

퍼지추론을 이용한 실내환경 쾌적감성과 감각과의 구조 분석

A Structural Analysis between Comfort Feeling and Sensing in Indoor Environment Using Fuzzy Inference

김 진*, 조 암**

ABSTRACT

There are various kinds of good feelings in indoor environment such as comfort, pleasure, delight, refreshment, geniality, etc. Each feeling is interrelated with other complex elements of senses such as warmth, coldness, calmness, clearness, brightness, etc. In this paper, we described what is good feeling in indoor environment, and developed elements of good feelings using Emotion & Sensibility engineering approach. Resultant elements of good feelings were "comfort," "refreshment," and "freshness." Secondary, we investigated the relationships of these elements with certain elements of senses. "Comfort" is related with "warmth, calmness, brightness, and very clearness in indoor air." "Refreshment" and "freshness" are related with "coldness, moderately calmness, very brightness, and very clearness in indoor air." The relationships were formulated as a fuzzy model. By applying human intuition to this model, we could determine physical ranges of "comfort, refreshment, and freshness."

* 김천대학 산업정보시스템공학과

** 동국대학교 산업정보대학 산업공학과

1. 서론

실내환경을 총괄 제어하는 인공지능 컴퓨터에게 “쾌적하게 하라”고 명령을 하였다고 하면 이 컴퓨터는 어떻게 제어할 것인가? 기존의 여러 연구 결과를 적용하여 환경을 설정하였다고 하자. 예를 들면 온도는 18℃ ~ 23℃로 유지하고, 조도는 500lux ~ 800lux로, 습도는 60% 내외, 소음은 60 dB이하로 유지하도록 조절하는 것이 쾌적한 환경을 만들었다고 할 수 있는가? 일정한 환경에서 쉬고 있는 사람이나 작업을 하고 있는 사람이 실내환경에 대한 느낌이 같을 수 있을까? 객관적인 지표나 쾌적 기준이 마련되었다고 하여도 실내환경에 대한 인간의 느낌은 개개인의 신체적인 특성과 노동상태, 작업의 지속시간 등에 따라 달라지게 된다. 즉 인간은 제각각 자신에게 누적시켜 온 지식이나 기억의 구조를 가지고 있기 때문에 실내환경에 대한 쾌적감에도 주관적으로 체험화를 이루고 있다(羽根 義, 1993 ; 山田富美雄, 1994 ; 宮崎良文, 1996). 그러므로 외계 혹은 환경을 인식하고 지각하게 되는 감각반응 및 쾌적감과 물리량의 값은 일대 일로 대응하지 못한다. 결국 인간의 주관적인 만족감을 충족시킬 수 있도록 설계되어야 진정한 쾌적환경을 만드는 것이라고 생각된다.

본 연구에서는 실내환경에 있어서 인간이 주관적으로 느끼는 쾌적감이 어떤 구조로 이루어져 있는지를 알기 위하여 감성공학의 방법을 응용하여 쾌적감의 요소이미지를 구하고, 그 요소이미지는 또 어떤 감각요소로서 이루어져 있는지를 퍼지모델로서 표현하도록 하였다. 또한 환경에 대한 인간의 직감을 소속함수로 표현하여 이 모델에 적용함으로써 쾌적범위를 나타내도록 하였다.

2. 쾌적의 개념

2.1 쾌적감

쾌적하다고 하는 것에 대한 정확한 정의는 없으나 먼저 사전에 의하면 “심신에 적합하여 기분이 썩 좋음”, “상태가 좋고 기분이 좋은 것”으로 표현되어 있다. “심신에 적합하다”는 것과 “상태가 좋다”고 하는 것은 외부의 환경과 무리없이 일치하는 것을 의미하고 “기분이 좋은 것”이란 그 결과 생기게 되는 인간의 심리적인 상태를 의미하고 있다. 또한 쾌적과 관련되어 비슷하게 사용되는 사전적인 용어로는 agreeable(기분좋은, 상쾌한, 유쾌한), pleasant(즐거운, 쾌활한, 기분좋은), delightful(매우기쁜, 매력적인), comfortable(기분좋은, 안락한, 편안한) 등이 있다.

인간이 느끼는 쾌적감은 개개인 교유의 적용 논리를 가지고 자신의 가치판단과 의사결정을 바탕으로 제각각 자신에게 누적시켜온 지식이나 기억의 구조로서 개인의 체험에 따라 차이가 있는 하나의 이미지이다(김진과 조암, 1998a). 인간의 마음과 육체를 별개의 실체로 볼 것인지 아니면 분리된 것으로 볼 것인지에 대한 논란은 끊이지 않고 있다. 더구나 마음 그 자체가 독립 영역으로 구분될 수 있느냐 하는 문제는 훨씬 더 복잡하다. 다시 말하면 신체적인 기관은 해부학적으로 자기 독립적으로 구분되어 상호작용하고 있는데 마음의 단위구조, 즉 지각, 인지, 감각, 감정으로 구분되어 설정될 수 없다는 것은 아니라는 것이다(정찬섭, 1998). 실내환경에 있어서 인간이 쾌적감을 느낀다고 하는 것은 어떤 내부 구조를 이루고 있는가를 감성공학의 방법을 적용하여 감각, 감각이미지, 쾌적감의 요소이미지의 차원으로 분리하여 그 구조를 표현하면 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 물론 이것은 조작할 수 없는 추상적인 개념을 조작가능한 하부 구성 개념들로 분해하여 다루려고 하는 전통적인 방법으로 쾌적의미의 대역폭이

그림 1. 감성공학적 방법에서의 쾌적감의 구조

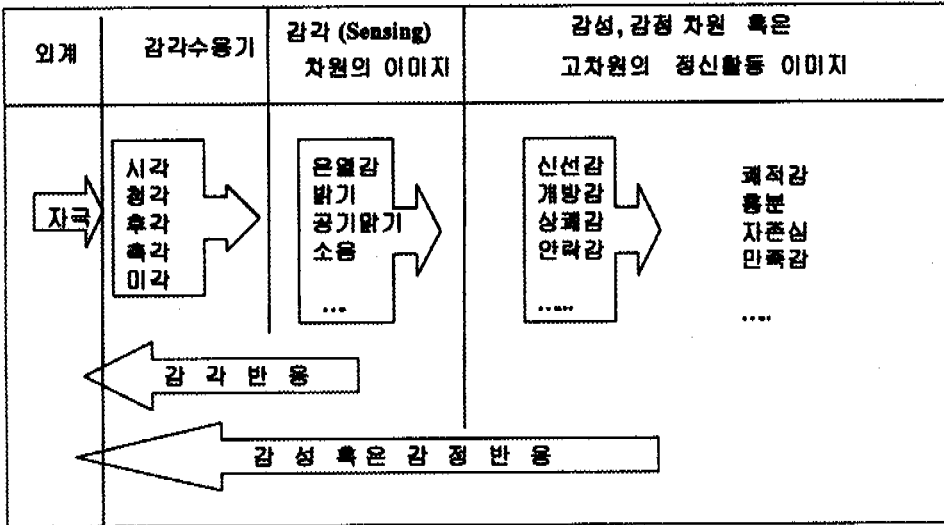
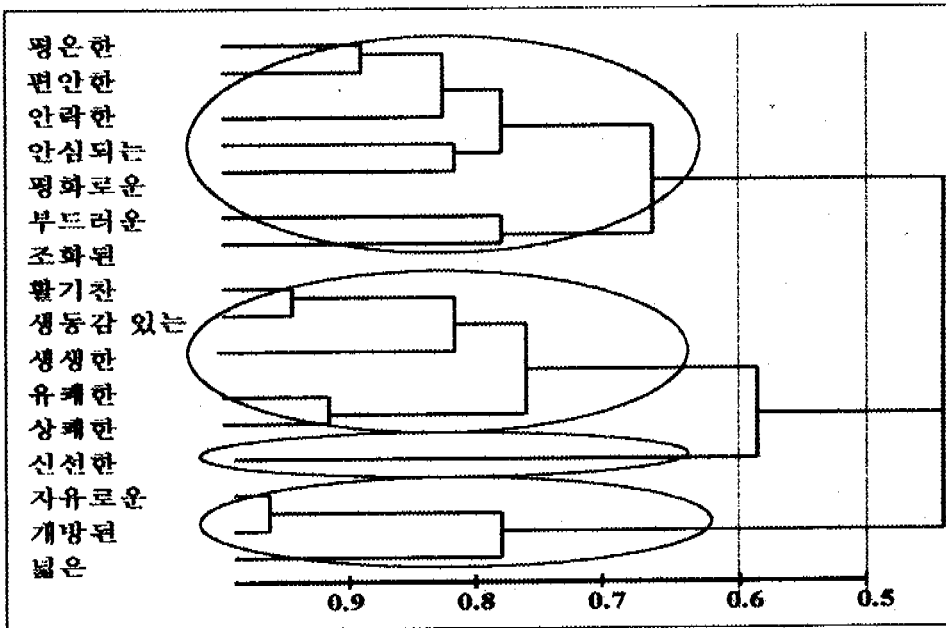


그림 2. 환경에 대한 쾌적감의 요소이미지 dendrogram



좁아져 거대 심리현상을 설명하는데 빈틈이 없는 것도 아니다. 하지만 쾌적감을 구성하고 있는 하부이미지를 추출하고, 하부이미지와 감각적 이미

지와의 관계를 종합적으로 표현함으로써 그 개념의 모호성을 극복하여 객관성을 높일 수 있다고 생각한다.

2.2 쾌적감의 요소이미지

쾌적감의 요소이미지를 추출하기 위하여 우리나라 정서관련 어휘에 관한 연구(김영아 등, 1998 ; 안신호 등, 1993)와 쾌적이미지 추출과 관련된 연구(김진과 조암, 1998b)에서 쾌/불쾌 범주에 해당되는 80개의 어휘를 추출하고, 이들 어휘 중 실내환경의 쾌적감과 관계 있는 어휘를 선별하기 위하여 20대 중반의 남녀 학생 각각 50명씩을 대상으로 설문조사한 결과로서, 피험자의 85%이상이 실내환경 쾌적감과 관련된 어휘로 답한 16개의 어휘를 추출하였다. 추출된 어휘의 유사성 정도를 알아내기 위하여 16가지 어휘를 행렬로서 표시하고 유사한 어휘에 대하여 답하게 하였다. 안신호 등(1993)의 연구에서와 같은 방법으로 유사성 지표를 집계하여 4가지의 그룹으로 분류할 수 있었다.

그 다음으로 추출된 16가지 어휘에 대해 쾌적한 환경의 평가시 중요하게 여기는 어휘에 대해 설문조사 하였다. 빈도가 큰 어휘는 “신선한, 안락하고 평온한, 상쾌한, 평화로운, 편안한 등”의 순으로 나타났다. 실내환경의 평가시 중요하다고 생각되는 어휘를 4개의 그룹을 대표할 수 있는 요소이미지로 선정하여 “신선한, 평온하고 안락한, 상쾌한, 넓은”을 얻을 수 있었다. 그림 2는 이들 결과를 dendrogram으로 나타낸 것이다.

2.3 쾌적감 요소이미지의 구조분석

온도, 밝기, 소음, 공기맑기와 같은 감각이미지가 추출된 쾌적감의 각 요소이미지 어휘에 대하여 어느정도 영향을 미치는가에 대하여 같은 피험자에 대하여 설문조사하였다. 추출된 요소이미지 중에서 “넓은”은 공간지각에 관한 것이다. 공간의 지

표 1. 쾌적감 요소이미지에 미치는 감각요소의 가중치(W_{ij})

i \ j	온도감	소음감	밝기감	공기맑기감
안락감	0.85	0.89	0.79	0.86
상쾌감	0.86	0.76	0.86	0.94
신선감	0.87	0.70	0.77	0.93

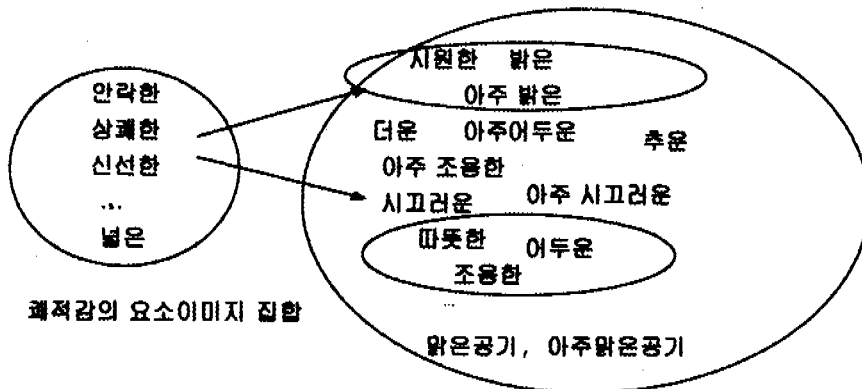


그림 3. 쾌적감의 요소이미지와 감각이미지의 관계

각은 장기 및 단기의 기억활동이 포함되는 것으로 단순한 시각적인 반응으로 나타나는 것이 아니다 (Szokolay, 1996). 본 절에서는 쾌적감의 요소이미지와 감각이미지와와의 관계를 알아보는 것으로서 감각이미지와 직접적으로 관련시키기 어려운 "넓은"은 제외하고 "신선한, 안락한, 상쾌한"과 감각이미지와의 관계를 분석하는 실험을 행하였다. 설문조사의 척도는 7단계 척도를 사용하여 "절대로 영향을 미치지 않는다"를 1점으로, "절대적으로 영향을 미친다"를 7점으로 하였다. 결과에 의하면 안락감에 영향을 미치는 감각이미지는 "소음, 공기의 맑기, 온도, 밝기"의 순이며, 상쾌감은 "공기 맑기, 밝기와 온도감, 소음"의 순으로 나타났다. 또한 신선감은 소음의 영향이 가장 적고 그 다음이 "밝기", 그리고 "온도"와 "공기맑기"가 중요하게 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 각 감각요소의 평균값을 7점으로 나누어 표준화시킨 값으로 가중치를 구하여 표 1에 나타내었다. 추출된 쾌적감의 하부요소이미지(신선한, 안락한, 상쾌한)는

감각이미지(따뜻한, 조용한, 맑은공기 등)와의 상호작용과 조합으로 이루어진다고 가정하고 이들의 관계를 집합론적으로 나타내면 그림 3와 같이 나타낼 수 있다.

다음으로 쾌적감의 요소이미지와 감각이미지와의 관계를 알아보는 실험을 행하였다. 실험은 동일한 피험자에 대하여 각 쾌적요소이미지와 관련된 감각이미지에 대해 답하게 하였다. 여기서 감각이미지는 5단계 척도법을 사용하여, 온열감에 대해서 "추운, 시원한, 보통, 따뜻한, 더운"을 사용하였고, 밝기에 대한 감각이미지로서는 "아주 밝은, 밝은, 보통, 어두운, 아주 어두운"으로, 소리에 대한 감각이미지로서 "아주 조용한, 조용한, 보통, 시끄러운, 아주 시끄러운", 공기맑기에 대한 감각이미지로서는 "아주 탁한, 탁한, 보통, 맑은, 아주맑은"으로 구분하였다. 실험 결과에 대한 빈도분포를 그림 4에 나타내었다.

그림 4를 보면 쾌적감의 모든 요소이미지에 대해서 공기의 맑기는 "아주 맑은" 감각이미지를 가

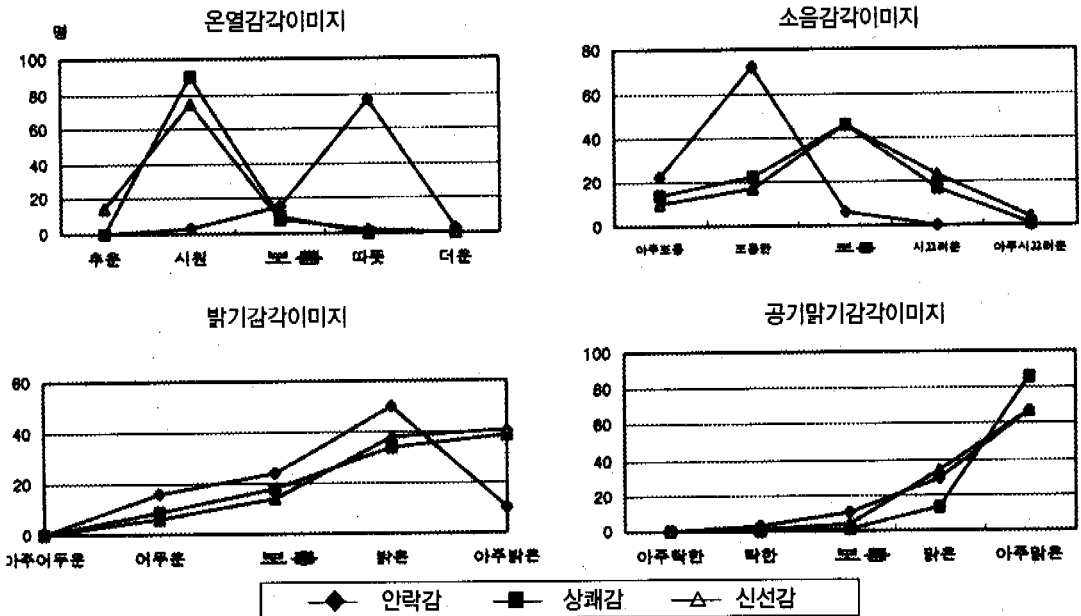


그림 4. 쾌적요소이미지와 감각이미지와의 관계 히스토그램

지고 있으며, 밝기는 안락감이 “밝은” 감각이미지를 가지고 있으나, 상쾌감과 신선감은 “아주밝은” 감각이미지를 가지고 있음을 알 수 있다. 소음감각이미지에서는 안락감은 “조용한” 감각이미지를 가지고 있으나 상쾌감과 신선감은 “보통정도의 소음”을 가지고 있으며 분포의 형태도 “조용한”에서 “시끄러운” 정도로의 분산이 있음을 보여준다. 마지막으로 온열감각이미지와와의 관계를 보면 상쾌감과 신선감은 “시원한” 감각이미지를 가지고 있으나 안락감은 “따뜻한” 감각이미지와 관계가 있음을 볼 수 있으며 분포의 형태도 “시원함”과 “따뜻함”에 집중되어 있음을 볼 수 있다. 따라서 안락감이라는 이미지는 따뜻하고, 조용하며, 밝고, 공기가 아주 맑은 감각이미지를 가지고 있으며, 상쾌감과 신선감은 시원하고, 보통정도의 소음, 아주 밝으며, 공기가 아주 맑은 감각이미지를 가지고 있으며 이 두 요소이미지는 거의 비슷한 형태를 가지고 있음을 알 수 있다.

3. 쾌적감의 퍼지구조

3.1 쾌적감요소이미지와 감각이미지의 퍼지구조

이상과 같은 쾌적감의 요소이미지와 감각이미지와의 관계를 퍼지집합을 적용하여 쾌적감 요소이미지 구조의 형태를 표현한다. 우선 감각이미지가 쾌적감의 요소이미지에 속하는 정도를 소속값으로 표현하였는데 이것은 쾌적감의 요소이미지와 감각

이미지와의 관계를 알아보는 실험에서 추출된 빈도의 상대 비율로서 구하여 0과 1사이 값으로 변환하였다. 감각이미지와 쾌적감요소이미지 중 밝기 감각에 대한 예의 소속값을 표 2에 나타내었다.

예를 들면 안락감에 있어서 온도감각이미지 중 “따뜻한”이 가장 많은 빈도를 차지하고 있으므로 소속값을 1로 하였으며 “보통정도”의 온도감각이미지는 소속정도를 0.5로 하였다. 쾌적감의 요소이미지 모두에 대해 온도감각이미지는 “시원한”이나 “따뜻한”에 집중되어 있어 “시원한”이 충족되지 않으면 상쾌감이나 신선감이 크게 떨어질 경향이 있고, “따뜻한”이 충족되지 않으면 안락감에 큰 영향을 미치게 됨을 알 수 있다. 반대로 소음감각이미지 중 “조용한”은 안락감에는 크게 영향을 미치지 않지만 상쾌감이나 신선감에는 그다지 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 밝기감각이미지는 쾌적감 요소이미지 모두에 대해 “보통이상의 밝기”를 가지도록 요구하고 있으나, 공기맑기의 감각이미지는 아주 맑은 정도에 집중되고 있어 공기에 대한 맑은 이미지가 충족되지 않으면 쾌적감 요소이미지 모두에 대해 좋지 않은 영향을 크게 미치게 됨을 알 수 있다. 그러나 각 감각요소가 쾌적감의 요소이미지에 미치는 영향이 같지 않으므로 감각요소가 쾌적감의 요소이미지에 미치는 영향을 가중치로서 사용하였다(표1 참조).

감각이미지의 쾌적감 요소이미지에 속하는 소속값과 가중치가 결정되었으므로 출력의 상관관계를 나타내는 퍼지집합으로 표현한다. 감각요소의 가중치를(W_i)로, 온도감각이미지를 F_1 , 소음감각이

표 2. 쾌적요소이미지에 대한 밝기감각이미지의 소속값

밝기감각이미지	아주어두운	어두운	보통	밝은	아주밝은
안락감	0	0.3	0.5	1	0.2
상쾌감	0	0.2	0.5	0.9	1
신선감	0	0.15	0.3	0.9	1

미지를 N_k , 밝기감각이미지를 B_k , 공기맑기감각 이미지를 A_k 라고 두면

$$\begin{aligned} & \text{쾌적감 요소이미지 소속값 } (\mu C_i) \\ & = \min(\mu\text{온도감}, \mu\text{소음감}, \mu\text{밝기감}, \mu\text{공기맑기감}) \\ & = \min(\mu(C_i F_k)^{1-w_{ij}}, \mu(C_i N_k)^{1-w_{ij}}, \mu(C_i B_k)^{1-w_{ij}}, \\ & \quad \mu(C_i A_k)^{1-w_{ij}}) \end{aligned}$$

로 표현할 수 있다. 여기서 minimum 연산자를 사용한 것은 다른 감각이미지가 어느 정도 충족되었다 하더라도 하나의 감각이미지 요소가 충족되지 않으면 쾌적감의 요소이미지의 충족이 되지 않기 때문에 최소한의 느낌을 가질 것이라는 가정에서 정한 것이다. 또한 감각이미지 간에 어떤 상호 작용이 있는 지를 알 수 없기 때문에 최소한의 소속정도를 표현하기 위한 것이다. 예를 들면 안락감이라는 이미지를 구성하고 있는 감각이미지 중에 따뜻함과 밝음과 조용함이 충족되었다 하더라도 공기가 탁하게 되면 공기탁함으로 인한 안락감의 최소소속값이 전체 안락감의 소속값이 될 것이라고 가정할 것이다.

각 감각요소(온열, 소음 등)가 쾌적감의 요소이미지에 미치는 영향을 고려하기 위하여 각 감각이미지의 가중치 W_{ij} 를 소속값에 승의 연산을 행하였

다. 이것은 가중된 소속값의 최대치를 1로 하기 위함이다. 또한 $(1-W_{ij})$ 승의 연산을 행한 것은 소속값이 1보다 작은 값을 가지기 때문에 가중치 W_{ij} 승의 연산을 행하게 되면 지수함수의 특성에 따라 감각이미지의 소속값이 증가하면 가중된 소속값이 감소하게 되기 때문에 $(1-W_{ij})$ 승을 함으로써 가중된 소속값이 증가할 수 있도록 한 것이다.

예를 들어 네 가지 감각이미지의 상태가 “따뜻하고(F_1), “조용하며(N_2), “밝고(B_3), “아주맑은(A_5)”이라고 하면, 안락감에 대한 소속값은 $\mu(C_1 F_1) = 1, \mu(C_1 N_2) = 1, \mu(C_1 B_3) = 1, \mu(C_1 A_5) = 1$ 이 되어 $\mu(C_1: \text{안락감}) = \min(1^{1-0.86}, 1^{1-0.89}, 1^{1-0.79}, 1^{1-0.86}) = 1$ 이 된다.

상쾌감에 대한 소속값은 $\mu(C_2 F_1) = 0, \mu(C_2 N_2) = 0.5, \mu(C_2 B_3) = 0.9, \mu(C_2 A_5) = 1$ 이 되어 $\mu(C_2: \text{상쾌감}) = \min(0^{1-0.86}, 0.5^{1-0.76}, 0.9^{1-0.86}, 1^{1-0.94}) = 0$ 이 되어 전술한 것과 같이 상쾌감에는 “시원한”의 감각이미지가 크게 작용하기 때문에 그것이 충족되지 않으면 상쾌감은 크게 떨어지게 됨을 보여준다. 그러나 온도감각이미지가 “시원한”이 충족되는 경우는 $\mu(C_2 F_2) = 1$ 이 되어 $\mu(C_2: \text{상쾌감}) = \min(1^{1-0.86}, 0.5^{1-0.76}, 0.9^{1-0.86}, 1^{1-0.94}) = 0.8467$ 가 된다.

이와 같이 조합하면 쾌적감 요소이미지 각각에

표 3. 감각이미지 조합에 의한 쾌적감 요소이미지(상쾌감)의 소속정도

감각이미지				상쾌감의 소속도(0-1)
온열감	소음감	밝기감	공기맑기감	
시원	보통	아주밝은	아주맑은	1
시원	보통	밝은	아주맑은	0.9854
시원	보통	보통	아주맑은	0.9075
시원	보통	보통, 밝은, 아주밝은	맑은	0.8924
시원	조용	보통, 밝은, 아주밝은	맑은, 아주맑은	0.8467
시원	시끄러운	보통, 밝은, 아주밝은	맑은, 아주맑은	0.8026
시원	조용, 보통, 시끄러운	어두운	맑은, 아주맑은	0.7983
시원	아주조용	어두운, 보통, 밝은, 아주밝은	맑은, 아주맑은	0.7490

대해 5' 개의 경우가 생긴다. 이들의 소속 정도를 계산하여 상위에 랭크되는 경우를 추출한 것 중 상쾌감을 예로서 표 3에 나타내었다. 공기맑기는 안락감이나 상쾌감, 신선감 모두에게 중요시 되는 감각이미지 요인임을 알 수 있다. 안락감에는 따뜻함, 조용함이 요구되고 밝기감은 밝거나 보통의 밝기를 요구하고 있다. 상쾌감은 시원함과 아주밝은감을 가지고 있으며, 소음의 정도는 보통의 정도로서 조용함이 상대적으로 덜 중요하게 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 신선감은 상쾌감과 거의 비슷한 형태로서 나타나고 공기맑기감과 시원함이 가장 큰 영향을 주는 것을 알 수 있다.

3.2 쾌적감 요소이미지와 환경 물리적 요소와의 퍼지구조

환경의 물리적인 요소와 감각이미지와의 관계성

을 퍼지구조로 나타내기 위해 물리적인 값과 감각 이미지간의 소속함수를 삼각퍼지함수 형태로 표현하여 그림 5에 나타내었다. 물론 물리적인 값과 감각이미지와의 관계를 삼각퍼지함수로 표현하는 것은 불충분하다. 그러나 물리적인 값이 감각이미지에 속하는 정도를 나타내는 기준은 생리적인 상태, 심리적인 상태, 작업상황 및 작업환경에 따라 다르므로 객관적인 값으로 표현하기가 어렵다. 따라서 여기서는 감각이미지와 물리적인 환경과의 관계를 가장 일반적이고, 직관적으로 생각되는 삼각퍼지함수로 표현하여 그들의 관계를 퍼지집합의 형태로 표시하였다.

섭씨온도를 t , 소음수준 dB을 d 로, 조도 lux를 l 로 두고, 온도와 온열감각이미지의 소속값, 소음과 소음감각이미지의 소속값, 조도와 밝기감각이미지의 소속값을 표현하였다. 여기서 공기맑기의 물리량을 제외한 것은 앞 절에서의 실험

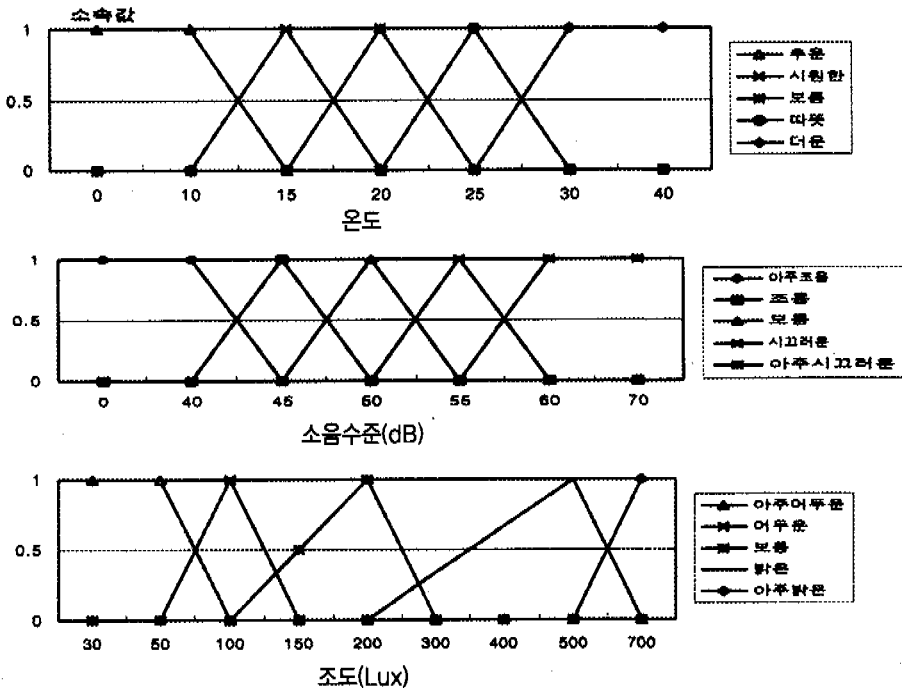


그림 5. 물리적인 값과 감각이미지간의 소속함수

결과로서 “이주맑은 공기맑기”의 감각이미지는 쾌적감의 요소이미지 모두에게 요구되는 것이며, 공기맑기 정도를 물리량으로 적용하기가 어렵다. 즉 공기맑기의 정도를 나타내기 위한 방법으로는 공기의 오염정도를 나타내거나 향기의 영향정도를 나타내어야 한다. 공기 오염 물질로서는 일산화탄소, 이산화탄소, 질소산화물(NOx : NO 일산화질소, NO₂ 이산화질소 ... 등)과 공기 중 세균의 포함 정도, 공기이온의 밀도 등을 종합적으로 고려하여야 하는데 이와 같은 종합적인 지표를 적용하기 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 공기맑기의 물리량은 제외시켰다. 소속값 표현의 예로서 $\mu_{F_k}(t)$ 는 온도 t 에 대한 온열감각이미지의 소속값을 나타낸다.

온열감에 대해 퍼지집합으로 나타내면

$$F(\text{온열감}) = \{추운\alpha, 시원\alpha, 보통\alpha, 따뜻\alpha, 더운\alpha\}$$

$$= \{F_1 \mu_{F_1}(t), F_2 \mu_{F_2}(t), F_3 \mu_{F_3}(t), F_4 \mu_{F_4}(t), F_5 \mu_{F_5}(t)\}$$

$$U(t) = \{t | t \in [-30, 50]\}, t : ^\circ\text{C}$$

$$\mu_{F_1}(t) = \begin{cases} 1 & t < 10 \\ \frac{15-t}{5} & 10 < t < 15 \\ 0 & t > 15 \end{cases}$$

$$\mu_{F_2}(t) = \begin{cases} 0 & t < 10 \\ \frac{(t-10)}{5} & 10 < t < 15 \\ \frac{(20-t)}{5} & 15 < t < 20 \\ 0 & t > 20 \end{cases}$$

$$\mu_{F_3}(t) = \begin{cases} 0 & t < 15 \\ \frac{(t-15)}{5} & 15 < t < 20 \\ \frac{(25-t)}{5} & 20 < t < 25 \\ 0 & t > 25 \end{cases}$$

$$\mu_{F_4}(t) = \begin{cases} 0 & t < 20 \\ \frac{(t-20)}{5} & 20 < t < 25 \\ \frac{(30-t)}{5} & 25 < t < 30 \\ 0 & t > 30 \end{cases}$$

$$\mu_{F_5}(t) = \begin{cases} 0 & t < 25 \\ \frac{(t-25)}{5} & 25 < t < 30 \\ 0 & t > 30 \end{cases}$$

와 같이 표현할 수 있다. 소속감과 공기맑기감에 대해서도 삼각퍼지함수로 나타내어 다음과 같은 퍼지논리를 적용하면 특정 온도와 소음수준, 조도의 물리량에 대하여 쾌적감요소이미지의 소속값을 구할 수 있다.

$$\mu_C(t, d, l) = \min\{[(\max \mu_{F_k}(t)) * \mu_{CF_k}]^{1-w_1}, [(\max \mu_{N_k}(d)) * \mu_{CN_k}]^{1-w_2}, [(\max \mu_{L_k}(l)) * \mu_{CL_k}]^{1-w_3}\}$$

위 식은 온도 t , 소음 d , 조도 l 이 주어졌을 때 쾌적요소이미지 C_i 의 소속값을 계산하는 식이다. 이것은 감각이미지와 쾌적요소이미지와 소속값을 계산하는 식을 물리량을 적용하기 위해 확장된 식으로서 온도가 23 $^\circ\text{C}$, 소음이 45dB, 조도가 500 lux인 경우를 예를 들어 본다. 온도가 23 $^\circ\text{C}$ 가 되면 온열감각이미지의 소속값이

$$\mu_{F_1}(23) = 0, \mu_{F_2}(23) = 0, \mu_{F_3}(23) = 0.4, \mu_{F_4}(23) = 0.6, \mu_{F_5}(23) = 0$$

이 되고 이 중 최대값은 F_4 (따뜻함)의 경우가 되는데 이것은 23 $^\circ\text{C}$ 가 온열감각이미지 중 따뜻함의 소속값이 0.6이 된다는 것을 의미한다.

감각이미지와 안락감과의 소속값을 계산하는 식에서 안락감에 대한 온열감각이미지의 소속값은 μ

표 4. 쾌적감 요소이미지와 환경 물리적 요소와의 퍼지소속값

a. 안락감

온도(°C)	소음(dB)	조도(lux)	안락감의 소속도
25	45	500	1
25	45	495	0.9965
25	45	505	0.9947
25	45	490	0.9929
25	45	510	0.9892
25	45	480	0.9856
25	45	515	0.9838
25	45	475	0.9819
25	45	470~520	0.9781
25	44,46	470~520	0.9757

b. 상쾌감

온도(°C)	소음(dB)	조도(lux)	상쾌감의 소속도
15	50	700	1
15	50	695	0.9965
15	50	690	0.9928
15	50	685	0.9891
15	50	500,680	0.9854
15	50	495	0.9830
15	50	505	0.9819
15	50	675	0.9814
15	50	490	0.9806
15	50	485~510	0.9783

c. 신선감

온도(°C)	소음(dB)	조도(lux)	신선감의 소속도
15	50	700	1
15	50	695	0.9942
15	50	690	0.9883
15	50	685	0.9822
15	50	500,680	0.9761
15	50	495	0.9723
14,16	50	495~500, 680~700	0.9714
14,16	50	505	0.9704
14,16	50	675	0.9698
14,16	50	490	0.9685

$(C1F4) = 1$ 이었으나 23℃인 경우는 따뜻함의 소속 정도가 0.6이기 때문에

$$[(\max \mu_{F_i}(t)) * \mu_{C1F4}]^{1-W_0} = (0.6 * 1)^{1-0.85}$$

가 적용된다. 마찬가지로 소음이 45dB인 경우는 “조용한”의 소속값이 1이며, 조도가 500 lux인 경우는 “밝은”이미지의 소속값이 1이므로 이들이 조합되어 나타나는 소속값은

$$\begin{aligned} &\mu_{C1}(23, 45, 500) \\ &= \min[(0.6 * 1)^{1-0.85}, (1 * 1)^{1-0.89}, (1 * 1)^{1-0.79}] \\ &= 0.9262 \end{aligned}$$

와 같이 계산 될 수 있다.

이와 같이 하면 온도, 소음, 조도의 조합에 대해 각 이미지요소에 대한 소속값을 구할 수가 있게 되어 쾌적감의 요소이미지를 양적인 값으로 순서를 정할 수 있다. 각 물리적 요소값에 대한 소속값을 구하여 표 4에 나타내었다.

결과에 의하면 안락감의 경우, 25℃, 45dB, 500lux인 경우 소속값이 1이 되며, 25℃, 44~46 dB, 470~520 lux 주위의 밝기에 대하여 조금씩의 소속값의 변화가 있음을 알 수 있다. 또한 상쾌감과 신선감은 거의 비슷한 결과로 나타나고 있으며 15℃, 50 dB, 700 lux에서 소속값이 1로 나타낼 수 있으며, 15℃, 50dB, 485~695lux의 범위에서 소속값의 변화가 있음으로 표현할 수 있다.

4. 결 론

인간환경시스템에서 쾌적한 환경을 설계하려고 하면 인간의 주관적인, 감성을 만족시킬 수 있도록 하여야 한다. 그러기 위해서는 인간의 쾌적감에 대한 감성의 특성을 연구할 필요성이 요구되어진다.

본 연구에서는 감성공학을 적용하여 쾌적감의 요소이미지를 추출하고 추출된 요소이미지와 감각 이미지와의 관계, 그리고 요소이미지와 물리적환

경 요소와의 관계를 퍼지모형화하였다.

그 결과로서 실내환경의 쾌적감의 요소이미지는 안락감(편안한, 안심한, 평화스러운, 조화된, 부드러운, 평온한), 상쾌감(활기찬, 생생한, 생동감있는, 유쾌한), 신선감, 넓은(자유로운, 개방된)으로 추출할 수 있었다.

쾌적감의 요소이미지와 감각이미지와의 관계로서는

- 1) 안락감은 따뜻하고 밝으며, 조용하고 공기가 맑은감과 관계가 있으며
- 2) 상쾌감과 신선감은 시원하고 밝고 보통정도의 소음과 관계가 있으나 상쾌감은 공기맑기과 신선감보다 더 관계가 있으며, 밝기감은 상쾌감보다 더 관계가 있는 것을 알 수 있었다.

감각이미지와 물리적인 관계를 삼각퍼지함수로서 표현하고 그 소속값을 적용하여, 온도, 소음, 조도의 조합과 쾌적감의 요소이미지와의 관계를 표현하였다. 여기서 공기맑기의 맑은 공기 감각이미지는 세가지 요소이미지 모두에 공통적으로 있는 것이며,

- 1) 안락감은 23℃~27℃, 43~47dB, 385~575 lux
- 2) 상쾌감은 13℃~17℃, 49~51dB, 195~700 lux
- 3) 신선감은 13℃~17℃, 49~51dB, 418~700 lux

의 범위에 해당함을 알 수 있었다.

쾌적한 실내환경에 관한 기존의 많은 연구들은 단지 쾌적하다고 하는 것에 초점을 맞추어 왔지만 쾌적감에는 각기 다른 감각요소를 요구하고 있는 요소이미지를 가지고 있음을 알 수 있었다. 따라서 쾌적감을 만족시키기 위해서는 쾌적감에 대해 좀 더 구체적으로 표현할 수 있도록 하고 그것을 만족시킬 수 있도록 함으로서 실질적인 쾌적환경을 달성할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 사용한 감각이미지와 환경물리량의 관계를 삼각퍼지함수로 사용하였으나, 객관적인

감각이미지와 물리량의 퍼지관계를 알아내어 본 모형에 적용하게 되면 더 좋은 결과를 볼 수 있을 것으로 생각되나 추후과제로 남긴다.

참고 문헌

- (1) 김영아, 김진관, 박수경, 오경자, 정찬섭, "정서관련 어휘분석을 통한 내적상태의 차원 연구", 한국감성과학회지, 1(1), 1998.
- (2) 김진, 조암, "쾌적환경에 대한 쾌적감의 소고찰", '98 대한인간공학회 춘계학술대회논문집, 1998a.
- (3) 김진, 조암, "실내환경 쾌적감의 감성구조분석", '98 대한산업공학회 추계학술대회논문집, 1998b.
- (4) 안신호, 이승혜, 권오식, "정서의 구조 : 한국어 정서단어 분석", 한국심리학회지, 7(1), 1993.
- (5) 윤정숙, 유복희, "거주자 반응에 기초한 실내환경의 쾌적성 평가 모델 개발", 대한건축학회, 12(10), 1996.
- (6) 이구형, "감성과 감정의 이해를 통한 감성의 체계적 측정 평가", 한국감성과학회지, 1(1), 1998.
- (7) 이지숙, "주거실내 환경의 쾌적성에 관한 거주자 반응평가 연구, 연세대 주거환경학과, 박사학위논문, 1997.
- (8) 정찬섭, "감성과학의 심리학인 측면", 한국감성과학회지, 1(1), 1998.
- (9) 瀬尾文彰, 坊垣和明, "快適性の構造に関する基礎的研究", 日本建築學會計畫系論文集, 475, 1995.
- (10) 新村 出 編, 日本 廣 辭典 第3編, 岩波書店, 1984.
- (11) 小松原明哲, 本田勝己, 横溝克己, "ソフトウェアオフィスの 心理的評價", 日本人間工學, 23(1), 1987.
- (12) 田原 普, "住居設備の 快適性の 構造", 日本人間工學, 29(2), 1993
- (13) 外山みどり, "職場における快適な視環境の設計", 日本人間工學, 29(2), 1993.
- (14) 羽根 義, "快適性の概念とその側面", 日本人間工學, 29(2), 1993.
- (15) 安河内朗, "快適な オフィス 環境", 生理人類學セミナー(20) 快適性をつくる, 講演資料, 日本生理人類學會, 1994.
- (16) 山田富美雄, "快適性創造のための生理心理學", 生理人類學セミナー(20) 快適性をつくる, 講演資料, 日本生理人類學會, 1994.
- (17) 長町三生, 快適科學, 海文堂, 1992.
- (18) 宮崎良文, "快適性の概念", 日本經營工學會, 6(3), 1996.
- (19) Carroll, J.M., Russell, J.A., "Do facial expressions signal specific emotion ? Judging emotion from the face in context", J. of Personality and social Psychology, 70(2), P. 205-218, 1996.
- (20) Johnson, R. A., and Wichern, D. W., Applied Multivariate Statistical Analysis(2nd ed.), Prentice Hall, 1988.
- (21) Fisher. J.D., Bell, P.A. & Baum, A., Environmental Psychology, 이진환 외 4인 공역, 환경심리학, 학지사, 1997.
- (22) Stevens, S.S., Mathematics, measurement and psychophysical, Handbook of experimental psychology, John Willy, 1951.
- (23) Szokolay, S.V., Environment Science Handbook, 이경희, 손장열 역, 건축환경과학, 지문당, 1996.
- (24) Ross, T. J., Fuzzy Logic with Engineering Applications, McGraw-Hill, N.Y., 1997.