

성과 정보 통합 방법의 개발

박창규*

Developing a Performance Information Integration Method (PIIM)

Changkyu Park

〈Abstract〉

Several performance measurement systems have been proposed and are currently being used in many organizations. However, no performance measurement system has presented a mechanism for integrating all of the information of performance measures in a way that considers the relationships between them. This paper proposes the performance information integration method (PIIM) which synthesizes all useful information of performance measures with consideration of the relationships and generates a single, global, organizational performance score. The PIIM showed good performance in the implementation in one long-term care facility. This paper provides performance measurement systems with an integration mechanism for multiple performance measures.

1. 서 론

조직성과(Organizational Performance)의 지속적인 측정 및 꾸준한 향상은 대부분의 관리자가 갖는 주요 관심사 중의 하나이다. 그리고 좋은 성과측정시스템(Performance Measurement System)의 개발 및 채택은 관리자의 중요한 직무이다. 이러한 요구에 부응하여 성과측정시스템의 개념정립 및 개발 절차에 관한 연구가 많이 수행 되었고, 사실상 다양한 시스템이 개발되었다. 오래 전부터 이런 시스템은 대부분의 조직체에서 주요 토픽이었고, 최근 들어 더 많은 조직체가 이런 시스템을 채택하기 시작하였다.

이러한 많은 노력과 시행에도 불구하고, 기존의 성과측정시스템에는 여전히 결점이 존재하고 있다. 첫째로, 모든 조직원과 부서가 효율적으로 운영되면 조직체의 전체적인 성공이 극대화된다고 일반적으로 받아 들여지고 있다[17]. 따라서 많은 조직체에서 다양한 지엽적인 성과척도(Performance Measure)

를 사용하여 전체적인 조직성과를 측정하고 있다. 이러한 지엽적인 성과척도에는 생산량과 표준치의 비교에 의한 기계공의 능력평가, 부서의 효율성 측정에 의한 감독자의 능력평가, 공장의 이용률 측정에 의한 공장 관리자의 능력평가 등이 있다. 사실, 이러한 지엽적인 성과척도는 조직체에서 오직 부분적인 면밖에 평가할 수 없음에도 불구하고, 조직구조상의 복잡성 때문에 많은 조직체가 전체적인 조직성과를 측정하는 데 지엽적인 성과척도를 사용하고 있다. 따라서 이렇게 측정된 결과에 대하여서는 회의적이다. 그 이유는 전체적인 조직성과의 극대화는 지엽적인 조직성과를 독립적으로 극대화함으로써 달성할 수 없기 때문이다.

둘째로, 많은 조직체가 비통합적이고 조직화 되지 않은 무수히 많은 성과정보에 의하여 좋지 않은 경험을 갖고 있다. 예로서, 대부분의 경영정보시스템(Management Information System)이 매달 수많은 성과척도의 자료를 쏟아 내고 있지만 불행하게도 이러한 자료는 거의 유용성이 없다[43]. 오히려 관리

* 한국과학재단 울산대학교 지역협력연구센터

자는 많은 자료를 해석하는 데 종종 어려움을 겪고 있다. 최악의 경우, 문헌[31]이 지적하였듯이, 자료의 과부하에 허덕이는 관리자는 쉽게 혼돈 속에 빠지거나, 단순히 비통합적이고 조직화 되지 않은 자료를 무시해 버린다.

마지막으로, 어떠한 성과측정시스템도 성과정보간의 관계를 고려하면서 중요한 성과정보를 통합하는 메커니즘을 제시하지 못하였다. 다수의 성과척도를 사용하여 조직성표를 측정 및 향상시키려 할 때, 성과척도간의 상관관계를 무시할 수 없음을 명백하다. 만일 이 상관관계를 고려하지 않고 조직성표를 향상시키려는 노력을 하면 기껏해야 하위 극대화의 성과 밖에 얻을 수 없다[34]. 이러한 이유는 한 분야에서의 변화가 다른 분야에 영향을 주는 복잡한 조직상황을 고려하지 않기 때문이다.

오늘날 경제상황은 급속하게 변화하며 복잡성을 더해가고 있다. 이러한 상황에 적응하기 위하여서는 적절한 성과측정시스템의 개발이 필수적이다. 본 논문에서는 조직체를 다방면의 관점에서 조명하여야 함을 인식한다. 따라서 조직성표를 정확히 측정하고 향상시키려면 분석적이고 체계적인 정교한 접근방법이 필요하다. 현재 거의 모든 조직체에는 필요한 자료가 충분히 축적되어 있는 상태이다. 문제는 어떻게 풍부한 자료로부터 어떻게 유용한 정보를 뽑아낼 것인가 하는 것이다. 다시 말하면, 모든 유용한 정보를 통합하는 방법론이 필요한 것이다[29,42].

본 논문은 성과척도간의 상관관계를 고려하면서 성과척도의 유용한 정보를 통합하는 메커니즘인 성과정보통합방법(PIIM: Performance Information Integration Method)을 개발하여 실험적으로 그 성능을 입증하기 위하여 장기환자 치료시설에 적용되었다. 우선, 본 논문의 다음 장에서는 성과측정시스템의 개념과 기존 시스템에 대한 문헌조사 결과를 제시한다. 제3장은 PIIM의 개념적 구조와 절차를 설명하고, 제4장은 PIIM의 적용결과와 특성에 대한 분석을 제시한다. 마지막으로, 제5장에서는 본 논문의 기여도와 향후 연구과제를 정리하면서 끝 맺는다.

2. 성과측정시스템

2.1 개념

성과(Performance)는 무엇이 얼마나 잘 수행 되는가를 나타내는 것이다. 같은 맥락에서 조직성과는 조직체의 결과에 영

향을 주는 중요한 기능을 조직체가 수행하는 정도로 정의할 수 있다[1]. 다시 말하면, 조직성과는 조직체가 그 목적을 얼마나 잘 성취하는가를 나타낸다.

성과측정(Performance Measurement)은 명확한 단증장기적인 목표하에 성과를 평가하고 그 성과를 향상시키려는 의도로 관리자에게 결과를 보고하는 과정이다[8,16,29,37]. 이러한 성과측정은 조직체가 어디에 있고, 어디로 향하여 가고 있는가 하는 정보를 제공한다. 따라서 성과측정은 조직체를 설정된 목표로 향하여 꾸준히 진보할 수 있도록 유도할 수 있을 뿐만 아니라 부족한 면이나 침체상태를 지적할 수 가 있다. 이러한 목적을 이루기 위하여서는 타당한 목표하에 올바른 것들을 측정하는 것이 무엇보다 중요하다.

성과척도는 조직체가 그 목표를 얼마나 잘 성취하는 지. 정량화 하는 데 사용되는 잣대이다. 성과척도는 특정한 규율에 따라서 기호를 속성에게 부여한다. 기호는 단순히 숫자, 문자, 또는 심벌을 의미하고, 규율은 속성과 스케일을 일치시키는 일관성 있고 논리적이며 타당한 절차를 뜻한다. 따라서 성과척도는 측정자료의 원천, 즉 실제로 측정되어 지는 것이다[29,37,39]. 조직체가 어떻게 운영되어 지는 지, 전체적인 그림을 보기 위하여 관리자가 의존할 수 있는 하나의 마술적인 성과척도는 존재하지 않는다. 조직구조상 각기 다른 위치에 있는 관리자들에게 균형 있는 성과정보를 제공하기 위해서는 성과척도들의 집합이 요구된다[21,22,34].

마지막으로, 성과측정시스템은 성과척도를 이용하여 단순히 자료를 수집하는 시스템이 아니다. 이 시스템은 무엇이 일어났는가를 단순히 기록하는 것 이상의 역할을 한다. 문헌[43]에 의하면 성과측정시스템은 조직체의 중요한 입력, 출력, 공정변수들을 통합 및 강조하는 경영도구이다. 이 시스템은 모든 것을 측정하려 하지 않고 조직체에서 중요한 요소만을 측정한다. 따라서 성과측정시스템의 결과는 의사결정을 형성시키고 조직활동을 지시함으로써, 조직체의 미래에 영향을 준다.

2.2 기존의 성과측정시스템

다양한 성과측정시스템이 제안되었고 현재 많은 조직체에서 이들 시스템을 사용하고 있다. 이들 시스템을 통합 메커니즘의 유무에 따라서 크게 둘로 분류할 수 있다. 우선, 통합 메커니즘을 갖추지 못한 시스템으로는 Strategic Measurement Analysis and Reporting Technique (SMART)[9], Strategic Measurement System[43], Performance Measurement Model

[47], Business Performance Model[13], Performance Measurement Matrix[23], Balanced Scorecard[22] 등이 있다.

SMART[9], Strategic Measurement System[43], Performance Measurement Model[47]은 성과측정시스템을 개발하는 전형적인 절차를 제시하였으나, 이들은 시스템개발의 초기단계에 머물고 있다. Business Performance Model[13]은 성과척도간의 관계를 고려할 것을 제안하였으나, 구체적인 구현방법은 제시하지 못하였다. 잘 알려진 Balanced Scorecard[22] (Performance Measurement Matrix[23] 포함)는 성과정보를 조직화하는 한 방법을 제시하였으나, 모든 성과정보를 통합하여 총점수를 제공하는 방법은 제시하지 못하였다. Balanced Scorecard [22]는 단순히 성과척도들을 조직화된 방식으로 보여 주는 점수판에 불과하다.

다음으로, 통합 메커니즘을 겸비한 시스템으로는 Analytic Hierarchical Performance Model[26], Multicriteria Performance/Productivity Measurement Technique (MCP/PMT)[39], Objectives Matrix[36], Performance Matrix[46], Performance Objective Matrix[10], Overall System Performance Measurement[35], Productivity Measurement and Enhancement System (ProMES) [33], Total Organizational Performance System[30] 등이 있다. 여기서 Objectives Matrix[36], Performance Matrix[46], Performance Objective Matrix[10], Overall System Performance Measurement[35]는 MCP/PMT[39]의 변형이고, Total Organizational Performance System[30]은 ProMES[33]의 변형이다.

Analytic Hierarchical Performance Model[26]은 성과척도의 상대적인 중요도를 결정하기 위하여 Analytic Hierarchical Process (AHP)[38]를 이용하였다. 그러나 AHP와 같이, 이 모델은 성과척도간의 독립성에 근거하고 있다. MCP/PMT[39]와

ProMES[33]는 모든 성과정보를 통합하여 총점수를 제공하는 방법을 제시하였으나, 성과척도간의 관계는 고려하지 못하였다. 모든 성과정보를 통합하는 과정에서 MCP/PMT[39]는 주관적인 상대가중치를 사용하였고, ProMES[33]는 균일가중치를 사용하였다.

3. PIIM

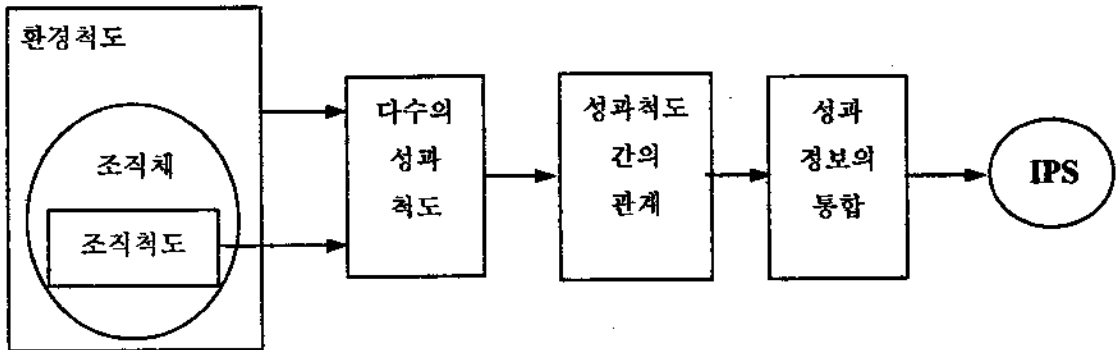
3.1 개념적 구조

본 논문에서 개발한 PIIM의 개념적 구조를 <그림 1>에 보여준다. PIIM은 다수의 성과척도를 사용하여 조직성과를 측정하고 성과척도간의 관계를 조사하여 그 관계를 고려하면서 성과정보를 하나의 전체적인 통합 조직성과 점수(즉, IPS: Integrated Performance Score)로 통합한다.

비록, 기본개념은 간단하고 쉬워보이나, 여기에는 두 가지의 어려운 과제가 있다.

- (1) 성과척도간의 관계를 어떻게 결정할 것인가?
- (2) 이 관계를 고려한 통합 메커니즘을 어떻게 개발할 것인가?

첫번째 과제는 성과척도의 본질에 근거하고 있다. 대부분의 조직성과척도는 인간과 연관되어 있으므로 정확한 수학적인 관계를 유도한다는 것은 사실상 불가능하다. 따라서 PIIM은 과거 자료와 관리자의 경험을 통하여 성과척도간의 관계를 유도할 수 있는 그룹의사결정방법인 Nominal Group Technique (NGT)[11]을 활용하여 첫 과제를 해결한다.



<그림 1> PIIM의 개념적 구조

두번째 과정은 IPS와 성과척도간의 함수 관계를 규명하는 것이다. 이 과정은 다음과 같이 기술할 수 있다. 성과 보고서의 각 기간마다 n 개의 값 C_1, C_2, \dots, C_n 이 있다고 하자. 여기서 C_i 는 i 번째 성과척도의 성과기여도이다 (성과기여도는 3.2절에서 자세히 다룬다). 그러면, IPS는 다음과 같이 묘사된다.

$$IPS = f(C_1, C_2, \dots, C_n) \quad (1)$$

여기서 f 는 스칼라 값을 갖는 함수이다.

이 함수의 형태로는 Multiplicative, Multilinear, Additive 등과 같은 표현이 가능하다. 일반적으로 Additive 형태가 다른 복잡한 형태에 대하여 좋은 근사치를 보이면서 사용 및 이해가 수월하여 많이 쓰이고 있다[20]. 이 형태를 사용한 방법은 Additive Weighting Method로 알려져 있으며, 이 Additive Weighting Method를 이용하면 IPS는 다음과 같이 계산된다.

$$IPS = \sum_{i=1}^n w_i C_i \quad (2)$$

여기서 w_i 는 스케일링 상수이며 i 번째 성과척도의 가중치이다. 이제 두번째 과정은 성과기여도 C_i 을 유도하고 가중치 w_i 를 결정하는 문제가 된다.

PIIM은 이 문제를 풀기 위하여 단계적인 기술적 절차를 제시한다. 성과기여도를 유도하고 성과척도간의 인과관계(Causal Relationship)를 결정하는 과정에서 포함되는 인간의 주관적인 판단을 최소화하기 위하여 NGT와 퍼지개념을 활용하고, 가중치를 계산하는 과정에서 성과척도간의 인과관계를 고려하기 위하여 Path Analysis[27]의 기본개념을 이용 및 확장한다.

3.2 절차

PIIM의 절차는 네 단계로 구성되어 있다. (1) 성과척도의 입력, (2) 성과기여도의 결정, (3) 가중요소의 계산, (4) IPS의 계산. 각 단계에 대한 설명은 다음과 같다.

1) 단계 1: 성과척도의 입력

PIIM은 다수의 성과척도를 주어진 입력으로 고려한다. 일단, 다수의 성과척도가 주어지면, PIIM은 다음의 단계들을 통하여 모든 성과정보를 IPS로 통합한다.

2) 단계 2: 성과기여도의 결정

성과기여도 C_i 는 i 번째 성과척도와 전체 조직성과간의 관계를 나타낸다. 다시 말하면, 성과기여도는 성과척도의 특정한 값이 전체 조직성과에 얼마나 기여하는가를 보여준다. 경제학 관점에서는 성과기여도를 가치함수, 유용함수, 선호도함수 등으로 해석할 수 있다. 성과기여도의 중요한 역할은 성과척도의 비균질의 값을 공통 스케일로 대칭 시켜주는 것이다 (예로써, 본 논문에서는 0과 100사이의 값을 사용한다).

성과기여도를 유도하는 과정에서 포함되는 인간의 주관성을 줄이기 위하여 이 단계에서는 NGT와 퍼지개념을 이용한다. 따라서 성과기여도는 L-R Type Trapezoidal Fuzzy Number Format[5]의 퍼지수로 나타내어 진다.

PIIM의 절차를 쉽게 설명하기 위한 예제로써, 세 가지의 성과척도 PM_1, PM_2, PM_3 를 고려하고 <그림 2>와 같이 성과기여도를 얻었다고 가정하자. <그림 2>는 각 성과척도에 대한 성과기여도의 범위(즉, 최하, 중간 및 최상)와 그와 관련된 퍼지 Membership 함수를 보여준다.

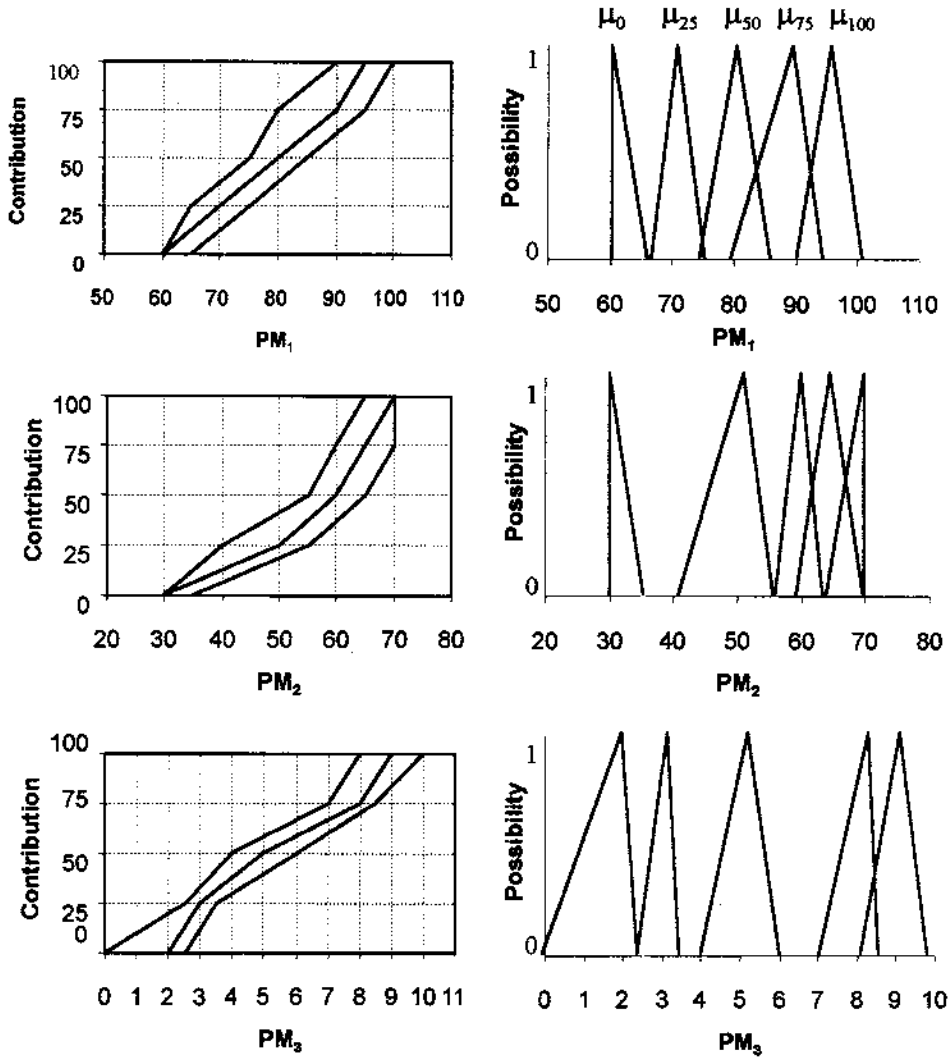
3) 단계 3: 가중요소의 계산

가중치 w_i 는 전체 조직성과에 대한 i 번째 성과척도의 상대 중요도를 나타내며 모든 i 에 대하여 $w_i \geq 0$ 이고 총합은 1로 정의된다.

가중치를 결정하는 방법으로는 몇 가지가 제안되었고, 문헌 [45]는 이들 방법들을 대수적 또는 통계적, 총괄적 또는 개별적, 직접적 또는 간접적인 방법으로 구분하였다. 대수적인 방법은 연립방정식이나 선형 계획법을 이용하여 $n-1$ 의 견해치(Judgement)로부터 n 개의 가중치를 계산하고, 통계적인 방법은 잔여치(Redundant)들의 집합에 근거하여 다중회귀분석이나 Maximum Likelihood Estimation과 같은 통계절차를 이용하여 가중치를 계산한다.

총괄적인 방법은 관리자가 총괄적으로 성과척도를 평가하게 요구하고, 개별적인 방법은 한번에 한쌍의 성과척도를 비교한다. 마지막으로, 직접적인 방법은 관리자에게 두개의 성과척도의 범위를 비교하도록 묻고, 간접적인 방법은 선호치로부터 가중치를 추론한다.

일반적으로 알려진 방법들로는 순위 (대수, 총괄, 직접), 등급 (대수, 총괄, 직접), 쌍비교(대수, 개별, 직접), 연속적 비교 (대수, 개별, 직접)[14], 비율 (대수, 개별, 직접)[15], Swing (대수, 개별, 직접)[44], Tradeoff (대수, 개별, 간접)[24], Conjoint (통계, 총괄, 간접)[3,18,19], Eigenvector (대수, 개별, 간접)[38],



〈그림 2〉 성과기여도

Weighted Least Square (대수, 개별, 간접)[7], 엔트로피 (대수, 총괄, 간접)[20], LINMAP (대수, 개별, 간접)[41], Centralized Weight (대수, 개별, 간접)[40] 등이 있다.

여상의 기본 방법에는 심각한 결점이 있다. 그 결점은 가중치에 대한 정의(즉, $w_i \geq 0, \forall i$)에 기인한다. 이 정의는 모든 성과척도가 전체 조직성파에 긍정적으로만 기여한다는 것을 의미한다. 또한, 이 정의는 성과척도간에 독립성의 가정을 허락한다. 그러나 실제 상황에서는 전체 조직성파에 대한 성과척도의 기여형태가 모두 긍정적이거나, 모두 부정적인 것같이 간

단하지가 않다. 그리고 성과척도간의 관계 또한 간과할 수가 없다.

전체 조직성파에 대한 성과척도의 긍정적인 기여와 부정적인 기여 모두를 다루기 위하여 본 논문에서는 가중치를 가중요소 WF_i 로 다음과 같이 재정의한다.

$$\sum_{i=1}^n |WF_i| = 1 \tag{3}$$

이 단계는 성과척도간의 인과관계를 고려하여 가중요소를

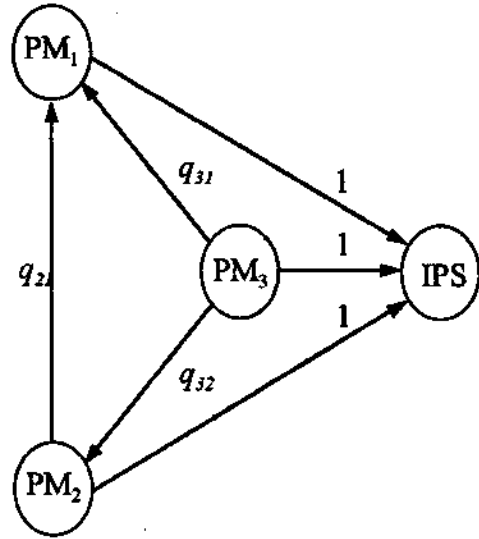
재산한다. 그렇게 하기 위하여 Path Analysis의 개념을 확장하고 다음과 같은 좀더 상세한 세단계로 이루어 진다. ① Effect-Path Diagram 구축, ② Total Effect 계산, ③ 가중요소 계산.

① Effect-Path Diagram 구축

Effect-Path Diagram은 Path Diagram의 확장이다. Path Diagram은 고려하는 변수간의 인과관계를 나타내는 반면, Effect-Path Diagram은 성과척도간의 인과관계와 어떻게 모든 성과척도가 IPS에 통합되는 지를 나타낸다. Effect-Path Diagram은 NGT 절차를 통하여 구축된다.

본 논문의 예제에서 PM₁가 PM₂과 PM₃에 영향을 주고, PM₂가 PM₁에 영향을 준다고 가정하자. 이러한 Effect-Path Diagram은 <그림 3>과 같이 그려진다. <그림 3>에서 성과척도와 IPS는 화살표로 연결된 원으로 나타내어 지고, 화살표는 영향의 방향을 표시한다. 성과척도 *i*와 *j*간의 화살표상에 있는 q_{ij} 를 Effect Size라 부르며 실제 자료로부터 계산한다. 모든 성과척도를 IPS로 통합할 때, 실제 자료로부터 계산한 Effect Size를 왜곡시키지 않기 위하여 각 성과척도와 IPS간에 있는 화살표에는 1의 값을 할당한다. 이에 대하여서는 4.4절에서 자세히 다룬다.

여기서 $r(C_i, C_j)$ 는 성과척도 *i*와 *j*의 성과기여도간의 상관계수이다. 식(4)는 Path Analysis로부터 일반화한 형태이다.



<그림 3> Effect-Path Diagram

② Total Effect 계산

일단 Effect-Path Diagram이 형성되면 다음 단계는 실제 자료로부터 Effect Size를 계산하는 것이다. 우선, Effect-Path Diagram으로부터 Causal Relationship Matrix (CRM)를 만든다.

$$CRM = \{a_{ij}\}$$

여기서 성과척도 *i*가 성과척도 *j*에 영향을 주면 $a_{ij} = 1$, 그렇지 않으면 $a_{ij} = 0$.

본 논문의 예제에서 CRM은 다음과 같이 얻어진다.

$$CRM = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

CRM을 사용하여 다음의 식(4)에 의해 관계방정식을 구한다.

$$r(C_i, C_j) = \sum_{k=1}^n a_{ki} q_{ki} r(C_k, C_j) \quad \forall i < j \quad (4)$$

본 논문의 예제에서 관계방정식은 다음과 같이 유도된다.

$$\begin{aligned} r(C_1, C_2) &= q_{21} + q_{31} r(C_1, C_2) \\ r(C_1, C_3) &= q_{31} r(C_2, C_3) + q_{31} \\ r(C_2, C_3) &= q_{32} \end{aligned}$$

Effect Size q_{ij} 는 식(4)를 풀어서 구한다. 실제 자료로부터 $r(C_1, C_2) = 0.368$, $r(C_1, C_3) = 0.678$, $r(C_2, C_3) = 0.504$ 를 얻었다고 하자. 그러면 Effect Size는 $q_{21} = 0.035$, $q_{31} = 0.660$, $q_{32} = 0.504$ 이다.

다음으로 각 성과척도에 대한 Total Effect TE_i는 모든 Path Effect를 합함으로써 구해진다. 여기서 Path Effect는 성과척도로부터 IPS로 가는 경로에 있는 모든 Effect Size를 곱하여서 얻는다.

$$TE_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} q_{ij} TE_j + 1 \quad \forall i \quad (5)$$

본 논문의 예제에서 각 성과척도에 대한 Total Effect는 TE₁ = 1, TE₂ = 1.035, TE₃ = 2.182이다.

③ 가중요소 계산

가중요소 WF_i 는 Total Effect를 정규화하여 구한다.

$$WF_i = \frac{TE_i}{\sum_{j=1}^n |TE_j|} \quad \forall i \quad (6)$$

본 논문의 예제에서 각 성과척도에 대한 가중요소는 $WF_1 = 0.237$, $WF_2 = 0.245$, $WF_3 = 0.517$ 이다. 이 가중요소를 퍼지수로 전환하며 전환된 가중요소의 퍼지수는 Crisp Number가 된다.

4) 단계 4: IPS의 계산

PIIM의 마지막 단계는 모든 성과정보를 IPS로 통합하는 것이다. 이 단계는 Additive Weighing Method를 이용하여 모든 성과정보를 통합한다.

$$IPS = \sum_{i=1}^n WF_i C_i \quad (7)$$

여기서 WF_i 와 C_i 는 퍼지수이다.

Fuzzy Additive Weighting Method로써, Baas와Kwakernaak [2], Kwakernaak[25], Dubois와Prade[12], Cheng과McInnis[6], Bonissone[4] 등이 제시한 방법들이 있다. 첫 네 가지 방법은 근사해를 찾기 위하여, -cut를 사용한 반면, Bonissone[4]는 L-R Type Trapezoidal Fuzzy Number에 근거하고 있다. Bonissone의 방법이 다른 Fuzzy Additive Weighting Method들에 비하여 사용 하기가 훨씬 수월하나, 퍼지개념이 Trapezoidal 또는 Triangular 퍼지수로 나타낼 수 있을 경우에만 적용 가능하다. 그러나 L-R Type Trapezoidal Fuzzy Number가 퍼지개념을 충분히 만족스럽게 설명하므로 별다른 문제는 발생하지 않는다. 따라서 이 단계에서는 Bonissone의 방법을 이용한다.

Bonissone의 방법을 사용함으로써 IPS는 <표 1>에 제시한 Fuzzy Arithmetic Operation에 의해 쉽게 계산된다. 일단, IPS가 L-R Type Trapezoidal Fuzzy Number 형식으로 얻어지면 이 IPS를 Centroid Defuzzifier[28]를 사용하여 비퍼지화 시킨다.

$$\overline{IPS} = \frac{\int_S IPS \mu_{IPS}(z) dz}{\int_S \mu_{IPS}(z) dz} \quad (8)$$

여기서 S는 IPS의 Membership함수 $\mu_{IPS}(z)$ 의 Support이다.

본 논문의 예제에서 성과척도 PM_1, PM_2, PM_3 의 값이 각각 90, 60, 7이라고 가정하자. PM_1, PM_2, PM_3 의 성과기여도는 <그림 2>로부터 구한다. $C_1 = (75.0, 75.0, 12.5, 25.0)$, $C_2 = (50.0, 50.0, 12.5, 25.0)$, $C_3 = (66.7, 66.7, 6.70, 8.30)$. 가중요소는 단계 3에서 계산하였다. $WF_1 = (0.237, 0.237, 0, 0)$, $WF_2 = (0.245, 0.245, 0, 0)$, $WF_3 = (0.517, 0.517, 0, 0)$.

<표 1> Fuzzy Arithmetic Operations

<p>$A = (a, b, \alpha, \beta)$, $B = (c, d, \gamma, \delta)$는 L-R Type Trapezoidal Fuzzy Numbers.</p> <p>Addition:</p> <p>$A(+)B = (a+c, b+d, \alpha+\gamma, \beta+\delta)$</p> <p>Multiplication:</p> <p>$A(\cdot)B = (ac, bd, a\gamma+c\alpha-a\gamma, b\delta+d\beta-\beta\delta)$ 여기서 $A > 0$ 이고 $B > 0$</p> <p>$A(\cdot)B = (ad, bc, d\alpha-a\delta+\alpha\delta, -b\gamma+c\beta-\beta\gamma)$ 여기서 $A < 0$ 이고 $B > 0$</p> <p>$A(\cdot)B = (bd, ac, -b\delta-d\beta-\beta\delta, -a\gamma-c\alpha+a\gamma)$ 여기서 $A < 0$ 이고 $B < 0$</p>

주: 위 연산의 증명은 Chen et al.[5]을 참조할 것.

다음으로 $IPS = (75.0, 75.0, 12.5, 25.0) \cap (0.237, 0.237, 0, 0) (+) (50.0, 50.0, 12.5, 25.0) \cap (0.245, 0.245, 0, 0) (+) (66.7, 66.7, 6.70, 8.30) \cap (0.517, 0.517, 0, 0) = (64.51, 64.51, 9.48, 16.35)$. 이제 Centroid Defuzzifier를 이용하면 최종 비퍼지화된 IPS는 $(287.88 + 577.19) / 12.915 = 66.98$ 이다(<그림 4> 참조).

가중요소 중에 음수가 있는 경우, IPS가 0과 100사이의 범위에 있게 하기 위하여 음수 가중요소의 보수(즉, 음수 가중요소의 절대치 합 * 100)를 더하여서 최종 비퍼지화된 IPS를 수정한다.

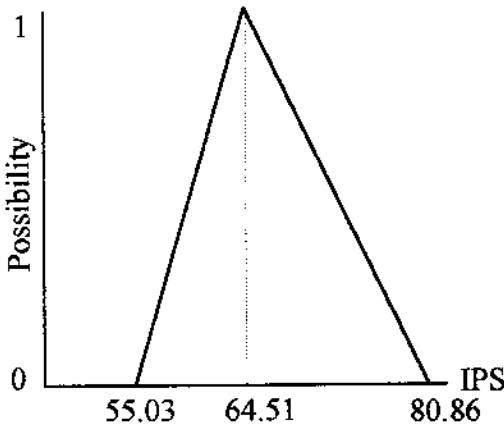
4. 분 석

실제 상황에서 PIIM이 어떻게 수행되는 지 검토하기 위하여 PIIM을 장기환자 치료시설에 적용하였다. 이 장에서는 적용결과와 PIIM의 몇 가지 특성에 대하여 살펴본다. 좀더 관심 있는 독자는 문헌[32]를 참조하기 바란다.

4.1 IPS

PIIM은 성과정보간의 인과관계를 고려하면서 모든 성과정보를 통합하여 하나의 총체적인 통합 조직성과 점수 - IPS를 생성한다. 이 절은 IPS가 얼마나 잘 실제 조직성과를 설명하는 지 살펴본다.

우선, 균일가중치를 사용하여 계산한 총점수가 조직성과의 일반적인 경향을 나타낸다는 가정하에 IPS를 균일가중치에 의한 총점수(MCP/PMT와ProMES의 경우)와 비교하였다. 그리고 어느 것이 실제상황에서 조직성과를 보다 잘 설명하는 지 확인하기 위하여 IPS와 균일가중치에 의한 총점수의 결과에 대하여 PIIM이 적용된 조직체의 관리자들과 토론하였다.



$$\int_{55.03}^{64.51} \left(\frac{x}{9.48} - 5.81 \right) dx = 287.88$$

$$\int_{64.51}^{80.86} \left(-\frac{x}{16.35} + 4.95 \right) dx = 577.19$$

<그림 4> Centroid Defuzzifier

<그림 5와 6>에서 전체조직과 각 이동조의 월별/분기별 성과에 대한 IPS와 균일가중치에 의한 총점수의 비교를 보여준다. 월별 성과에 대한 비교의 경우, IPS와 균일가중치에 의한 총점수는 거의 같은 결과를 보여준다. 그러나 분기별 성과에 대한 비교의 경우, 비슷한 경향을 보여주시는 하나, IPS와 균일가중치에 의한 총점수 사이에는 약간의 격차가 있다.

이 격차는 가중치의 부호에 의해 야기되었다. 예를 들면, PIIM에 의해 계산된 월별 성과에 대한 가중요소의 값은 균일가중치와 같이 모두 양수였다. 다시 말하면, 모든 성과척도가

전체 조직성과에 긍정적으로 기여한다. 그러나 PIIM에 의해 계산된 분기별 성과에 대한 어떤 가중요소의 값은 음수를 갖고, 그 성과척도는 전체 조직성과에 부정적으로 기여한다. IPS와 균일가중치에 의한 총점수의 결과에 대하여 전체조직 관리자 및 각 이동조 관리자와 나눈 토론의 내용을 다음절에 요약한다.

1) 전체조직

<그림 5와 6>에서 보여 주는 바와 같이, 전체 조직체는 안정된 월별/분기별 성과를 나타낸다. 월별 성과에 대한 IPS와 균일가중치에 의한 총점수는 거의 동일한 결과를 보여준다.

그러나 분기별 성과에 대하여서 IPS는 1996년 첫 분기에 감소된 성과를 보이는 반면, 균일가중치에 의한 총점수는 같은 기간에 증가된 성과를 나타낸다.

전체조직 관리자는 1996년 첫 분기에 감소된 분기별 성과가 정확하다고 판단하였다. 이 조직체는 이 기간동안에 새로운 시스템을 도입하여 실험운영을 하였다. 이 새로운 시스템에 의하여 전체조직원이 새로운 교육과 견습을 받아야 했고, 또한 추가적인 문서화 작업이 요구되었다. 따라서 모든 조직원에게 업무부담이 늘어났고 전체 조직성과에 나쁜 영향을 미쳤다. 이 조직체는 1996년 3월에 이 새로운 시스템을 취소시켰다.

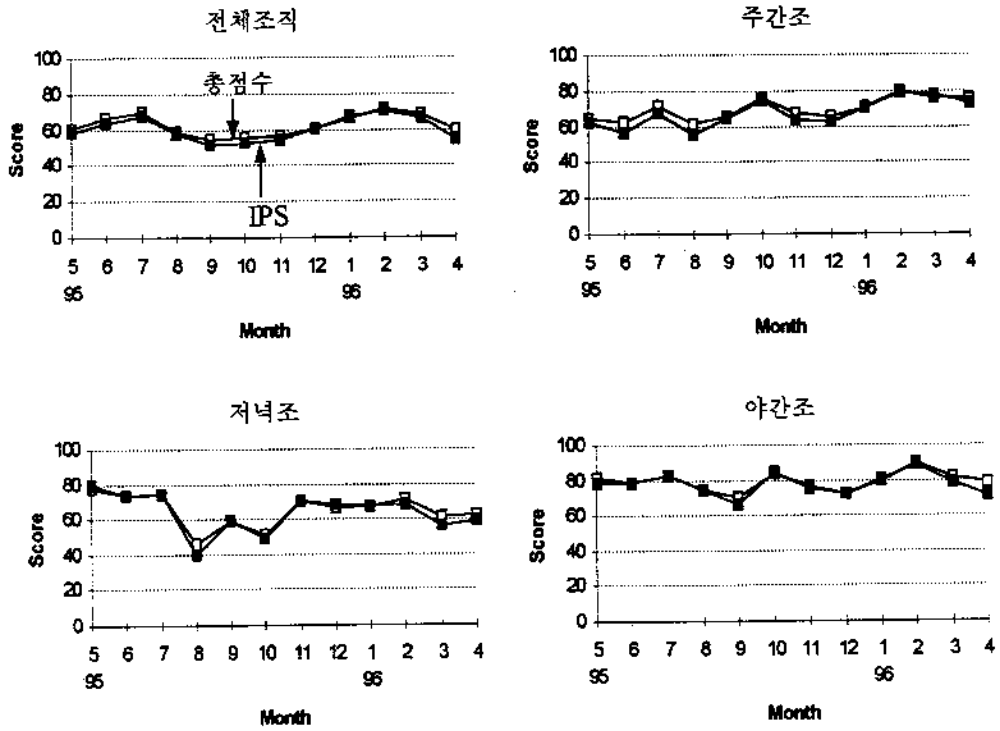
2) 주간조

<그림 5와 6>에서 보여 주는 바와 같이, 주간조는 점진적인 월별/분기별 성과향상을 보인다. IPS와 균일가중치에 의한 총점수는 거의 동일한 결과를 보여준다. 토론 중에 모든 참석자들이 이 결과에 동의 하였다. 주간조는 다년간의 경험을 갖춘 노련한 고참 조직원들로 구성되어 있고 이직률도 다른 조에 비해 훨씬 낮았다.

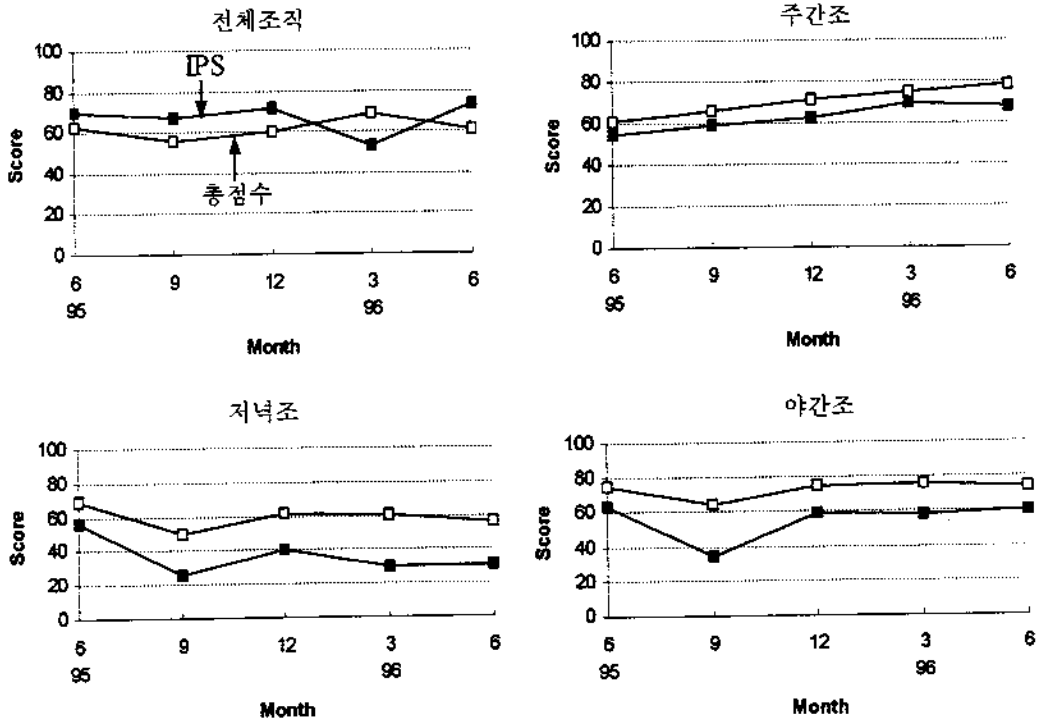
3) 저녁조

<그림 5와 6>에서 보여 주는 바와 같이, 저녁조는 불안정된 월별/분기별 성과를 보인다. 월별 성과에 대한 IPS와 균일가중치에 의한 총점수는 거의 동일한 결과를 보여준다. 분기별 성과에 대하여서는 IPS와 균일가중치에 의한 총점수 사이에 약간의 격차가 있기는 하나, 유사한 경향을 보인다. 여기서 성과수준 보다는 성과경향이 더 중요하다.

토론 중에 모든 참석자들이 이 결과에 동의 하였으며, 한 참석자는 거의 모든 조직원이 가정주부이고 근무시간(3:00PM-



〈그림 5〉 월별 성과



〈그림 6〉 분기별 성과

11:00PM)이 이들 가정주부들에게는 좋지가 않아서 저녁조는 스태프 구성에 많은 문제점을 갖는다고 지적하였다. 1995년 8월에서 10월 사이의 낮은 성과는 부족함 스태프진과 경험 없는 신입 조직원에 의한 결과라고 저녁조 관리자는 지적하였다.

4) 야간조

〈그림 5와 6〉에서 보여 주는 바와 같이, 야간조는 안정된 성과를 나타낸다. 월별 성과에 대한 IPS와 균일가중치에 의한 총점수는 거의 동일한 결과를 보여준다. 그러나 분기별 성과에 대하여서는 1995년 3분기에 IPS가 균일가중치에 의한 총점수보다 더 감소된 성과를 보인다. 야간조 관리자는 이 기간 동안 많은 야간조원이 이직을 하였다고 지적하였다.

이 절의 내용을 요약하면, 모든 성과척도가 전체 조직성과에 긍정적으로 기여할 경우, 균일가중치에 의한 총점수(MCP/PMT와 ProMES 경우)는 좋은 근사치를 보인다. 그러나 어떤 성과척도가 전체 조직성과에 부정적으로 기여할 경우, 균일가중치에 의한 총점수를 사용하기에는 만족스럽지 못하다. 이러한 결과의 원인은 균일가중치에 의한 총점수가 성과척도간의 관계를 고려하지 않기 때문이다. 이상과 같은 실험적 증거에 의해서 IPS가 보다 정확히 실제 조직성과를 설명한다는 것이 입증되었다.

4.2 민감도 분석

이 절은 성과척도 값의 변화에 IPS가 얼마나 민감한지를 검토한다. 이 검토를 위해서는 IPS를 계산하는 식을 살펴볼 필요가 있다. 식(7)에 의하면 IPS는 다음과 같이 계산된다.

$$IPS = \sum_{i=1}^n WF_i C_i$$

여기서 WF_i 는 가중요소이고 C_i 는 성과기여도이며 n 은 성과척도의 총갯수이다.

i 번째 성과척도의 값이 변하면 오직 성과기여도만이 영향을 받고 가중요소는 영향을 받지 않는다. i 번째 성과척도의 값이 변함에 따라서 성과기여도의 값이 ΔC_i 만큼 변화했다고 하면 IPS 값의 변화 ΔIPS 는 $WF_i * \Delta C_i$ 이다. 여기서 가중요소의 절대치는 1보다 작다. 일반적으로 성과척도의 수가 증가함에 따라서 가중요소의 절대치는 감소한다.

PIIM의 실제 적용의 경우, 계산된 가중요소의 범위는 $|WF_i| < 0.4$ 였다. 이것은 성과기여도의 값이 ΔC_i 만큼 변

함에 따라서 다음을 의미한다.

$$\text{Max}(\Delta IPS) = (0.4)(\Delta C_i) < (\Delta C_i)$$

예를 들어, 성과기여도의 값이 10만큼 변하고 (즉, $\Delta C_i = 10$) 가중요소의 값이 0.4 (=최대값)라고 하면 (즉, $WF_i = 0.4$) IPS의 변화는 오직 4이다 (즉, $\Delta IPS = 0.4 * 10 = 4$). 따라서 IPS는 성과척도의 예상치 못한 값의 변화에 의한 성과기여도 값의 변화에 둔감함을 보인다.

만일 성과척도의 예상치 못한 값의 변화가 실제 성과라 하면 모든 성과척도는 서로 연관되어 있으므로 다른 성과척도들도 동시에 같이 변할 것이다. 이럴 경우, 변화가 충분히 의미가 있으면 IPS는 그 변화를 탐지할 것이다.

4.3 가중요소

PIIM은 성과척도간의 인과관계를 고려하면서 실제 자료로부터 가중요소를 계산한다. 그리고 이 가중요소는 성과척도간의 긍정 및 부정적 관계를 반영통합한다. 따라서 가중요소는 관리자에게 성과척도의 상대적 중요도에 대한 정보를 제공한다. 다시 말하면, 관리자는 조직성과를 향상시키기 위하여 어느 성과척도에 초점을 두어야 하는 지에 대한 정보를 제공받는다. 즉, 양수의 큰 가중요소를 갖는 성과척도는 향상시켜야 할 후보가 된다. 또한, 음수의 큰 가중요소를 갖는 성과척도에도 세심한 주의를 기울여야 한다. 그러나 음수의 가중요소를 갖는 성과척도는 전체 조직성과에 부정적으로 기여하므로 관리자는 이들 성과척도에 대하여서는 최소의 요구조건을 만족시키는 것이 바람직하다.

4.4 항목 1의 값

PIIM은 Effect-Path Diagram에서 성과척도와 IPS를 연결하는 경로에 1의 값을 할당한다. 그 이유는 실제 자료로부터 계산한 Effect Size를 왜곡시키지 않기 위함이다. 각 성과척도의 Total Effect는 모든 Path Effect를 합함으로써 구하고 Path Effect는 성과척도로부터 IPS로 가는 경로에 있는 모든 값을 곱함으로써 구한다. 모든 성과척도가 IPS에 도달하기 위해서는 1의 값이 할당된 경로를 지나야 한다. 만일 이 경로들에서 서로 다른 값들을 할당하면 실제 자료로부터 계산된 Effect Size가 희석될 것이다. 그러나 성과척도와 IPS사이의 경로들

에 1이외의 동일한 양수의 값을 할당하면 가중요소의 계산과정에서 분자와 분모로 상쇄되기 때문에 궁극적으로 가중요소에 아무런 영향을 미치지 않는다. 성과척도와 IPS 사이의 경로에 1의 값을 할당하는 이유는 계산을 쉽게 하기 위함이다.

5. 결 론

본 논문은 분석적이고 체계적인 정교한 접근방법을 필요로 하는 새로운 관점, 즉 조직체를 다방면에서 조명해야 한다는 것을 지적하였다. 비록, 다양한 성과측정시스템이 제안되었고 현재 많은 조직체에서 사용되고 있지만, 모든 성과정보간의 관계를 고려하면서 이들 정보를 통합하는 메커니즘을 제시한 시스템은 없다.

본 논문은 모든 성과정보간의 관계를 고려하면서 이들 정보를 하나의 전체적인 조직성과 점수로 통합하는 메커니즘인 PIIM을 개발하였다. 그리고 PIIM을 장기환자 치료시설에 적용하여 실험적으로 PIIM의 타당성을 입증하였다.

본 논문은 성과측정의 적절한 모형을 세우는 데 여러 가지로 기여한다.

- 1) PIIM은 다수의 성과척도를 사용하여 그린 조직성과의 전체적인 그림을 관리자에게 제공함으로써 관리자가 그들 조직체를 전체적으로 볼 수 있게 한다.
- 2) PIIM은 조직체에 대한 통합된 성과정보를 관리자에게 제공한다.
- 3) PIIM은 모든 성과정보를 통합할 때, 성과척도간의 관계를 고려한다.
- 4) PIIM은 다중 목적 의사결정 분야에 속성간의 관계를 고려하여 속성의 가중치를 결정하는 한 방법을 제공한다.

향후 연구과제로서 PIIM의 성능을 좀더 검토하기 위하여 PIIM를 다양한 조직체에 적용할 필요성이 있다. PIIM이 적용된 조직체는 비교적 안정된 사업환경을 갖는 서비스업체였다. 따라서 향후 연구는 PIIM을 제조업체와 같은 조직체에 적용하여 PIIM의 성능을 검토할 필요가 있다. 또한, PIIM은 정보 통합 메커니즘이므로 다수의 입력을 하나의 출력으로 통합하는 분야에 확장 적용이 가능할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Anonymous, "Defining Performance of Organizations," Joint Commission Journal on Quality Improvement, Vol. 19, pp.215-221, 1993.
- [2] Baas, S.M. and Kwakernaak, H., "Rating and Ranking of Multiple Aspect Alternative using Fuzzy Sets," Automatica, Vol. 13, pp.47-58, 1977.
- [3] Barron, F.H. and Person, H.B., "Assessment of Multiplicative Utility Functions via Holistic Judgments," Organizational Behavior and Human Performance, Vol. 24, pp. 147-166, 1979.
- [4] Bonissone, P.P., "A Fuzzy Set Based Linguistic Approach: Theory and Applications," in M.M. Gupta and E. Sanchez (Eds.), Fuzzy Information and Decision Processes, North-Holland, 1982.
- [5] Chen, S.J., Hwang, C.L., and Hwang, F.P., Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, NY, 1992.
- [6] Cheng, Y.M. and McInnis, B., "An Algorithm for Multiple Attribute, Multiple Alternative Decision Problem Based on Fuzzy Sets with Application to Medical Diagnosis," IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-10, pp.645-650, 1980.
- [7] Chu, A.T.W., Kalaba, R.E., and Spingarn, K., "A Comparison of Two Methods for Determining the Weights of Belonging to Fuzzy Sets," Journal of Optimization Theory and Applications, Vol. 27, pp.531-538, 1979.
- [8] Cook, T.J., Vansant, J., Stewart, L., and Adrian, J., "Performance Measurement: Lessons Learned for Development Management," World Development, Vol. 23, pp. 1303-1315, 1995.
- [9] Cross, K.F. and Lynch, R.L., "The SMART Way to Define and Sustain Success," National Productivity Review, Vol. 8, pp.23-33, 1988.
- [10] Das, L., "Performance Measurement Takes Center Stage at Johnson Space Center," Industrial Engineering, Vol. 26, pp.24-28, 1994.
- [11] Delbecq, A.L., Van de Ven, A.H., and Gustafson, D.H., Group Techniques for Program Planning: A Guide to

- Nominal Group and Delphi Processes, Scott Foresman, Glenview, IL, 1975.
- [12] Dubois, D. and Prade, H., "The Use of Fuzzy Numbers in Decision Analysis," in M. M. Gupta and E. Sanchez (Eds.), Fuzzy Information and Decision Processes, North-Holland, 1982.
- [13] Eccles, R.G. and Pyburn, P.J., "Creating a Comprehensive System to Measure Performance," Management Accounting, Vol. 74, pp.41-44, 1992.
- [14] Eckenrode, R.T., "Weighting Multiple Criteria," Management Science, Vol. 12, pp.180-192, 1965.
- [15] Edwards, W., "How to Use Multiattribute Utility Analysis for Social Decision Making," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 7, pp.326-340, 1977.
- [16] Fischer, R.J., "An Overview of Performance Measurement," Public Management, Vol. 76, pp.S2-S8, 1994.
- [17] Fry, T.D. and Cox, J.F., "Manufacturing Performance: Local versus Global Measures," Production and Inventory Management Journal, Vol. 30, pp.52-57, 1989.
- [18] Green, P.E. and Srinivasan, V., "Conjoint Analysis in Consumer Research: Issues and Outlook," Journal of Consumer Research, Vol. 5, pp.103-123, 1978.
- [19] Green, P.E. and Srinivasan, V., "Conjoint Analysis in Marketing: New Developments with Implications for Research and Practice," Journal of Marketing, Vol. 54, pp.3-19, 1990.
- [20] Hwang, C.L. and Yoon, K., Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications: A State-of-the-Art Survey, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, NY, 1981.
- [21] Kamensky, J.M., "Program Performance Measures: Designing a System to Manage for Results," Public Productivity and Management Review, Vol. 16, pp.395-402, 1993.
- [22] Kaplan, R.S., and Norton, D.P., "The Balanced Scorecard - Measures that Drive Performance," Harvard Business Review, Vol. 70, pp.71-79, 1992.
- [23] Keegan, D.P., Eiler, R.G., and Jones, C.R., "Are Your Performance Measures Obsolete?" Management Accounting, Vol. 70, pp.45-50, 1989.
- [24] Keeney, R.L. and Raiffa, H., Decisions with Multiple Objective: Preferences and Value Tradeoffs, Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
- [25] Kwakernaak, H., "An Algorithm for Rating Multiple-Aspect Alternatives using Fuzzy Sets," Automatica, Vol. 15, pp.615-616, 1979.
- [26] Lee, H., Kwak, W., and Han, I., "Developing a Business Performance Evaluation System: An Analytic Hierarchical Model," Engineering Economist, Vol. 40, pp.343-357, 1995.
- [27] Loehlin, J.C., Latent Variable Models: An Introduction for Factor, Path, and Structural Analysis, L. Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1987.
- [28] Mendel, J.M., "Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial," Proceedings of the IEEE, Vol. 33, pp.345-377, 1995.
- [29] Neely, A., Gregory, M.J., and Platts, K., "Performance Measurement System Design: A Literature Review and Research Agenda," International Journal of Operations and Production Management, Vol. 15, pp.80-116, 1995.
- [30] Nyhan, R.C. and Marlowe, H.A., "Performance Measurement in the Public Sector: Challenges and Opportunities," Public Productivity and Management Review, Vol. 18, pp. 333-349, 1995.
- [31] Occena, L.G., "Computer Integrated Manufacturing Issues Related to the Hardwood Log Sawmill," Journal of Forest Engineering, Vol. 3, pp.39-45, 1991.
- [32] Park, C., Comprehensive Organizational Performance Measurement System, Doctoral Dissertation, University of Missouri, Columbia, MO, 1997.
- [33] Pritchard, R.D., Measuring and Improving Organizational Productivity: A Practical Guide, Praeger, New York, NY, 1990.
- [34] Provost, L. and Leddick, S., "How to Take Multiple Measures to Get a Complete Picture of Organizational Performance," National Productivity Review, Vol. 12, pp. 477-490, 1993.
- [35] Ray, P.K. and Sahu, S., "Productivity Measurement through Multi-Criteria Decision Making," Engineering Costs and Production Economics, Vol. 20, pp.151-163, 1990.
- [36] Riggs, J.L. and West, T.M., Engineering Economics, McGraw Hill Book Co., New York, NY, 1986.

- [37] Rose, K.H., "A Performance Measurement Model," Quality Progress, Vol. 28, pp.63-66, 1995.
- [38] Saaty, T.L., "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures," Journal of Mathematical Psychology, Vol. 15, pp.234-281, 1977.
- [39] Sink, D.S., Productivity Management: Planning, Measurement and Evaluation, Control and Improvement, Wiley, New York, NY, 1985.
- [40] Solymosi, T. and Dombi, J., "A Method for Determining the Weights of Criteria: The Centralized Weights," European Journal of Operational Research, Vol. 26, pp. 35-41, 1986.
- [41] Srinivasan, V. and Shocker, A.D., "Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Preference," Psychometrika, Vol. 38, pp.337-369, 1973.
- [42] Tarr, J.D., "Developing Performance Measurement Systems that Support Continuous Improvement," Hospital Material Management Quarterly, Vol. 17, pp.59-67, 1995.
- [43] Vitale, M., Mavrinac, S.C., and Hauser, M., "New Process/Financial Scorecard: A Strategic Performance Measurement System," Planning Review, Vol. 22, pp. 12-16+, 1994.
- [44] von Winterfeldt, D. and Edwards, W., Decision Analysis and Behavioral Research, Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
- [45] Weber, M. and Borcherding, K., "Behavioral Influences on Weight Judgments in Multiattribute Decision Making," European Journal of Operational Research, Vol. 67, pp. 1-12, 1993.
- [46] Wipper, L.R., "Oregon Department of Transportation Steers Improvement with Performance Measurement," National Productivity Review, Vol. 13, pp.359-367, 1994.
- [47] Yong, H.G., "Enhancing Performance Using Policy Deployment," ASQC 48th Annual Quality Congress Proceedings, Vol. 48, pp.532-539, 1994.



박창규

1986년 고려대학교 산업공학과
학사
1990년 한국과학기술원 산업공
학과 석사
1997년 University of Missouri-
Columbia, 산업공학과
박사

98년 5월 최초접수, 98년 7월 최종수정