dots, m. \quad (9)$$

그런데, 각  $RW_{ij}$ 와  $CW_j$ 는 사다리꼴 퍼지수로 표현되어 있기 때문에 RD를 계산하기 위해 2.2.4에서와 마찬가지로 Zadeh의 확장 원칙에 의거하여 근사적인 퍼지수로 구해낼 수 있다. 또한, RD는 모두 0과 1 사이의 값의 사다리꼴 퍼지수로 표현되어 있기 때문에 관련치(Relationship Values)로의 전환을 위해서는 단일값의 변환이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위해 순위 결정법을 이용한다.

퍼지수의 크기 비교를 위한 순위 결정법에 관해서는 상당히 많은 연구가 진행되었다.(Jain 1977, Chen 1985, Kim & Park 1990 등) 그런데, Kim & Park의 방법의 특별한 경우 즉, 낙관적 추정치와 비관적 추정치에 동일 비중을 둔 것이 Chen의 방법이며, 또한 Jain의 방법은 낙관적 추정치만을 고려한 것으로 본 연구에서는 Chen의 순위 결정법을 이용하도록 한다.

Chen의 방법을 이용하여 부서간  $i$ 의 관련정도  $RD_i$ 에 대한 순위값(Ranking Value)  $U_i$ 를 다음과 같이 계산한다.

$$\text{만일 } RD_i = (Y_i, Q_i, R_i, Z_i) \text{라 하면}$$

$$U_i = \frac{1}{2} \times \left[ \frac{(Z_i - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min}) - (R_i - Z_i)} + 1 - \frac{(x_{\max} - Y_i)}{(x_{\max} - x_{\min}) + (Q_i - Y_i)} \right]$$

$$i=1, \dots, m, \quad (10)$$

여기서,  $x_{\max} = \text{Max}\{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$ ,  $x_{\min} = \text{Min}\{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\}$ 이다.

$U_i$ 의 계산이 끝나면 관련치 A, E, I, O, U의 할당은 적절한 할당 원칙에 의거 정하는 데 본 연구에서는 각각 15%, 20%, 30%, 20%, 15%씩 할

### 2.3.4 관련표의 작성



당을 하였으며, X의 결정은 여기서는 제외시켰으므로 따로이 해야 한다.

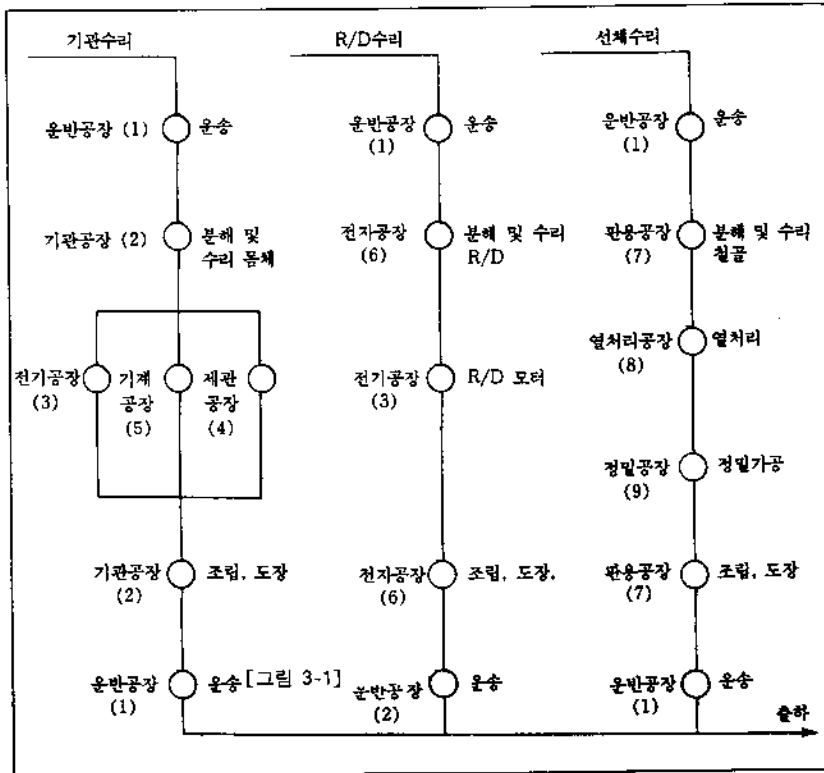
### 3. 사례 연구

전장에서 제시한 유입유출표 및 관련표의 작성을 실제적으로 살펴보기 위해 본 연구에서는 선박 수리 공장의 실례를 들었다. 다만 이 수리공장의 경우, 국방관련업체가 되어 구체적인 도면 및 수리 공정에 대해 생략하거나 축약을 시켜서 수행하였다. 이 공장은 9개의 소공장으로 분리되어 각 소공장에서 독립된 공정을 수행하고 있는데, 수리를 필요로 하는 선박의 경우 기관, R/D 및 선체 수리 등의 3가지 부위에 중점을 두어 유입유출표 및 관련표 작성을 하였다. <표 3-1>에는 기관, R/D 및 선체를 보다 세분화시켜서 연간 수리량에 대한 자

료를 보여 주고 있으며, [그림 3-1]에는 각 수리 부품에 대한 작업공정도를 나타내고 있다.

<표 3-1> 선박의 이상 부품에 대한 연간 수리 요구량.

구 분		연간 수리량
기 관	몸체	190
	케이블 및 센서	479
	모터	190
	폐기관 및 파이프	427
	Water클러	190
	기초 볼트	2,000
R/D	R/D	329
	R/D 모터	329
선 체	철골 구조	658
	Arm	58



[그림 3-1] 선박 수리에 대한 작업 공정도.

3.1 유입유출표의 작성 예

3.1.1 운반 영향요소 가중치(FW)의 결정

본 사례 연구에 채택한 운반 영향요소로는 크기, 중량, 형태, 위험도 및 상태의 5가지를 채택하였다. 운반영향 요소의 가중치를 결정하기 위해서 본 사례 연구에서는 해당 수리공장에 근무하는 직원 2인을 대상으로 설문지를 작성하였으며, 이에 대한 회수자료가 <표 3-2>에 나와 있다. 그리고, 2.2.1에서 정의한 각 등급에 대한 멤버십 함수와 식(1)을 활용하여 각 운반 영향요소에 대한 가중치(FW)를 계산한 결과가 <표 3-3>에 나와 있다.

<표 3-2> 운반 영향요소에 대한 중요도 평가에 대한 응답 결과.

운반 영향요소		전문가 1	전문가 2
크	기	수	수
중	량	수	우
형	태	미	양
위	험	우	미
상	태	미	양

<표 3-3> 운반 영향요소 가중치(FW).

운반 영향요소		FW,
크	기	(0.7, 1, 1, 1)
중	량	(0.6, 0.85, 0.85, 1)
형	태	(0.1, 0.4, 0.4, 0.65)
위	험	(0.35, 0.6, 0.6, 0.9)
상	태	(0.1, 0.4, 0.4, 0.65)

3.1.2 제품가중치(PW)의 결정

<표 3-1>에 나와있는 주요 선박 수리 부품으로 채택된 기관, R/D 및 선체를 세분화시킨 10가지 부품 각각에 대해 각 운반 영향요소에 대한 상대적인 만족도를 측정하여 제품 가중치를 결정하였다. 이를 위해 전 절에서 수행했던 방법과 동일하게 관련 전문가들에게 설문지를 작성 배포하였으며, 이에 대한 회수자료가 <표 3-4>에 나와 있다. 그리고, 2.2.2에서 정의한 각 등급에 대한 멤버십 함수와 식(2)를 활용하여 각 수리 부품의 각 운반 영향요소에 대한 가중치(PW)를 계산한 결과가 <표 3-5>에 나와 있다.

<표 3-4> 수리 부품의 운반 영향요소에 대한 만족도 평가에 한 응답 결과.

영향요소 수리부품	크 기	중 량	형 태	위험도	상 태
몸체	수 수	수 수	수 수-우	수-우 우	우 우-미
케이블 및 센서	미 미-양	미-양 미	우 우	우 우-미	미 미
모터	미 우-미	우 우-미	우 우-미	우 우-미	미 미-양
폐기관 및 파이프	우 미	미 미	우 우	우 우-미	미-양 미
Water클러	미 미	우 우-미	우-미 우-미	우-미 우-미	우 우
기초볼트	미-양 양	양-가 양	양 양-가	양 양	양 양-가
R/D	미 미-양	우-미 미	우 우-미	미 미	양 양
R/D 모터	미 우-미	수-우 우	우 우	우-미 우	미-양 미
철골 구조	우 우	수 수	수-우 우	수 우	수-우 우
Arm	양 양	미-양 양	양 양-가	미-양 양	양 양-가

〈표 3-5〉 수리 부품의 운반 영향요소에 대한 가중치(PW).

영향요소 수리부품	크 기	중 량	형 태	위 험 도	상 태
몸체	( 0.8 1 1 1)	( 0.8 0 1 1)	( 0.6 0.8 0.9 1)	( 0.7 0.9 1 1)	(0.45 0.65 0.8 1)
케이블밋센서	(0.15 0.35 0.5 0.7)	(0.15 0.35 0.5 0.7)	( 0.3 0.5 0.65 0.5)	( 0.6 0.8 0.8 1)	( 0.3 0.5 0.5 0.7)
모터	( 0.3 0.5 0.65 0.85)	(0.45 0.65 0.8 1)	(0.45 0.65 0.8 1)	(0.45 0.65 0.8 1)	(0.15 0.35 0.5 0.7)
폐기관밋파이프	(0.45 0.65 0.65 0.85)	( 0.3 0.5 0.5 0.7)	(0.45 0.65 0.8 1)	( 0.6 0.8 0.8 1)	(0.15 0.35 0.5 0.7)
Water쿨러	( 0.3 0.5 0.5 0.7)	(0.45 0.65 0.8 1)	( 0.3 0.5 0.8 1)	( 0.3 0.5 0.8 1)	( 0.6 0.8 0.8 1)
기초볼트	( 0 0.2 0.35 0.55)	( 0 0.1 0.2 0.4)	( 0 0.2 0.2 0.4)	( 0 0.1 0.2 0.4)	( 0 0.1 0.2 0.4)
R/D	(0.15 0.35 0.5 0.7)	( 0.3 0.5 0.65 0.85)	( 0.3 0.5 0.5 0.7)	(0.45 0.65 0.8 1)	( 0 0.2 0.2 0.4)
R/D 모터	( 0.3 0.5 0.65 0.85)	( 0.7 0.9 1 1)	(0.45 0.65 0.8 1)	( 0.6 0.8 0.8 1)	(0.15 0.35 0.5 0.7)
철골 구조	( 0.6 0.8 0.8 1)	( 0.8 1 1 1)	( 0.7 0.9 0.9 1)	( 0.6 0.8 0.9 1)	( 0.6 0.8 0.9 1)
Arm	( 0 0.2 0.2 0.4)	( 0 0.2 0.35 0.55)	( 0 0.2 0.35 0.55)	( 0 0.1 0.2 0.4)	( 0 0.1 0.2 0.4)

〈표 3-6〉 수리 부품의 퍼지 Mag Count(FMC) 계산.

부 품	MC	FMC(사다리꼴퍼지수)				FMC
몸체	1,500	(546	1,280	1,244	1,680)	1,162
케이블밋센서	20	(3.5	13.2	16.5	26.6)	15
모터	33	(8.4	22.1	28.0	46.3)	26
폐기관밋파이프	45	(13.1	34.7	37.4	64.0)	37
Water쿨러	36	(8.1	22.5	27.6	46.8)	26
기초볼트	5	(0	2.4	4	9.2)	4
R/D	18	(3.9	12.7	15.8	27.8)	15
R/D 모터	33	(10.4	25.4	30	40.3)	28
철골 구조	90	(30.4	67.9	69.8	100.8)	67
Arm	4	(0	2.3	3.5	7.9)	3

\*Note : MC는 Muther의 Mag Count임.

3.1.3 제품의 퍼지 Mag Count(FMC)의 계산

3.1.1과 3.1.2에서 각각 운반영향요소 가중치 FW와 제품 가중치 PW가 결정되면 제품(수리부품)의 퍼지 Mag Count(FMC)는 식 (3), (4) 및 (5)를 적용하여 산출할 수 있다. 〈표 3-6〉에는 〈표 3-5〉의 자료를 활용하여 계산한 각 수리부품의 퍼지 Mag Count를 나타내고 있다.

3.1.4 유입유출표의 작성

3.1.3에서 각 수리 부품에 대한 FMC가 계산되면, 〈표 3-1〉의 각 수리부품에 대한 연간 수리 요구량을 고려하여 유입유출표를 작성할 수 있다. 이때, 유입유출표에 기입되는 값들이 사다리꼴 퍼지수로 표현되기 때문에 본 사례 연구에서는 중앙값(Median)을 이용하여 단일값으로 전환하여 〈표 3-7〉과 같이 작성하였다.

〈표 3-7〉 FMC로 표현한 유입유출표.

FROM TO	운 반	기 관	전 기	계 관	기 계	전 자	관 용	열처리	정 밀
운 반		2208				50	442		
기 관	2208		122	209	78				
전 기		122				92			
계 관		209							
기 계		78							
전 자	50	92							
관 용	442							197	
열 처리									197
정 밀							197		

3.2 관련표의 작성 예

〈표 3-8〉 기준에 대한 중요도 평가에 대한 응답 결과.

3.2.1 비교 기준의 수립

본 사례 연구에서 고려하고 있는 9개의 소공장에 대한 관련성을 파악하기 위해 채택한 기준으로서는 흐름, 조직, 통제, 환경 및 공정관련성을 채택하였으며, 이 중 흐름관련성은 정량적 기준으로서 3.1에서 산출한 유입유출표의 자료를 기초로 제공되며, 그 외 4가지 관련성은 정성적 기준이 된다.

기 준	전문가1	전문가2
흐름 관련성	수	수
조직 관련성	양	미
환경 관련성	우	미
통제 관련성	미	미
공정 관련성	미	우

3.2.2 기준 가중치(CW)의 결정

전 절에서 선정된 5가지 각 기준에 대해 3.1.1에서 수행한 방법과 유사하게 퍼지이론을 적용하여 기준 가중치를 결정한다. 즉, 관련 전문가에게 설문지를 작성 배포하였으며, 이에 대한 회수 자료가 〈표 3-8〉에 나와 있다. 그리고, 2.1.1에서 정의한 각 등급에 대한 멤버십 함수와 식 (6)을 활용하여 각 기준에 대한 가중치(CW)를 계산한 결과가 〈표 3-9〉에 나와 있다.

〈표 3-9〉 기준 가중치(CW).

기 준	CW,
흐름 관련성	(0.7, 1, 1, 1)
조직 관련성	(0.1, 0.4, 0.4, 0.65)
환경 관련성	(0.35, 0.65, 0.65, 0.9)
통제 관련성	(0.2, 0.5, 0.5, 0.8)
공정 관련성	(0.35, 0.65, 0.65, 0.9)

3.2.3 부서간의 관련 가중치(RW)의 결정

3.2.1에서 선정된 기준들 중 흐름 관련성을 제외한 나머지 기준들에 대해서는 다음과 같은 방법으로

로 적용하여 부서간의 관련 가중치를 결정하였다. 즉, 4가지 기준 각각에 대해 9개의 소공장간의 총 36개의 관련성을 측정하여 부서간의 관련 가중치를 결정한다. 이 때, 가중치를 결정하는 방법은 3.1.2에서 수행한 방법과 유사하게 퍼지이론을 적용하게 된다. 즉, 3.2.2에서와 마찬가지로 2명의 전

<표 3-10> 기준에 대한 부서간의 관련성에 대한 응답 결과.

기준 부서간	조직 관련성	통계 관련성	환경 관련성	공정 관련성	기준 부서간	조직 관련성	통계 관련성	환경 관련성	공정 관련성
운반-기관	수*	수	수	수	전기-관용	가	가	가	양-가
	수-우**	우	수	수-우		양	양-가	양	양
전기	우	우-미	수-우	수	열처리	가	가	가	양-가
	수-우	미	우	수-우		양-가	양-가	가	양-가
제관	우	우	수-우	수-우	정밀	양-가	양-가	양	양
	우-미	수-우	수-우	우		가	양-가	가	가
기계	미-양	미	우	우	제관-기계	양	양-가	미	양
	미	미-양	수-우	미		미	양	우-미	양-가
전자	미	양	우	수	전자	가	가	가	가
	우	양	우	수-우		양-가	양-가	양-가	양
관용	미	우	수-우	미-양	관용	수	수	수	수
	우-미	수	우-미	양		수	수-우	수	미-양
열처리	양-가	미-양	우-미	양	열처리	양	미-양	미	미-양
	양	양-가	미	양-가		미	미	우-미	양-가
정밀	양-가	양-가	양	양-가	정밀	양-가	양-가	양	양-가
	양	가	미	가		양	가	우-미	양
기관-전기	수	수-우	수	수-우	기계-전자	가	가	가	양-가
	수-우	우	수-우	우		미	양-가	양-가	기
제관	수-우	수-우	수	우	관용	양	양-가	우-미	미-양
	수	수-우	수	우		미-양	미-양	수-우	가
기계	가	우-미	수-우	우	열처리	양	양	수-우	미
	양-가	수	수	우-미		양-가	미-양	수	우-미
전자	가	가	가	가	정밀	수-우	수-우	수	수-우
	양-가	양-가	양	양-가		수	양-가	수	우
관용	가	우	미	양	전자-관용	가	가	가	가
	양	미	우-미	미-양		양-가	양	양-가	양
열처리	가	미	미	미-양	열처리	가	가	가	가
	가	미-양	미-양	미-양		양	양	양	양
정밀	양	미	미	우	정밀	가	양-가	미-양	양-가
	양	수-우	우	우-미		양-가	가	우-미	가
전기-제관	가	양	가	양-가	관용-열처리	수-우	수-우	우-미	수-우
	양-가	양-가	양-가	가		우	양	우	미
기계	가	양-가	양-가	양	정밀	우	양	미	양
	가	가	미	미-양		우-미	미	양	양-가
전자	수-우	수-우	수	수	열처리-정밀	수-우	양	양-가	수-우
	수	우	우	수		수-우	미-양	가	우-미

\* : 전문가 1

\*\* : 전문가 2

〈표 3-11〉 부서간 정성적 관련 기증치(CW).

기준 부서간	조직 관련성	동계 관련성	환경 관련성	긍정 관련성
운반-기관	( 0.7 0.9 1 1)	( 0.7 0.9 0.9 1)	( 0.8 1 1 1)	( 0.7 0.9 1 1)
전기	( 0.6 0.8 0.9 1)	( 0.3 0.5 0.65 0.85)	( 0.6 0.8 0.9 1)	( 0.7 0.9 1 1)
계관	(0.45 0.65 0.8 1)	( 0.5 0.8 0.9 1)	( 0.6 0.8 1 1)	( 0.6 0.8 0.9 1)
기계	(0.15 0.35 0.5 0.7)	(0.15 0.35 0.5 0.7)	( 0.6 0.8 0.9 1)	(0.45 0.65 0.65 0.85)
전자	(0.45 0.65 0.65 0.85)	( 0 0.2 0.2 0.4)	( 0.6 0.8 0.8 1)	( 0.7 0.9 1 1)
관용	( 0.3 0.5 0.65 0.85)	( 0.7 0.9 0.9 1)	(0.45 0.65 0.9 1)	( 0 0.2 0.35 0.55)
열처리	( 0 0.1 0.2 0.4)	( 0 0.1 0.35 0.55)	( 0.3 0.5 0.65 0.85)	( 0 0.1 0.2 0.4)
정밀	( 0 0.1 0.2 0.4)	( 0 0 0.1 0.3)	(0.15 0.35 0.35 0.55)	( 0 0 0.1 0.3)
기관-전기	( 0.7 0.9 1 1)	( 0.6 0.8 0.9 1)	( 0.7 0.9 1 1)	( 0.6 0.8 0.9 1)
계관	( 0.7 0.9 1 1)	( 0.6 0.8 1 1)	( 0.8 1 1 1)	( 0.6 0.8 0.8 1)
기계	( 0 0 0.1 0.3)	(0.55 0.75 0.9 1)	( 0.7 0.9 1 1)	(0.45 0.65 0.8 1)
전자	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0.1 0.1 0.3)	( 0 0 0.1 0.3)
관용	( 0 0.1 0.1 0.3)	(0.45 0.65 0.65 0.85)	( 0.3 0.5 0.65 0.85)	( 0 0.2 0.35 0.55)
열처리	( 0 0 0 0.1)	(0.15 0.35 0.5 0.7)	(0.15 0.35 0.5 0.7)	( 0 0.2 0.5 0.7)
정밀	( 0 0.2 0.2 0.4)	(0.45 0.65 0.75 0.85)	(0.45 0.65 0.65 0.85)	(0.45 0.65 0.8 1)
전기-계관	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0.1 0.2 0.4)	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0 0.1 0.3)
기계	( 0 0 0 0.2)	( 0 0 0.1 0.3)	(0.15 0.25 0.35 0.55)	( 0 0.2 0.35 0.55)
전자	( 0.7 0.9 1 1)	( 0.6 0.8 0.9 1)	( 0.7 0.9 0.9 1)	( 0.8 1 1 1)
관용	( 0 0.1 0.1 0.3)	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0.1 0.1 0.3)	( 0 0.1 0.2 0.4)
열처리	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0 0 0.2)	( 0 0 0.2 0.4)
정밀	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0 0.2 0.4)	( 0 0.1 0.1 0.3)	( 0 0.1 0.1 0.3)
계관-기계	(0.15 0.35 0.35 0.55)	( 0 0.1 0.2 0.4)	( 0.3 0.5 0.65 0.85)	( 0 0.1 0.2 0.4)
전자	( 0 0 0.1 0.30)	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0.1 0.1 0.3)
관용	( 0.8 1 1 1)	( 0.7 0.9 1 1)	( 0.8 1 1 1)	( 0.4 0.6 0.75 0.85)
열처리	(0.15 0.35 0.35 0.55)	(0.15 0.35 0.5 0.7)	( 0.3 0.5 0.65 0.85)	( 0 0.1 0.35 0.55)
정밀	( 0 0.1 0.2 0.4)	( 0 0 0.1 0.3)	(0.15 0.35 0.5 0.7)	( 0 0.1 0.2 0.4)
기계-전자	(0.15 0.25 0.25 0.45)	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0.1 0.2 0.4)
관용	( 0 0.2 0.35 0.55)	( 0 0.1 0.35 0.55)	(0.45 0.65 0.9 1)	( 0 0.1 0.25 0.45)
열처리	( 0 0.1 0.2 0.4)	( 0 0.2 0.35 0.55)	( 0.7 0.9 1 1)	( 0.3 0.5 0.65 0.85)
정밀	( 0.7 0.9 1 1)	( 0.3 0.4 0.6 0.7)	( 0.8 1 1 1)	( 0.6 0.8 0.9 1)
전자-관용	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0.1 0.1 0.3)	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0.1 0.1 0.3)
열처리	( 0 0.1 0.1 0.3)	( 0 0.1 0.1 0.3)	( 0 0.1 0.1 0.3)	( 0 0.1 0.1 0.3)
정밀	( 0 0 0.1 0.3)	( 0 0 0.1 0.3)	(0.15 0.35 0.65 0.85)	( 0 0 0.1 0.3)
관용-열처리	( 0.6 0.8 0.9 1)	( 0.6 0.8 0.9 1)	(0.45 0.65 0.8 1)	(0.45 0.65 0.75 0.85)
정밀	(0.45 0.65 0.8 1)	(0.15 0.35 0.35 0.55)	(0.15 0.35 0.35 0.55)	( 0 0.1 0.2 0.4)
열처리-정밀	( 0.6 0.8 1 1)	( 0 0.2 0.35 0.55)	( 0 0 0.1 0.3)	(0.45 0.65 0.9 1)

<표 3-12> 부서간 정량적 관련 가중치(CW).

부서간	기준			
	흐름 관련성			
운반-기관	(0.2651	0.7982	0.8986	1.0000)
전기	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
제관	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
기계	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
전자	(0.0019	0.0086	0.0114	0.0446)
판용	(0.0147	0.0459	0.0504	0.1616)
열처리	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
정밀	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
기관-전기	(0.0058	0.0239	0.0321	0.1168)
제관	(0.0103	0.0386	0.0469	0.1775)
기계	(0.0000	0.0016	0.0029	0.0147)
전자	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
판용	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
열처리	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
정밀	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
전기-제관	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
기계	(0.0050	0.0000	0.0000	0.0000)
전자	(0.0000	0.0172	0.0217	0.0742)
판용	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
열처리	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
정밀	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
제관-기계	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
전자	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
판용	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
열처리	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
정밀	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
기계-전자	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
판용	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
열처리	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
정밀	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
전자-판용	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
열처리	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
정밀	(0.0000	0.0000	0.0000	0.0000)
판용-열처리	(0.0000	0.0008	0.0013	0.0063)
정밀	(0.0000	0.0008	0.0013	0.0063)
열처리-정밀	(0.0000	0.0008	0.0013	0.0063)

〈표 3-13〉 부서간 관련정도(RD) 및 순위값(U).

부서간	RD <sub>i</sub>				U <sub>i</sub>
운반-기관	(0.9206	2.8432	3.2500	4.2500)	0.6201
전기	(0.5750	1.6750	1.9200	3.1300)	0.4432
제관	(0.5850	1.7000	2.0050	3.2500)	0.4542
기계	(0.4125	1.2575	1.4575	2.6800)	0.3683
전자	(0.5013	1.4736	1.5414	2.7171)	0.3915
판용	(0.3378	1.2484	1.5729	2.9091)	0.3813
열처리	(0.1050	0.4800	0.8075	1.8250)	0.2251
정밀	(0.0525	0.2675	0.4225	1.2650)	0.1542
기관-전기	(0.6490	1.8889	2.1171	3.3668)	0.4781
제관	(0.6872	1.9686	2.1169	3.4275)	0.4861
기계	(0.5125	1.3841	1.6629	2.8079)	0.3954
전자	(0.0000	0.0650	0.2200	0.9750)	0.1049
판용	(0.1950	0.8200	2.0150	2.1350)	0.2829
열처리	(0.0825	0.5325	0.9000	1.8850)	0.2367
정밀	(0.4050	1.2500	1.3975	2.6050)	0.3613
전기-제관	(0.0000	0.0500	0.2700	1.0550)	0.1106
기계	(0.0525	0.2925	0.5050	1.3600)	0.1658
전자	(0.7185	2.0122	2.1067	3.3242)	0.4855
판용	(0.0000	0.1700	0.2850	1.0650)	0.1251
열처리	(0.0000	0.0000	0.2200	0.9750)	0.0974
정밀	(0.0000	0.1300	0.2700	1.0550)	0.1196
제관-기계	(0.1200	0.5800	0.7925	1.8025)	0.2329
전자	(0.0000	0.0650	0.2200	0.9750)	0.1049
판용	(0.6400	1.8900	2.0375	3.1150)	0.4642
열처리	(0.1500	0.7050	1.0400	2.1775)	0.2754
정밀	(0.0525	0.3325	0.5850	1.4900)	0.1812
기계-전자	(0.0150	0.1650	0.3450	1.1625)	0.1335
판용	(0.1575	0.6175	1.0625	2.1025)	0.2643
열처리	(0.3500	1.0500	1.3275	2.3650)	0.3297
정밀	(0.6200	1.7300	1.9350	3.0100)	0.4440
전자-판용	(0.0000	0.1150	0.2200	0.9750)	0.1106
열처리	(0.0000	0.2200	0.2200	0.9750)	0.1220
정밀	(0.0525	0.2275	0.5775	1.4700)	0.1686
판용-열처리	(0.4950	1.5658	1.8188	3.1213)	0.4282
정밀	(0.1275	0.7283	0.8538	1.9513)	0.2576
열처리-정밀	(0.2175	0.8433	1.2263	2.2663)	0.3007



문가들에게 설문지를 작성 배포하였으며, 이에 대한 회수 자료가 <표 3-10>에 나와 있다. 또한, <표 3-11>에는 2.2.2에서 정의한 각 등급에 대한 멤버십 함수와 식 (7)을 활용하여 각 기준에 대해 부서간 관련 가중치 (RW)를 계산한 결과가 나와 있다. 그리고, 정량적 기준으로 선정한 흐름관련성에 대한 가중치 결정을 위해서 3.1.4에서 작성된 유입유출표인 <표 3-7>의 직전의 자료를 식 (8)에 적용하여 <표 3-12>와 같이 흐름 관련성에 대한 부서간 관련 가중치를 계산할 수 있다.

3.2.4 관련표의 작성

3.2.2와 3.2.3에서 각각 기준 가중치 CW와 부

서간 관련 가중치 RW가 결정되면 부서간 관련정도 RD는 식 (4), (5) 및 (9)를 활용하여 계산할 수 있으며, 그리고, 이 때의 값은 사다리꼴 퍼지수로 표현되어 있기 때문에 Chen의 순위 결정법인 식 (9)를 활용하여 단일값으로 전환시킬 수 있으며, 그 결과인 순위값 (U<sub>i</sub>) 또한 <표 3-13>에 나와 있다. 그리고, 관련표 작성을 위해 A, E, I, O, U, X의 할당을 해야 하는데, 본 사례 연구에서는 각각 15%, 20%, 30%, 20%, 15%씩 할당을 하여 각각 5, 7, 12, 7, 5개가 결정되었으며, X의 할당은 없었다. <표 3-14>에는 완성된 관련표를 보여주고 있다.

<표 3-14> 관련 표.

	운 반	가 관	전 기	계 관	기 계	전 자	관 용	열처리	정 밀
운 반		A	E	E	I	E	E	I	O
가 관			A	A	E	U	I	I	I
전 기				U	O	A	O	U	O
계 관					I	U	A	I	I
기 계						O	I	I	E
전 자							U	O	O
관 용								E	I
열 처리									I
정 밀									

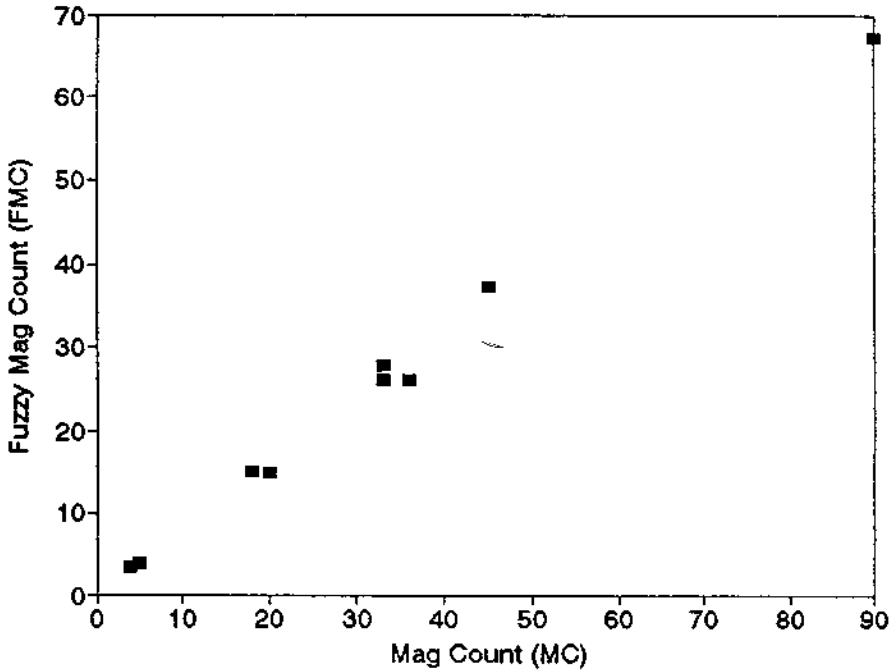
4. 결 론

지금까지 시스템의 효율성을 높일 수 있는 바람직한 시설배치계획을 수립하기 위해 보다 객관적이고 사용이 편리한 유입유출표와 관련표의 작성 절차 및 선택 수리 공장을 실례로 들어 이의 적용을 설명했다. 또한, 시설내 부서간에 이동되는 각 품목들의 운반상의 난이도를 고려한 운반 단위 설정을 위해 퍼지 이론을 활용하여 새로이 퍼지 Mag Count를 제시하였다. [그림 4-1]에서는 본 사례

연구에서 채택한 9개의 수리 부품에 대해 Muther의 Mag Count와 본 연구의 퍼지 Mag Count값의 관계(FMC=0.77MC+0.25, 상관관계=0.99)를 보여주고 있다. 이 관계에 따라 FMC의 크기를 추정할 수 있게 되어, 1 FMC의 구상적 크기를 파악할 수 있게 되었다. 따라서, Mag Count를 활용시 발생하는 일정 가중치 활용 및 선정과정의 어려움 등의 난점을 해결할 수 있게 되고 FMC의 크기에 대한 추정이 가능하게 되어 비교적 손쉽게 유입유

출표와 관련표를 작성할 수 있게 됨으로써 시스템의 효율성을 기대할 수 있고, 자재 취급 및 운반 비용을 절감할 수 있으며 또한 유입유출표 작성을 위해 분석 과정 중에 현 운송 방법의 문제점 파악 및 대책도 마련할 수 있으며, 관련표 작성 중에 관련되는 모든 부서간의 활동 관련성을 정확하게 분석함으로써 부서간의 문제점 파악 및 해결책을 피

할 수 있게 되어 부서간의 원활한 업무 수행도 기대할 수 있을 것이다. 끝으로, 시설배치에 관한 많은 연구 기법이나 컴퓨터 프로그램이 개발되어 있으나 입력 자료 즉 유입유출표와 관련표의 작성의 어려움 때문에 많이 활용되지 못했으나, 본 연구 방법을 통해 이 분야의 연구 및 활용에 어느 정도의 도움이 될 것으로 기대된다.



(그림 4-1) MC(Mag Count)와 FMC(Fuzzy Mag Count)와의 관계.

## 참 고 문 헌

- [1] J.M. Armour and E.C. Buffa, "A heuristic algorithm and simulation approach to the relative allocation of facilities," *Management Science* 9 (1963), 294-309.
- [2] G.C. Armour, E.S. Buffa and T.E. Vollman, "Allocating facilities with CRAFT," *Harvard Business Review*, 42 (1964) 136-158.
- [3] J.M. Apple, *Plant Layout and Material Handling*, Wiley, 1977.
- [4] S.C. Chen, "Ranking Fuzzy Numbers with Maximizing Set and Minimizing Set," *Fuzzy Sets and Systems* 17 (1985) 113-129.
- [5] M.P. Deisenroth and J.M. Apple, "A com-

- puterized plant layout analysis and evaluation technique (PLANET)," Technical Papers, American Institute of Industrial Engineers, Norcross, Ga., 1972.
- [6] J.W. Giffin, L.R. Foulds and D.C. Cameron, "Drawing a block plan from a REL chart with graph theory and a micro computer," Computers & Industrial Engineering 10 (1986) 109-116.
- [7] J. Grobelny, "The fuzzy approach to facilities layout problems," Fuzzy Sets and Systems 23 (1987) 175-190.
- [8] S.S. Heragu and A. Kusiak, "Machine layout: an optimization and knowledge-based approach," International Journal of Production Research 28 (1990) 615-635.
- [9] J.R. Immer, Layout Planning Techniques, McGraw-Hill, New York, 1950.
- [10] R. Jain, "A procedure for multiple-aspect decision making using fuzzy sets," International Journal of Systems Science 8 (1977) 1-7.
- [11] K. Kim and K.S. Park, "Ranking fuzzy numbers with index of optimizm," Fuzzy Sets and Systems 35 (1990) 143-150.
- [12] R.C. Lee, J.M. Moore, "CORELAP-computerized relationship layout planning," Journal of Industrial Engineering 18 (1967) 194-200.
- [13] G. Liang and M. Wang, "A fuzzy multi-criteria decision-making method for facility site selection," International Journal of Production Research 29 (1991) 2313-2330.
- [14] R. Muther, Systematic Layout Planning, Cahners Books, Boston, 1973.
- [15] G. Nadler, "What Systems really are," Modern Materials Handling 2 (1965) 41-47.
- [16] A.D. Raoot and A. Rakshit, "A 'fuzzy' approach to facilities lay-out planning," International Journal of Production Research 29 (1991) 835-857.
- [17] R. Reed, Jr., Plant Layout: Factors, Principles and Techniques, Richard D. Irwin, Homwood, Ill, 1961.
- [18] M.J. Rosenblatt, "The facilities layout problem: a multi-goal problem approach," International Journal of Production Research 17 (1979) 323-332.
- [19] J.M. Seehof and W.O. Evans, "Automated Layout Design Program," Journal of Industrial Engineering 18 (1967) 690-695.
- [20] J.A. Tompkins and J.M. Moore, Computer Aided Layout: A User's Guide, American Institute of Industrial Engineers, Norcross, Ga., 1977.
- [21] L.A. Zadeh, "Fuzzy sets," Information and Control 8 (1965) 338-353.

## 저 자 소 개



저자 고창성은 현재 경성대학교 산업공학과 조교수로 재직중이다. 서울대학교 산업공학과에서 학사, 한국과학기술원 산업공학과에서 석사, 박사 학위를 취득하였다. 주요 관심 분야는 물류 관리, 퍼지 이론의 응용 등이다.



저자 김홍배는 현재 경성대학교 산업공학과 부교수로 재직중이다. 서울대학교 산업공학과에서 학사, 한국과학기술원 산업공학과에서 석사 학위를 취득하였다. 주요 관심 분야는 재고 관리, 물류 관리 등이다.