

지능형 빌딩 시스템(IBS)의 등급 결정을 위한 ANP 모형

— IBS 구현 이득을 기준으로 —

유수현 · 김승권

고려대학교 산업공학과

An Analytic Network Process Model for Ranking Decision of Intelligent Building Systems

Su-Hyun You · Sheung-Kown Kim

In this paper, the conceptual framework of IBS(Intelligent Building Systems) is redefined, and we propose two ANP(Analytic Network Process) models for ranking IBS. Traditional models have ranked IBS according to technical features or the number of elements in IBS. But, we consider relative functional importance among IBS elements for efficient building operation. According to the structure of interactive-relationship among IBS elements, we present two types of model. The one is Model A that is composed of both hierarchical and network structures. It has 12X12 supermatrix consists of interdependent relationship between 6 benefit elements(Productivity, Saving, Safety, Convenience, Pleasantness, Environment Affinity) and 6 IBS elements(Building Operation, Security, Safety, Telecommunication(TC), Office Automation(OA), other elements). Each of 6 IBS elements has subelements in hierarchical structure. The other is Model B that has 25X25 supermatrix consists of interdependent relationship between 6 benefit elements and 19 IBS sub elements. Merits and demerits of each model are discussed in detail.

1. 서론

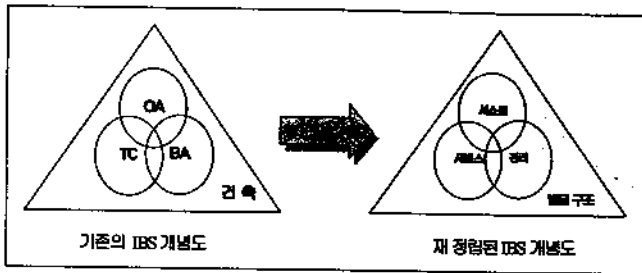
빌딩의 주된 목적은 입주자에게 최적의 생활 공간을 마련해 주는 것이다. 편안함과 쾌적함이 제공되었을 때 생산성 향상은 극대화되기 마련이고, 이 가운데 개인도 진정한 삶의 의미를 찾을 수 있다. 또한 현대는 사람의 창조 능력 발휘에 역점을 두는 정보 사회로 극심한 경쟁에서 살아 남기 위한 방안 모색에 온 힘을 기울이고 있다. 이러한 환경을 제공하고 빌딩의 관리를 효율적으로 운영하기 위하여 지능형 빌딩 시스템(IBM, Intelligent building systems)의 도입이 필요하다.

지능형 빌딩에 대한 정의는 1980년대 중기 이후 국내외 IBS 관련 단체나 업계 또는 학술 논문에서 많이 거론되었다(이희균, 1996.12; 윤여송 · 임덕구 외, 1991). 가장 최근에 지능형 빌딩에 대한 정의를 내린 IBS 전문 위원회에 의하면 인간 공학에 근거하여 쾌적하고 편리한 빌딩 환경을 제공하고 빌딩 내에 근무하는 직원들의 지적생산을 극대화함은 물론 서로 다른 시

스템간의 공통의 서비스 연결과 각 시스템에서 발생하는 정보를 통합 관리할 수 있는 시스템이라고 정의하였다(빌딩정보, 1997. 7).

기존의 IBS는 시스템 구축 측면에 중점을 두어 왔다. 그러나 이것은 IBS를 잘못 이해한 것으로, 시스템과 더불어 관리 및 서비스가 유기적으로 결합된 빌딩 관리를 해야만 설계된 이득을 얻고 소기의 목적을 달성할 수 있다는 사실을 간과하고 있는 것이다. 다시 말해 <표 1>에서 보는 바와 같이 기존의 IBS 개념도는 기반 건축 시설 위에 빌딩 자동화(BA), 정보 통신(TC), 사무 자동화(OA)로 나누고 이들 시스템의 상관 관계만을 고려하였다. 그러나 우수한 시스템이 설치되어 있어도 관리 및 서비스가 제대로 이루어지지 않으면 생산성이나 비용 면에서 큰 손실을 입게 된다. 그러므로 시스템에 관리 및 서비스를 추가하고 이들간의 상관 관계를 고려하여 개념을 재정립해 둘 필요가 있다. 여기서 IBS 시스템이란 단순히 성능이 좋은 시스템의 설치만을 의미하는 것이 아니라 빌딩의 사용 목적에 맞게 효율적으로 운영하고 관리해야 하는 서비스 방안까지도 포함

표 1. 기존의 IBS 개념도 및 재정립된 개념도



되어야 하는 것이다. 또한 관리에는 시스템 개보수를 통한 성능 향상 및 이 기종 호환 등을 들 수 있는데, 특히 이 기종 호환에 관한 문제는 IBS 표준화를 통해서 하루빨리 해결해야 할 사항이다. 그리고 서비스에는 IBS의 최적 운영을 위한 서비스와 관리자 교육 서비스를 들 수 있다.

본 연구에서는 기존의 연구에서는 다루어지지 않았던 IBS 구성 요소들의 중요도를 산정해 보고, 이를 실제 빌딩에 적용해 지능형 빌딩의 등급 결정을 위하여 활용될 수 있는 방법론적인 모형을 제시하고자 한다.

2. 지능형 빌딩의 등급평가 기준

IBS 빌딩의 등급 평가기준을 설정하는 것은 빌딩 관리 및 건축을 표준화하고 지원 정책을 수립하기 위해 꼭 필요한 과정이다. 현재 지능형 빌딩의 등급 결정에 적용되는 기준은 기능(기술)적인 차이나 구축된 시스템의 개수만을 고려하고 있다(김태신, 1993.12; 이희균, 1996. 12). 즉 기술 수준이 높은 시스템을 많이 보유하면 자동적으로 등급 수준이 높게 책정되도록 되어 있는데, 이것은 IBS의 하위 시스템(구성 요소)이 전체 IBS 최적 관리에 기여하는 중요도 차이를 간과한 것으로 적절한 방법이라고 할 수 없다.

다시 말해서 각 구성요소를 설치함으로써 직접적으로 얻어지는 이득과 다른 구성요소와의 상호작용에 의한 파생이득을 감안해 볼 때 구성 요소간의 상대적 중요도 차이가 발생하게 되므로 이점을 고려하여 IBS 빌딩의 등급이 결정되어야 한다.

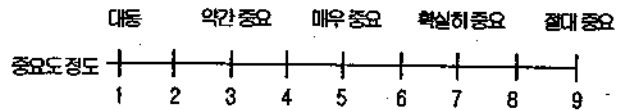
3. 지능형 빌딩의 구성 요소간 중요도 산정

3.1 AHP(Analytic Hierarchy Process) 및 ANP (Analytic Network Process) 기법 소개

본 연구에서는 지능형 빌딩의 구성 요소가 전체 시스템에 얼마의 중요도를 갖는지 산정하기 위하여 Thomas, L, Saaty에 의해 만들어진 AHP 기법과 ANP 기법을 활용한다.

AHP 기법은 계량적 수치로 나타내기 어려운 요소를 고려하여 조직화, 구조화, 계층화함으로써 평가 요소의 가중치를 설

표 2. 중요도의 척도



정하는 계층화 의사결정법이라고 정의되는데(Zahedi, 1986; Vargas, 1990), 적용 방법이 비교적 단순하여 경제적, 사회적, 기술적인 문제 등 여러 응용분야에 적용되고 있다(Vargas, 1990). AHP 기법의 일반적인 적용 절차를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 우선 문제에 대한 목적을 설정한 후 그에 적합한 계층도를 구성하고, 구성 요소들간의 중요도 측정을 위해 <표 2>와 같은 비교 척도(Scale)를 마련한다. 척도의 크기는 1에서 9까지로 나타내며 숫자가 커질수록 기준이 되는 구성 요소의 중요도가 증가함을 의미한다.

(2) 설문 결과에 의한 이원 비교 행렬(A)을 생성하여 고유치(eigenvalue) 문제인 $AW = \lambda_{max} W$ 를 푼다. 중요도 W와 최대 고유치 λ_{max} 를 구하는 방법은 아래와 같다.

- ① 중요도 W: 본 연구에서는 중요도 W를 근사하는 방법으로 Saaty가 제안한 제곱법(Power Method)을 사용한다. 즉 행렬 A를 임의의 큰 정수인 K배 곱한 결과 생성된 행렬 (A)에 다음 식 (1)을 적용하여 W를 구한다. 그리고 A를 K+1배 곱하여 W를 구하였을 때, W간의 차이가 인정할 정도로 작으면 그 값을 W로 정한다.

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\hat{a}_{ij}}{\sum_{i=1}^n \hat{a}_{ij}} \quad (1)$$

- ② 최대 고유치 λ_{max} : 고유치 문제 양변에 W를 곱하면 우변의 $W^t \cdot W$ 가 n이 되어 식 (2)가 되어 λ_{max} 를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} AW &= \lambda_{max} W \\ W^t \cdot (AW) &= \lambda_{max} W^t \cdot W \\ \lambda_{max} &= 1/n \cdot W^t \cdot (AW) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{단, } W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad W^t = \begin{bmatrix} 1/w_1 \\ 1/w_2 \\ \vdots \\ 1/w_n \end{bmatrix}^T$$

(3) 설문 내용이 일관성을 유지하고 있는지를 알아내기 위해 아래와 같이 일관성 지수(Consistency Index, CI)와 일관성 비율(Consistency Ratio, CR)을 구하고, 만약 일관성 비율이 10% 이상 일 경우에는 분석에서 제외시키거나, 다시 설문을 하도록 한다. <표 3>은 행렬 크기에 따른 Saaty가 제시한 무작위 일관성 지수 RI를 보여 주고 있다.

표 3. 행렬 크기에 따른 무작위 일관성 지수(RI)

N	1	2	3	4	5	6	7
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35
8	9	10	11	12	13	14	15
1.40	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.58

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (3)$$

$$CR = CI / RI \quad (4)$$

단, RI = 무작위 일관성 지수

(4) 마지막으로 각 구성 요소의 상대적 중요도를 바탕으로 최적 대안을 선정하도록 한다 (Zou-Ching Lin · Chu-Been Yang, 1996).

AHP 기법은 계량화하기 어려운 질적 또는 무형적 의사결정 요소들을 기준 척도로서 측정 가능하다는 것과 복잡한 문제를 세분화함으로써 이원 비교에 의한 의사결정을 내릴 수 있다는 유용성을 가지고 있다. 그러나 이를 위한 전제조건으로 역 비교(Reciprocal comparison), 동질성(Homogeneity), 독립성(Independence), 기대성(Expectation) 등 4가지 기본 공리를 만족해야 한다 (Vargas, L. G., 1990).

또한 설문은 다루고자 하는 분야의 전문가를 상대로 수행되는데, 통상적으로 여러 명에 대해 같은 내용의 설문을 요청한다. 그러므로 상대적 중요도는 그룹의 모든 구성원의 의견(중요도)을 고려하여 산정되어야 한다. 이를 위해 만족되어야 할 5가지 공리는 아래와 같다 (Ramanathan, R & Ganesh, L. S., 1994).

공리 1 (Universal domain)

그룹의 중요도 산정은 논리적으로 값을 측정할 수 있는 전문가들에 의해 산정되어야 한다.

공리 2 (Pareto optimality)

두 개의 대안 A, B가 있을 때 모든 그룹 멤버가 A가 B보다 중요도가 크다고 생각한다면, 그룹 결정도 A에 중요도를 더 두어야 한다.

공리 3 (Independence of irrelevant alternatives)

만일 하나의 대안이 제거되었다면, 나머지 대안에 대해서 새로운 그룹 순서가 만들어지는데, 이때 똑같은 대안들에 대해서는 원래의 그룹 순서를 유지해야 한다.

공리 4 (Non-dictatorship)

한 개인의 중요도가 다른 멤버의 중요도와 관계없이 그 그룹의 중요도가 되어서는 안 된다.

공리 5 (Recognition)

그룹의 중요도는 모든 멤버의 중요도를 고려한 후에만 수립되어야 한다. 즉 그룹의 중요도를 계산함에 있어서 특정 개인의 중요도를 무시해서는 안 된다는 것이다.

ANP 기법은 AHP 기법을 일반화시킨 것이며, AHP 기법

각 구성 요소간에 상호 독립적이어야 한다는 공리가 필요한 반면, ANP 기법은 구성 요소간에 상관 관계가 존재하는 경우에도 적용할 수 있다(Saary, 1996). 즉 구성 요소간에 네트워크 구조를 형성하기 때문에 단순히 계층화 구조를 갖는 AHP 기법에 비하여 구조가 매우 복잡하며, 해를 구하는 시간이 많이 드는 단점이 있다. 그러나 현실 세계에서 비교 분석하고자 하는 시스템의 대다수가 구성 요소간에 상관관계가 존재하기 때문에 ANP를 적절히 이용한다면 AHP보다 더 만족할 만한 결과를 얻을 수 있을 것이다(Meade Laura M. & Sarkis Joseph, 1998).

3.2 IBS 구성 요소의 계층도 구성 및 AHP에 의한 IBS 구성 요소 중요도 산정

<표 4>와 같이 IBS 계층도의 최상위에는 계층화의 목적인 IBS 구성 요소의 중요도 산정이 위치하며 하위 부분에는 IBS를 구성하는 요소를 세분화하여 분류한다.

IBS 구성 요소의 중요도를 산정하기 위하여 IBS 전문 업체인 한국 하니엘(주)에서 6명, 국제 컨트롤(주)에서 7명 총 13명의 전문가를 상대로 설문을 수행하였다. 이 중 유효 일관성 비율(10% 이내)에 들지 못하는 3명은 제외하고, 10명의 자료에 대하여 기하평균법을 이용하여 그룹의 중요도를 산정하였다. 기하평균법은 정량적인 정보 이외에 정성적인 정보에 대한 전문가들의 가중치를 종합하는 방법으로 우수하다는 검증 받았다(강성범, 1997.12). <표 5>는 설문 내용 중 빌딩 자동화 시스템에 속한 빌딩 운용, 보안, 안전(방재) 시스템간의 이원 비교를 예시한 것이다. 첫 행과 두 번째 행은 중요도를 평가하기 위한 척도에 대한 설명이며 세 번째 행부터 전문가의 의견이 들어간다. 즉 세 번째 행은 빌딩의 자동화를 위해서 빌딩 운용과 보안을 비교하였을 때 어떤 것이 더 중요한지 표시할 수 있다. 나머지도 같은 방법으로 비교하여 값을 산정하도록 한다. <표 6>의 이원 비교 행렬(A)은 10명의 자료를 기하 평균 내어 얻은 값이고, 중요도 W는 A를 100번 곱하여(K=100) 산정한 결과인데, 이것은 A를 101번 곱한(K=101) 결과 값과의 차이

표 4. IBS 구성 요소 계층도 및 AHP 기법을 적용한 IBS 구성 요소 중요도 산정 결과

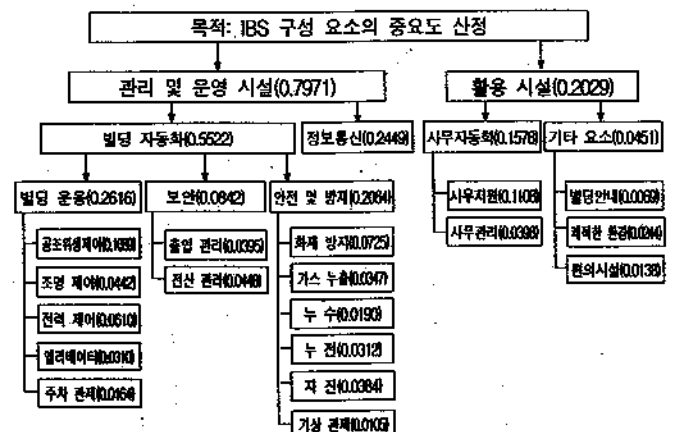


표 5. 설문 예제문

빌딩자동화	A가 절대 중요	A가 확실히 중요	A가 매우 중요	A가 약간 중요	대등	B가 약간 중요	B가 매우 중요	B가 확실히 중요	B가 절대 중요	빌딩자동화								
중요도	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/3	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	중요도
빌딩운동																		보안
빌딩운동																		안전(방재)
보안																		안전(방재)

표 6. 그룹(10명)의 기하평균에 의해 산정된 이원 비교 행렬(A) 과 중요도 W

빌딩자동화	빌딩운동	보안	안전(방재)	중요도
빌딩운동	1.000	3.043	1.301	0.474
보안	0.329	1.000	0.397	0.153
안전(방재)	0.769	2.517	1.000	0.374

가 W 요소 중 가장 큰 것이 10^{-5} 이하로 아주 작은 값이었다. 중요도는 빌딩 운동이 47.4%, 보안이 15.2%, 안전(방재)이 37.4%로 나타났고, <표 4>의 수치는 이러한 과정을 계층도 전체에 대해 수행하여 산정된 구성 요소들의 중요도를 보여 주고 있다. 예로 관리 및 운영 시설에서는 정보통신(TC)이 24.49%, 공조위생 제어 시스템이 10.89%순으로, 활용시설에서는 사무지원이 11.08%, 사무관리가 3.98%순으로 중요도를 갖는 것으로 나타났다. 이 결과는 뒤에서 제시할 모델 A에 적용된다.

3.3 ANP 기법에 의한 IBS 구성 요소 중요도 산정

앞 절에서 적용한 AHP 기법은 IBS 구성 요소들이 상호 독립적이라는 가정을 두고 중요도를 산정하였으나, 현실적으로 IBS는 통합 관리가 이루어지므로 각 구성 요소간에 상관관계가 존재한다. ANP 기법은 이러한 상황에서 IBS 구성 요소의 중요도를 산정할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 ANP 기법을 적용하여 두 가지 모델(모델 A, 모델 B)을 제시하였고, 설문항이 많은 관계로 IBS 전문가 한 명에게 설문을 요청하였다. 우선 ANP 기법을 적용하기 위해 간단한 용어를 설명하면 다음과 같다(Saaty, 1996).

(1) 대행렬 W

대행렬은 전체 시스템의 최적 관리 및 운영을 위해서 시스템을 구성하는 요소들간의 상대적 중요도를 산정하는 데 이용되며, 각 구성 요소간의 중요도를 나타내는 소행렬들로 구성된다.

(2) Irreducible

모든 구성 요소(네트워크 모형에서 각각의 노드)를 네트워크로 표현하였을 때, 구성 요소들이 Strongly Connect된 상태를

말한다. Strongly Connect란 네트워크상에서 형성될 수 있는 모든 노드 쌍에 대하여 방향성이 있는 아크로 사이클이 존재하는 경우를 말한다.

(3) Reducible

Irreducible의 반대개념으로 네트워크상에서 각 구성 요소가 Strongly Connect되지 않은 상태를 말한다.

(4) Primitive(acyclic)

초기 대행렬 W를 무한대로 곱하였을 때, 수렴된 대행렬의 값이 한 가지만 존재하는 경우를 말한다.

(5) Imprimitve(cyclic)

수렴된 대행렬의 값이 순환하여(사이클이 2개 이상 형성)도 출되는 경우를 말한다.

Saaty는 대행렬이 수렴하는 경우를 6가지로 나누어 설명하였다(Saaty, 1996). 본 연구에서 제시한 모델 A, B는 모두 Irreducible하고 Primitive한 경우로 증명은 아래와 같다:

(1) Irreducible인지 여부

Lemma : 대행렬 W가 irreducible할 필요 충분

조건은 $I + W$ 가 irreducible한 것이다.

Theorem : $n \times n$ nonnegative 행렬인 대행렬 W가 irreducible

할 필요 충분 조건은 $(I + W)^{n-1} > 0$ 이다.

계산 결과 본 연구에서 제시된 모델은 모두 위의 조건을 만족하므로 irreducible함을 알 수 있다.

(2) Primitive인지 여부

모델 A는 Primitive할 조건인 $Trace(W) > 0$ 을 만족하므로 Primitive이고, 모델 B는 $Trace(W) > 0$ 을 만족하지 않지만, W를 임의의 정수인 k번만큼 곱했을 때 0보다 큰 값을 가지므로 $(W^k > 0)$ Primitive 하다고 말할 수 있다.

3.4 ANP 기법을 이용한 모델 A 수립

모델 A에 ANP 기법을 적용하는 과정을 단계별로 설명하면 다음과 같다(Mcade Laura M. & Sarkis Joseph, 1998; Sarkis, J., Nehman, G. & Priest, J., 1996).

단계 1 : 모델 구조화

모델 A는 ANP와 AHP를 혼합한 모형이며, 빌딩의 최적 관리

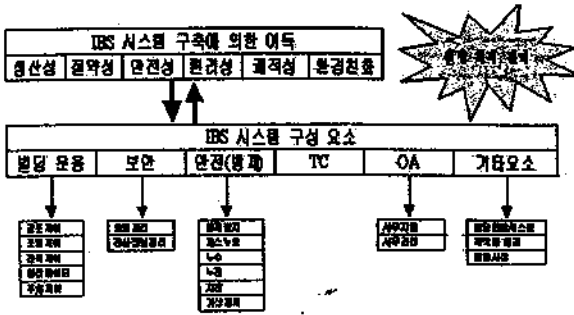


그림 1. 모델 A 구조화 모형.

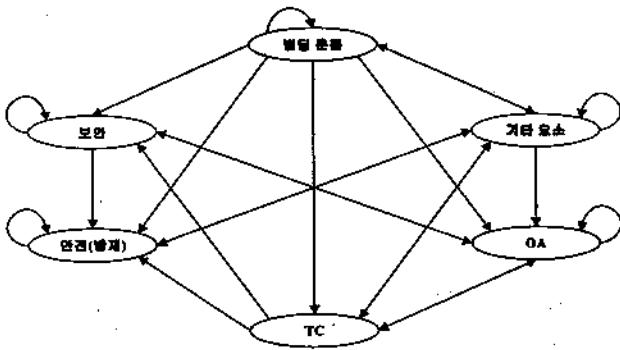


그림 2. 모델 A의 IBS 구성 요소간 상관관계 네트워크.

를 위한 IBS 구축에 영향을 미치는 이득 요소로서 생산성, 절약성, 안전성, 편리성, 쾌적성, 환경친화의 6가지 특성으로 분류하고, 각각의 특성과 빌딩 운용, 보안, 안전(방재), 통신(TC), 사무자동화(OA), 기타 요소의 6가지 IBS 구성 요소들과의 상관관계를 설정하였으며, 6가지 IBS 구성 요소간의 상관 관계도 고려하였다. 그리고 6가지 IBS 구성 요소들의 하부 요소들은 계층화하였다(〈그림 1〉). 즉 하부 구성 요소간에는 독립적이라고 가정하였으며, 중요도 산정은 AHP 기법을 사용하여 얻은 값을 적용하였다. 〈그림 2〉는 IBS 구성요소간의 상관관계를 네트워크로 나타낸 것으로 계층화 구조의 특성상 구성요소에서 화살표가 나가는 방향이 그 구성요소에 영향을 주는 것을 의미한다. 즉 나가는 방향의 중요도를 합하면 1이 된다. 예를 들면 빌딩 운용은 우선 자체적으로 영향을 받고, 보안, 안전(방재), TC, OA, 기타 요소 등 모든 요소로부터 영향을 받는다.

단계 2 : 이원 비교에 의한 소행렬(submatrix) 생성

본 연구에서 대행렬(supermatrix)은 상대적 중요도로 이루어진 4개의 소행렬 A, B, C, D 행렬로 구성된다. 이들 소행렬을 설명하면 아래와 같다.

① A행렬 생성

A 행렬은 6가지 이득 요소 각각에 대한 IBS 구성 요소의 중요도를 나타낸다. 예를 들어 <표 7>은 이득 요소 중 생산성 한 가지만을 고려하였을 때 IBS 구성 요소가 생산성에 미치는 중요도를 보여 주고 있으며, 빌딩운용이 29.2%, TC가 28.4%의 중요도를 갖는 순으로 나타났다. <표 8>은 <표 7>에서 구한 생산성을 제외한 나머지 이득 요소들(절약성, 안전성, 편리성, 쾌

표 7. 생산성만을 고려했을 때 IBS 구성요소의 중요도

생산성	빌딩 운용	보안	안전(방재)	TC	OA	기타 요소	중요도
빌딩 운용	1.000	5.000	3.000	1.000	2.000	5.000	0.292
보안	0.200	1.000	0.500	0.200	0.200	1.000	0.049
안전(방재)	0.333	2.000	1.000	0.333	0.200	3.000	0.094
TC	1.000	5.000	3.000	1.000	2.000	4.000	0.284
OA	0.500	5.000	5.000	0.500	1.000	4.000	0.231
기타 요소	0.200	1.000	0.333	0.250	0.250	1.000	0.051

표 8. 각 이득 부분에 따른 IBS 구성요소의 상대적 중요도

A행렬	생산성	절약성	안전성	편리성	쾌적성	환경 친화
빌딩 운용	0.292	0.549	0.247	0.327	0.402	0.417
보안	0.049	0.053	0.273	0.044	0.073	0.088
안전(방재)	0.094	0.053	0.313	0.046	0.085	0.109
TC	0.284	0.130	0.063	0.183	0.095	0.093
OA	0.231	0.152	0.055	0.183	0.120	0.102
기타 요소	0.051	0.063	0.049	0.218	0.225	0.190

적성, 환경 친화)에 동일한 방식을 적용하여 구한 중요도를 보여 주고 있다.

② B행렬 생성

B 행렬은 IBS 구성 요소 각각에 대한 이득 요소의 중요도를 나타낸다. <표 9>는 IBS 구성 요소 중에서 빌딩 운용 시스템 한 가지만을 고려하였을 때 6가지 이득 요소가 빌딩 운용 시스템에 대해서 어느 정도의 중요도를 갖는지 보여 주고 있으며, 절약성이 28.4%, 편리성이 21.7%의 중요도를 갖는 순으로 나타났다. <표 10>은 <표 9>에서 구한 내용을 빌딩 운용을 제외한 나머지 IBS 구성 요소들(보안, 안전(방재), TC, OA, 기타 요소)에 동일한 방식으로 구한 중요도를 보여 주고 있다.

표 9. 빌딩 운용만을 고려했을 때 이득 부분의 중요도

빌딩 운용	생산성	절약성	안전성	편리성	쾌적성	환경 친화	중요도
생산성	1.000	0.333	1.000	0.333	0.250	0.250	0.063
절약성	3.000	1.000	3.000	2.000	1.000	3.000	0.284
안전성	1.000	0.333	1.000	0.250	0.333	1.000	0.080
편리성	3.000	0.500	4.000	1.000	1.000	2.000	0.217
쾌적성	4.000	1.000	3.000	1.000	1.000	1.000	0.214
환경 친화	4.000	0.333	1.000	0.500	1.000	1.000	0.142

표 10. 각 IBS 구성요소에 따른 이득 부분의 상대적 중요도

B행렬	빌딩 운용	보안	안전 (방재)	TC	OA	기타 요소
생산성	0.063	0.102	0.099	0.269	0.264	0.187
절약성	0.284	0.112	0.112	0.123	0.137	0.121
안전성	0.080	0.433	0.447	0.129	0.086	0.092
편리성	0.217	0.176	0.173	0.248	0.304	0.363
쾌적성	0.214	0.089	0.084	0.103	0.108	0.116
환 경 친 화	0.142	0.089	0.084	0.128	0.101	0.121

③ C행렬 생성

C행렬은 이득 요소간의 상관 관계를 나타내는데, 본 연구에서는 이들 이득 요소 사이에는 상관 관계가 없다고 가정하였고, 원소값을 모두 0으로 하였다.

④ D행렬 생성

D행렬은 IBS 구성 요소간의 상관관계를 나타내는데, <그림 2>의 네트워크를 토대로 구하였다. <표 11>은 빌딩운용 시스템에 영향을 주는 구성 요소들이 빌딩운용 시스템에 대해서 어느 정도의 중요도를 갖는지 보여 주고 있으며, 자체적으로 영향을 받는 것과 보안, 안전이 26.5%로 동일한 중요도를

표 11. 빌딩운용 시스템에 영향을 주는 구성요소에 대한 중요도

생산성	빌딩 운용	보안	안전	TC	OA	기타 요소	중요도
빌딩 운용	1.000	1.000	1.000	3.000	5.000	5.000	0.265
보안	1.000	1.000	1.000	3.000	5.000	5.000	0.265
안전	1.000	1.000	1.000	3.000	5.000	5.000	0.265
TC	0.333	0.333	0.333	1.000	3.000	3.000	0.109
OA	0.200	0.200	0.200	0.333	1.000	1.000	0.048
기타 요소	0.200	0.200	0.200	0.333	1.000	1.000	0.048

표 13. 12×12 초기 대행렬(W)

대행렬	생산성	절약성	안전성	편리성	쾌적성	환경친화	빌딩운용	보안	안전(방재)	TC	OA	기타요소
생산성	0	0	0	0	0	0	0.032	0.051	0.049	0.134	0.132	0.094
절약성	0	0	0	0	0	0	0.142	0.056	0.056	0.062	0.068	0.061
안전성	0	0	0	0	0	0	0.040	0.216	0.224	0.065	0.043	0.046
편리성	0	0	0	0	0	0	0.109	0.088	0.087	0.124	0.152	0.182
쾌적성	0	0	0	0	0	0	0.107	0.044	0.042	0.052	0.054	0.058
환경친화	0	0	0	0	0	0	0.071	0.044	0.042	0.064	0.051	0.061
빌딩운용	0.292	0.549	0.247	0.327	0.402	0.418	1.000	0	0	0	0	0.031
보안	0.050	0.053	0.273	0.044	0.073	0.088	0.132	1.000	0	0.195	0.109	0
안전(방재)	0.094	0.053	0.313	0.046	0.085	0.109	0.132	0.217	1.000	0.195	0	0.168
TC	0.284	0.130	0.063	0.183	0.095	0.093	0.055	0	0	1.000	0.076	0.168
OA	0.231	0.152	0.055	0.183	0.120	0.102	0.024	0.050	0	0.076	1.000	0.102
기타요소	0.051	0.063	0.049	0.218	0.225	0.190	0.024	0	0.083	0.034	0	1.000
합계	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

표 12. IBS 구성 요소간의 중요도 산정

D행렬	빌딩 운용	보안	안전 (방재)	TC	OA	기타 요소
빌딩운용	0.265					0.061
보안	0.265	0.466		0.390	0.218	
안전 (방재)	0.265	0.433	0.833	0.390		0.336
TC	0.109				0.151	0.336
OA	0.048	0.100		0.152	0.630	0.205
기타요소	0.048		0.167	0.068		0.061

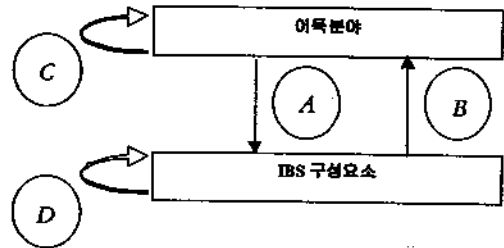


그림 3. 소행렬간의 상관관계.

갖는 것으로 나타났다. 그리고 <표 12>는 나머지 구성 요소들에 대해서 같은 방식으로 구한 중요도를 보여 주고 있다. <그림 3>은 소행렬간의 상관 관계를 나타내고 있다.

단계 3 : 대행렬(supermatrix) 구성

소행렬 A, B, C, D로 구성된 일반적인 대행렬의 구성도를 보면 <그림 4>와 같고, 이를 이용하여 12×12 초기 대행렬(W)을 만들면 <표 13>과 같다.

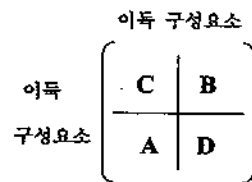


그림 4. 대행렬의 구성.

표 14. 수립된 대행렬 (W^{18})

수립된 대행렬	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	생산성	절약성	안전성	편리성	쾌적성	환경친화	빌딩운동	보안	안전(방재)	TC	OA	기타요소
1	생산성	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
2	절약성	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154
3	안전성	0.246	0.246	0.246	0.246	0.246	0.246	0.246	0.246	0.246	0.246	0.246
4	편리성	0.229	0.229	0.229	0.229	0.229	0.229	0.229	0.229	0.229	0.229	0.229
5	쾌적성	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121
6	환경친화	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108
소 계		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	빌딩운동	0.208	0.208	0.208	0.208	0.208	0.208	0.208	0.208	0.208	0.208	0.208
8	보안	0.456	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156
9	안전(방재)	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282
10	TC	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109
11	OA	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146
12	기타요소	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099
소 계		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

단계 4: 수립된 대행렬 생성

수립된 대행렬은 초기 대행렬 W 를 임의의 정수인 k 번 이상 곱하였을 때 일정한 값으로 수렴되어 얻어진 행렬을 말한다. 초기 대행렬을 18회 이상 곱하면 수립된 값을 가지는 행렬이 생성이 되는데 이것을 표준화한 결과가 <표 14>와 같다. 결과를 해석해 보면 IBS를 구축하였을 때 전체 이득에 대해서 안전성이 24.6%, 편리성이 22.9%의 순으로 중요도를 가지고, 쾌적관리를 위해서는 안전(방재)이 28.2%, 빌딩운동이 20.8%의 순으로 중요도를 갖는 것으로 나타났다.

단계 5: 빌딩의 등급 결정

빌딩의 IBS 구축 정도를 구하기 위한 식은 <표 15>와 같다. 식에서 소분류 구성요소에 대한 중요도(S)는 AHP 기법을 사용하여 얻은 결과를 적용하였고, 예제 빌딩의 시스템 구축 정도(E)는 기존의 등급 결정 기준을 토대로 전문가의 의견을 반영

표 15. IBS 빌딩 구축 정도 산정식

$$G_i = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{A_j} B_j S_{kj} E_{jk}$$

G_i : 예제 빌딩을 적용하여 구한 점수(0~1)
 B_j : 대분류 구성 요소 j 의 중요도
 S_{kj} : 대분류 구성 요소 j 에 속한 소분류 구성요소 k 의 중요도
 E_{jk} : 구성 요소 k 의 예제빌딩 i 의 시스템 구축정도
 j : 대분류 구성 요소의 수
 A_j : 소분류 구성 요소의 수
 i : 예제 IBS빌딩 번호

표 16. 등급 판정 기준표

등급	점수
1등급	0.9~1.0
2등급	0.8~0.9
3등급	0.7~0.8
4등급	0.4~0.7
5등급	0.4 이하

하여 구하였다. 점수 간격에 의한 등급 판정 기준 표는 <표 16>과 같은데, 이것은 국내의 최상급, 중간급, 저급 IBS 빌딩을 선택하여 점수를 산정한 후 적절한 간격을 두어 정하였다.

본 연구에서 제시한 등급 결정 기준을 적용하기 위하여 4개의 실제 IBS 빌딩을 예로 들었으며, 결과는 <표 17>과 같다. 예제 빌딩에서 P빌딩은 점수로는 0.986점으로 1등급이며, J증권과 N종합금융은 각각 0.852, 0.816점으로 2등급, D빌딩은 0.320점을 받아서 5등급으로 판정되었다.

3.5 ANP 기법을 이용한 모델 B 수립

모델 B는 모델 A에서 적용한 6가지 IBS 구성 요소를 세분화하여 19가지 하위 구성 요소로 나누어 각 구성 요소간의 직접적인 상관관계를 반영한 네트워크 모형으로서, IBS 최적 관리를 평가하기 위한 6가지 이득 요소와의 관련성을 적용하여 25×25 대행렬을 구성하였다. 대행렬의 크기를 제외하고 모델 A와 적용 방법이 같으므로 상세한 설명은 생략한다. <표 18>은 19가지 하위 구성 요소들 간의 영향관계를 나타낸 것이고, <표 19>는 25×25 초기 대행렬 W 를 보여 주고 있다. 그리고 <표 20>은 초기 대행렬을 17회 이상 곱했을 때 수립한 결과로 나

표 17. 실제 IBS 빌딩의 등급 결정

대분류(B)	중요도	소분류(S) AHP 결과	중요도	P빌딩의 구축정도(E)	점수(D)	D빌딩의 구축정도	점수(D)	J증권의 구축정도	점수(D)	N종합금융의 구축정도(E)	점수(D)
빌딩 운영	0.208	공조 위생 제어	0.416	1.000	0.087	0.400	0.035	0.900	0.78	0.800	0.069
		조명 제어	0.168	1.000	0.035	0.400	0.014	0.900	0.032	0.800	0.028
		전력 제어	0.233	1.000	0.049	0.400	0.019	0.900	0.044	0.900	0.044
		엘리베이터 제어	0.119	1.000	0.025	0.500	0.012	0.800	0.020	0.800	0.020
		주차 설비 제어	0.063	1.000	0.013	0	0	0.900	0.012	0.900	0.012
보안	0.156	출입감시	0.469	1.000	0.073	0.300	0.022	0.900	0.066	0.900	0.066
		전산 정보 관리	0.531	1.000	0.083	0.300	0.025	0.900	0.075	0.900	0.075
안전 (방재)	0.282	화재방지	0.351	1.000	0.099	0.500	0.050	0.900	0.089	0.800	0.076
		가스누출	0.168	1.000	0.047	0	0	0.800	0.038	0.800	0.038
		누수	0.092	1.000	0.026	0	0	0.900	0.023	0.500	0.013
		누전	0.151	1.000	0.043	0.800	0.034	0.900	0.038	0.900	0.038
		지진	0.186	1.000	0.053	0	0	0	0	0.500	0.026
		기상관제	0.051	0	0	0	0	0	0	0	0
TC	0.109		1.000	1.000	0.109	0.400	0.043	0.900	0.098	0.900	0.098
OA	0.146	사무지원	0.748	1.000	0.109	0.200	0.022	1.000	0.109	1.000	0.109
		사무관리	0.252	1.000	0.037	0.200	0.007	1.000	0.037	1.000	0.037
기타요소	0.099	빌딩안내서비스	0.153	1.000	0.015	0	0	1.000	0.015	0	0
		쾌적한 환경	0.542	1.000	0.053	0.400	0.021	0.900	0.048	0.800	0.043
		편의 시설	0.305	1.000	0.030	0.500	0.015	1.000	0.030	0.700	0.021
각 빌딩이 획득한 점수				0.986		0.320		0.852		0.816	
등급 결정				1등급		5등급		2등급		2등급	

표 18. 하위 구성 요소들 간의 영향관계

번호	구성요소	영향을 주는 구성요소
1	공조위생	전력제어, 화재방지, 가스누출, 누수, 지진, 기상관제, TC, 사무지원, 쾌적한 환경, 편의시설
2	조명제어	전력제어, 출입관리, 화재방지, 가스누출, 누수, 지진, TC, 사무지원, 쾌적한 환경, 편의시설
3	전력제어	화재방지, 가스누출, 누수, 지진, 쾌적한 환경, 편의시설
4	엘리베이터	전력제어, 출입관리, 화재방지, 가스누출, 누수, 지진
5	주차관제	출입관리
6	출입관리	화재방지, 가스누출, 누수, 지진, 사무지원, 사무관리
7	전산관리	출입관리, 사무지원
8	화재방지	가스누출, 누전, 지진, 쾌적한 환경
9	가스누출	지진, 쾌적한 환경
10	누수	지진, 쾌적한 환경
11	누전	지진
12	지진	전력제어
13	기상관제	전력제어
14	TC	출입관리, 전산관리, 화재방지, 가스누출, 누수, 누전, 지진, 기상관제, 사무지원, 빌딩안내
15	사무지원	출입관리, 전산관리, TC, 사무관리
16	사무관리	출입관리, 전산관리, TC
17	빌딩안내	기상관제, TC, 사무지원
18	쾌적한 환경	공조위생, 조명제어, 전력제어, 엘리베이터, 가스누출, 누수, TC
19	편의시설	주차관제, 화재방지, TC, 빌딩안내

은 25개의 중요도를 표준화하여 나타낸 것이다. 이를 분석해 보면, 모델 B에서는 전체 이득에 대해서 안전성이 29.6%, 편리성이 20.0%의 순으로 중요도를 가지고, 최대 이득을 위해서는 지진방지가 12.8%, TC가 11.1%의 순으로 중요도를 갖는 것으로 나타났다.

모델 A에서 적용된 예제 IBS 빌딩을 모델 B에 적용해 보면 <표 21>과 같고, P 빌딩은 1등급, J증권과 N종합금융은 3등급, D빌딩은 5등급으로 모델 A에 비해 점수와 등급이 다소 낮아졌다.

3.6 AHP 적용 결과 및 모델 A와 모델 B의 비교 분석

AHP 기법을 적용하여 얻은 중요도는 IBS 구성 요소가 상호 독립이라는 가정하에 산정되었다. 그러므로 구조가 간단하고, 설문수도 36개로 적어 결과 도출이 쉽다. 그러나 구성요소가 계층화되었기 때문에 구성 요소간에 존재하는 상관 관계가 전혀 고려되지 않은 단점을 가지고 있다. 가장 큰 중요도를 갖는 구성 요소는 TC(24.5%)로 다른 구성 요소에 비해 매우 큰 값을 나타내었다. 모델 A는 ANP 기법과 AHP 기법을 혼합한 것으로, 설문 개수가 218개로 모델 B가 1,539개인 것에 비해 적어 분석 시간이 적게 드는 장점이 있다. 그러나 대분류로 나눈 IBS 구성 요소들간의 상관 관계만을 고려하였기 때문에 현실 반영에 미흡한 점이 있다. 모델 B는 모델 A에 비해 구성 요소를 더 세분화하여 모든 구성 요소간의 상관관계를 자세히 반영하였다. 그러나 결과 도출을 위한 과정이 복잡하며, 설문이 너무 많아 전문가의 판단 착오로 인한 잘못된 결과가 산정될 우려가

표 20. 표준화시킨 중요도 (W^* , 한 컬럼만 표시)

목적 : 최적관리		
이 득 부 분	생산성	0.166
	절약성	0.137
	안전성	0.296
	편리성	0.200
	쾌적성	0.111
	환경 친화	0.091
	소 계	1.000
I B S 구 성 요 소	공조위생제어	0.044
	조명제어	0.029
	전력제어	0.111
	엘리베이터제어	0.020
	주차 관제	0.015
	출입관리	0.041
	전산관리	0.028
	화재방지	0.086
	가스누출	0.063
	누수	0.044
	누전	0.036
	지진	0.128
	기상관제	0.024
	TC	0.093
	사무지원	0.039
	사무관리	0.037
	빌딩안내	0.028
	쾌적한 환경	0.086
	편의 시설	0.052
	소 계	1.000

있다.

모델 A와 모델 B를 좀더 자세히 비교해 보면, IBS 최적 관리를 수행하기 위해 가장 중요한 이득 요소로 모델 A, B 모두 안전성으로 나타났으며, 두 모델간 차이점은 절약성과 생산성의 순위가 바뀐 것을 제외하고는 같은 결과를 보였다. IBS 구성 요소에 대해서는 모델 A가 TC와 사무 지원 시스템에 중요도가 가장 컸으며, 모델 B는 지진 방지 시스템, 전력 제어 시스템 순으로 중요도를 갖는 것으로 나타났다.

특히 모델 B의 결과를 분석해 보면 이원 비교 수행시에는 중요도가 크지 않은 구성 요소가 다른 구성 요소에 영향을 많이 주기 때문에 수립된 대행렬에서 중요도가 증가하는 결과를 보였다. 다시 말해 모델 A에서 작은 중요도를 가졌던 지진 방지 시스템(5.3%)과 전력 제어 시스템(4.9%)이 모델 B에서는 각각 12.8%와 11.1%로 두 배 이상의 중요도를 갖게 됨으로써 가장 중요도가 큰 시스템이 되었는데, 그 이유는 모델 A에서는 지진 방지 시스템은 안전(방재) 시스템에, 전력 제어 시스템은 빌딩 운용 시스템에 계층화되어 있어서 다른 시스템간의 상관 관계를 고려하지 못하였으나, 모델 B에서는 계층화 구조를 없애고 두 시스템이 영향을 줄 수 있는 모든 시스템간의 상관 관계를 설정하였기 때문이다. 제시된 두 모델 중 어떤 모델을 선택할 것인가는 분석에 요구되는 시간과 비용을 신중히 고려하여 결정해야 한다.

<표 22>는 AHP 기법을 적용한 결과와 모델 A 그리고 모델 B에서 각 IBS 구성 요소가 갖는 중요도 및 중요도 순위를 나타낸 것이다. AHP 기법을 적용한 결과는 업무 지원을 위한 시스

표 21. 실제 IBS 빌딩 등급 결정

대분류(B)	중요도	소분류(S)	중요도	P빌딩의 구축정도(E)	점수 (D)	D빌딩의 구축정도(E)	점수 (D)	J중권의 구축정도(E)	점수 (D)	N종합금융의 구축정도(E)	점수 (D)
빌딩운용	0.217	공조위생 제어	0.200	1.000	0.044	0.400	0.17	0.900	0.039	0.800	0.035
		조명 제어	0.132	1.000	0.029	0.400	0.011	0.900	0.026	0.800	0.023
		전력 제어	0.509	1.000	0.111	0.400	0.044	0.900	0.100	0.900	0.100
		엘리베이터 제어	0.092	1.000	0.020	0.500	0.010	0.800	0.016	0.800	0.016
		주차 설비 제어	0.068	1.000	0.015	0	0	0.900	0.013	0.900	0.013
보안	0.069	출입감시	0.590	1.000	0.041	0.300	0.012	0.900	0.036	0.900	0.036
		전산 정보 관리	0.400	1.000	0.028	0.300	0.008	0.900	0.025	0.900	0.025
안전 (방재)	0.380	화재방지	0.226	1.000	0.086	0.500	0.043	0.900	0.077	0.800	0.069
		가스누출	0.165	1.000	0.063	0	0	0.800	0.050	0.800	0.050
		누수	0.115	1.000	0.044	0	0	0.900	0.039	0.500	0.022
		누전	0.096	1.000	0.036	0.800	0.029	0.900	0.033	0.900	0.033
		지진	0.336	1.000	0.128	0	0	0	0	0.500	0.064
기상관제	0.062	0	0	0	0	0	0	0	0		
TC	0.093		1.000	1.000	0.093	0.400	0.037	0.900	0.083	0.900	0.083
OA	0.076	사무지원	0.511	1.000	0.039	0.200	0.008	1.000	0.039	1.000	0.039
		사무관리	0.489	1.000	0.037	0.200	0.007	1.000	0.037	1.000	0.037
기타요소	0.165	빌딩안내서비스	0.169	1.000	0.028	0	0	1.000	0.028	0	0
		쾌적한 환경	0.517	1.000	0.086	0.400	0.034	0.900	0.077	0.800	0.068
		편의 시설	0.314	1.000	0.052	0.500	0.026	1.000	0.052	0.700	0.036
각 빌딩이 획득한 점수				0.976		0.288		0.771		0.750	
등급 결정				1등급		5등급		3등급		3등급	

표 22. AHP 적용 결과 및 모델 A와 모델 B의 각 IBS 구성 요소가 갖는 중요도 및 중요도 순위

구분	AHP	순위	모델A	순위	모델B	순위
공조위생제어	0.109	3	0.087	4	0.044	9
조명제어	0.044	7	0.035	13	0.029	14
전력제어	0.061	5	0.049	9	0.111	2
엘리베이터제어	0.031	13	0.025	16	0.020	18
주차 관계	0.016	16	0.013	19	0.015	19
출입관리	0.039	9	0.073	6	0.041	10
전산관리	0.045	6	0.083	5	0.028	15
화재방지	0.073	4	0.099	3	0.086	4
가스누출	0.035	11	0.047	10	0.063	6
누수	0.019	15	0.026	15	0.044	8
누전	0.031	12	0.043	11	0.036	13
지진	0.038	10	0.053	8	0.128	1
기상관계	0.011	18	0.014	18	0.024	17
TC	0.245	1	0.109	2	0.093	3
사무지원	0.118	2	0.109	1	0.039	11
사무관리	0.040	8	0.037	12	0.037	12
빌딩안내	0.007	19	0.015	17	0.028	16
쾌적한 환경	0.024	14	0.053	7	0.086	5
편의 시설	0.014	17	0.030	14	0.052	7
합계	1.000		1.000		1.000	

템적인 중요도가 높게 산정되어 있는 반면, 모델 A와 모델 B는 빌딩의 안정적인 면과 인간 중심적인 면(환경 및 편의시설)의 중요도가 큰 것으로 나타났다.

4. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 IBS 개념을 재정립해 보았고, IBS를 구성하는 요소들의 중요도를 고려한 IBS 빌딩의 등급 결정을 위한 방안을 제시하였다. 기존의 IBS는 시스템 측면에 중점을 둬서 관리와 서비스에 소홀히 대처하여 경제적으로 큰 손실을 입었다. 그러므로 IBS는 시스템 설치와 더불어 관리 및 서비스가 유기적으로 결합되어야 비용절감 효과를 기대할 수 있다. 아울러 빌딩의 사용 목적에 맞는 시스템을 구축함으로써 경제성과 효율성을 고려해야 한다.

ANP 기법을 사용하면 IBS 구성 요소들간의 상관 관계 설정이 가능하며, 이를 적용하여 두 가지 실험적 모델(모델 A, 모델 B)을 제시하였다. 그리고 이들을 이용하여 실제 IBS 빌딩의 등급 결정을 예시해 보았다. 제시된 모델은 통합 관리되고 있는 IBS 구성요소의 중요도를 고려하였으므로 기존의 방법에 비해 빌딩의 등급 결정에 더 적합한 방법이라고 말할 수 있다.

그러나 이같은 분석 기법을 실제의 IBS 등급 결정에 활용하

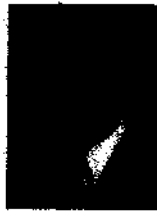
기 위해서는 보다 치밀한 연구와 준비가 있어야 할 것이다. 우선 본 연구에서 등급을 산정하는 기준은 IBS를 구축하였을 때 얻어지는 이득 면만을 고려하였으나, 비용에 관련된 면도 함께 고려하여 실제 IBS 빌딩에 적용하였을 때 이득을 기준으로 하여 얻은 점수와 비용을 기준으로 하여 얻은 점수를 비교하여 IBS를 구축할 것인지의 타당성 여부 및 구축의 효율성을 검증할 수 있다. 그리고 IBS 전문가들의 의견을 수렴하여 표준화된 설문지를 작성하고, 현실을 잘 반영할 수 있는 분석 기법도 보완하여 재정립하여야 할 것이다. 이를 위해 우선 IBS 표준화가 서둘러 시행되어야 하며, 이것은 IBS 업체간에 이해 관계를 조금씩 양보하여 시스템간 이 기종 호환을 가능하게 하고, 체계화된 정책 결정을 수립함으로써 이루어질 수 있다. 또한 데이터베이스를 구축함으로써 효율적인 관리를 하여 비용절감은 물론 좀더 일관적인 IBS빌딩의 등급 결정이 수행될 수 있도록 한다.

참고문헌

- 강성범 (1997. 12), AHP를 이용한 부도예측 모형의 설계와 검증 LOGIT 모형과 AHP 모형의 비교를 중심으로, *숭실대학교 석사학위논문 경영학파*
- 김태선 (1993. 12), 한국형 인텔리전트 빌딩 서비스 등급 설정에 관한 연구, *연세대학교 석사학위논문 전자공학파*
- 빌딩정보 (1997. 7), 한국빌딩건설협회
- 윤여송, 임덕구 외 역 (1991), NTT building technology institute corporation, *인텔리전트 빌딩 설계 계획 가이드북(Planning and design guide book for intelligent buildings)*, 技多利.
- 이희균 (1996. 12), 인텔리전트 빌딩의 등급과 기능별 면적구성비에 관한 연구, 고층 사무소건축을 중심으로, *영남대학교 석사학위논문 건축공학파*
- Fareh Zahedi (1986), The Analytic Hierarchy Process A Survey of the Method and its Applications *INTERFACES*, 16(4), 96-108.
- Meade Laura M. and Sarkis Joseph (1998), Strategic Analysis of logistics and supply Chain Management Systems using the Analytical Network Process, *Transpn Res-E(Logistics and Transpn Rev.)*, 34(3), 201-215.
- Ramanathan, R. and Ganesh, L. S. (1994), Group preference aggregation methods employed in AHP : An evaluation and an intrinsic process for deriving members weightages, *European Journal of Operational Research*, 79, 249-265.
- Saaty, T.L. (1996), *Decision making with dependence and feedback the analytic network process*, RWS Publisher, USA.
- Sarkis, J., Nehman, G. and Priest, J. (1996), A systemic evaluation model for environmentally conscious business practices and strategy *Electronics and the Environment*, ISEE-1996., Proceedings of the 1996 IEEE International Symposium on 1996, 281-286.
- Vargas, L. G. (1990), An overview of the analytic hierarchy process & its applications, *European Journal of Operational Research*, 48, 2-8.
- Zone-Ching Lin, Chu-Been Yang (1996), Evaluation of machine selection by the AHP method, *Journal of materials Processing Technology*, 57, 253-258.



유수현
인하대학교 산업공학과 학사
고려대학교 산업공학과 석사
현재: (주)세인인포테크 기술연구소
관심분야: 시스템 통합(SI), ASP, 생산관리



김승권
서울대학교 기계공학과 학사
Stanford University 산업공학과 석사
UCLA 시스템공학과 박사
현재: 고려대학교 산업공학과 교수
관심분야: 경제성 분석, 생산 및 설비 관리의
DBMS를 활용한 의사결정지원 시스템 개발,
SCM, 수자원시스템 분석