

퍼지 추론을 이용한 실내환경 쾌적감성과 감각과의 구조 분석

김 진

김천대학 공업경영과, 경북 김천시 삼락동

조 암

동국대학교 산업정보대학 산업공학과, 서울시 중구 필동

Analysis of a structure between Comfort Feeling and Sensibility in Indoor Environment by Using Fuzzy Inference

Jin Kim, Am Cho

Kimcheon College Dept. of I.E, Dongguk Univ. Dept of I.E

Kyungbuk kimcheon samlakdong, Seoul junggu pilldong

요 약

인간이 쾌적하다고 느끼게 되는 것에는 인간과 환경간의 상호작용이 포함되어 있다. 쾌적한 환경을 만든다고 할 때에는 인간과 환경을 하나의 시스템으로 두고 관련되는 여러 요소들이 계속적으로 피드백 되는 것으로 생각하여야 한다. 쾌적감이란 여러 가지 감성 요소가 복합적으로 조합되어 하나의 이미지와 합치되는 것으로 표현되는 고도의 심리적인 체험감이다. 그러므로 쾌적환경에 대하여 인간의 특성을 중심으로 설계하려고 하면 인간이 쾌적환경을 인지하는 과정이 어떤 과정을 거치게 되는가를 알고 그 특성을 고려하여야 한다. 본 연구는 쾌적감을 구성하고 있는 요소이미지가 어떻게 구성되어 있으며, 환경요소에 대한 감각이미지와는 어떤 구조로서 이루어져 있는지를 실험적으로 알아보고 퍼지 추론을 이용하여 표현하였다.

1. 서론

실내 쾌적환경의 관한 많은 연구들에서 가정하고 있듯이 쾌적범위는 인종과 지역, 연령, 개개인이 속하고 있는 환경, 신체적인 특성, 노동상태, 작업의 지속시간 등에 따라 쾌복쾌에 대한 반응은 달라지게 된다. 즉 객관적인 지표나 쾌적 기준을 마련되었다고 하여도 인간이 느끼는 쾌적감이라는 것이 어떤 것인지, 또 어떤 과정을 거쳐서 그러한 반응이 나오게 되는지 하는 인간측의 특성을 이해하지 못하고 단지 "쾌적한" 이라고 하는 범위의 정량화된 물리량을 구해서는 쾌적감을 충족시키기는 충분치 못하다고 생각된다. 또한 인간의

감각을 중심으로 물리량의 범위를 표시하려고 하여 결국은 그 물리량에 중점을 두게 됨으로서 인간의 주관적인 만족를 달성하기가 점점 어려워지게 되는 것은 아닐까 하는 것이다. 본 연구에서는 인간이 느끼는 쾌적감은 그 요소 이미지가 어떻게 구성되고 있는가 하는 감성공학의 방법을 응용하여 알아내고, 그것과 환경의 물리량과의 관계를 연구하는 것이다. 인간이 느끼는 쾌적감의 구조와 구성적인 특성을 밝히게 함으로써 인간이 접하게 되는 쾌적감을 정량화하고 측정하는데 역할을 할 수 있는 기초 연구가 되도록 한다.

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(즐거움, 쾌활한, 기분좋은), delightful(매우기쁜, 매혹적인), comfortable(기분좋은, 안락한, 편안한) 등이 있다.

인간이 느끼는 쾌적감은 개개인 고유의 적응 논리를 가지고 자신의 가치판단과 의사결정을 바탕으로 제각각 자신에게 누적시켜온 지식이나 기억의 구조로서 개인의 체험에 따라 차이가 있는 하나의 이미지이다. 쾌적감의 구조를 감각, 감각이미지, 쾌적감의 요소이미지의 차원으로 분리하여 그 구조를 표현하면 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

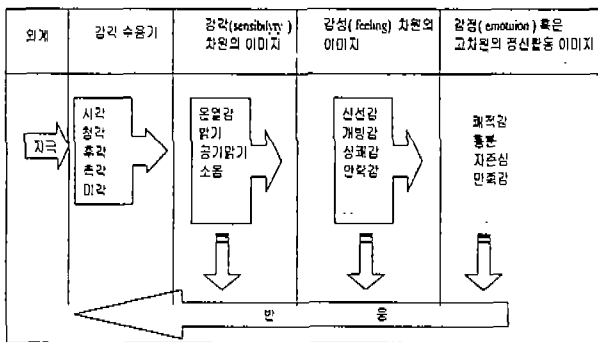


그림 1. 쾌적감의 구조분석

2.2 쾌적감의 요소이미지

쾌적감의 요소이미지를 추출하기 위하여 우리 나라 정서관련 어휘에 관한 연구와 쾌적이미지 추출과 관련된 연구에서 쾌/불쾌 범주에 해당되는 80개의 어휘를 추출하고, 이들 어휘 중 실내환경의 쾌적감과 관계있는 어휘를 선별하여 16개의 어휘로 추출하였다. 추출된 16가지 어휘에 대해 20대 중반의 남녀 학생 각각 50명씩을 대상으로 하여 실내환경의 평가시 중요한 항목을 상대비교법으로 측정하였다. 그 결과 빈도가 높은 순은 신선함, 평온함, 상쾌함, 안락감, 평화로운, 편안한 등이었다. 그리고 거리척도법을 적용하여 각 어휘의 비슷한 정도를 표시하게 한 결과 실내환경 쾌적감을 대표할 수 있는 요소이미지로서 “신선함, 평온하고 안락한, 상쾌함”을 얻을 수 있었다. 그림 2는 이들 결과를 dendrogram으로 나타낸 것이다.

2.3 쾌적감 요소이미지의 구조분석

온도, 밝기, 소음, 공기맑기와 같은 감각이미지가 추

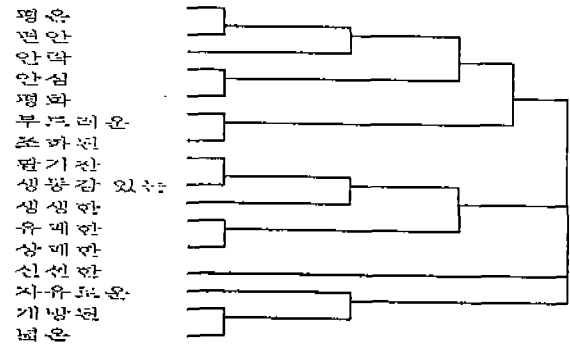


그림 2. 환경에 대한 쾌적감의 요소이미지 dendrogram

출된 쾌적감의 각 요소이미지 어휘에 대하여 어느정도 영향을 미치는가에 대하여 실험하였다. 실험방법은 7단계 척도를 사용하여 “절대로 영향을 미치지 않는다”를 1점으로, “절대적으로 영향을 미친다”를 7점으로 하였다. 결과에 의하면 안락감은 “온도와 밝기의 요소”가 약간 중요한 정도로 영향을 미치며, “소음과 공기의 맑기는 중요한 정도의 영향을 미치며, 상쾌감은 “소음”의 영향은 약간 중요한 정도이며, “온도, 밝기, 공기의 맑기” 요소에는 중요한 정도로 영향을 미침을 알 수 있다. 또한 신선감은 소음의 영향이 가장 적고 그 다음이 밝기가 약간 중요하며 “온도”와 “공기맑기”가 중요하게 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 각 감각요소의 평균값을 7점으로 나누어 표준화시킨 값으로 가중치를 구하였다(표 1).

표 1. 쾌적감 요소이미지에 미치는 감각요소의 가중치

	온도감	밝기감	소음감	공기맑기감
안락감	0.8	0.8	0.9	0.9
상쾌감	0.9	0.9	0.8	0.9
신선감	0.9	0.8	0.7	0.9

다음으로 쾌적감의 요소이미지와 감각이미지와와의 관계를 알아보는 실험을 행하였다. 여기서 감각이미지는 온열감에 대한 감각이미지로서는 “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”, 공기조화에 대한 감각이미지로서는 “매우 신선한, 신선한, 보통, 혼탁한, 매우 혼탁한”으로 구분하였다. 실험 결과에 대한 빈도분포를 그림3에 나타내었다.

그림 3을 보면 쾌적감의 모든 요소이미지에 대해서 공기의 맑기는 “아주 맑은” 감각이미지를 가지고 있으며, 밝기는 안락감이 “약간 밝은” 감각이미지를 가지고 있으나, 상쾌감과 신선감은 “밝은” 감각이미지를 가지고 있음을 알 수 있다. 소음감각이미지에서는 안락감은 “조용한” 감각이미지를 가지고 있으나 상쾌감과 신

선감은 "보통정도의 소음"을 가지고 있으며 분포의 형태도 "조용한"에서 "약간시끄러운" 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, 약간밝고, 공기가 맑은 감각이미지를 가지고 있으며, 상쾌감과 신선감은 거의 비슷한 형태를 가지고 있으며 시원하고, 밝으며, 공기가 아주 맑은 감각이미지를 가지고 있음을 알 수 있다.

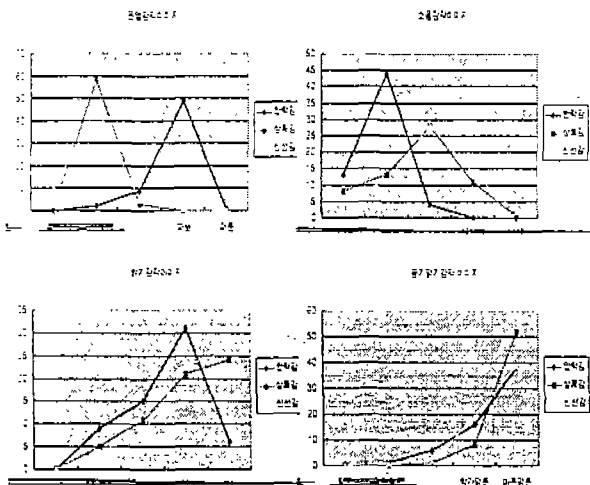


그림 3. 쾌적요소이미지와 감각이미지와의 관계

3. 쾌적감의 퍼지구조

3.1 쾌적감요소이미지와 감각이미지의 퍼지구조

표 2. 쾌적요소이미지에 대한 밝기감각이미지의 소속값

밝기감각이미지	아주어두운	어두운	보통	밝은	아주밝은
안락감	0	0.25	0.75	1	0.5
상쾌감	0	0.25	0.7	0.9	1
신선감	0	0.2	0.4	1	0.9

이상과 같은 쾌적감의 요소이미지와 감각이미지의 관계를 퍼지집합을 적용하여 쾌적감 요소이미지 구조의 형태를 표현한다. 우선 감각이미지가 쾌적감의 요소이미지에 속하는 정도를 소속값으로 표현하였는데 이것은 표본조사에서 추출된 빈도의 상대 비율로서 구하여 0과 1의 값으로 변환하였다. 감각이미지와 쾌적감요소이미지 중 밝기 감각에 대한 예의 소속값을 표2에 나타내었다.

예를 들면 안락감에 있어서 온도감각이미지 중 "따뜻함"이 가장 많은 빈도를 차지하고 있으므로 소속

값을 1로 하였으며 "보통정도"의 온도감각이미지는 소속정도가 0.2, 그 외의 감각이미지의 소속값은 0으로 하였다. 쾌적감의 요소이미지 모두에 대해 온도감각이미지는 "시원함"이나 "따뜻함"에 집중되어 있어 "시원함"이 충족되지 않으면 상쾌감이나 신선감이 크게 떨어질 경향이 있고, "따뜻함"이 충족되지 않으면 안락감에 큰 영향을 미치게 됨을 알 수 있다. 반대로 소음감각 이미지 중 "조용함"은 안락감에는 크게 영향을 미치지 않으나 상쾌감이나 신선감에는 소음감각이미지는 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 중지 않은 영향을 크게 미치게 됨을 알 수 있다. 그러나 각 감각요소가 쾌적감의 요소이미지에 미치는 영향이 같지 않고 조합되어 이루어지는 것이므로 감각요소가 쾌적감의 요소이미지에 미치는 영향을 가중치로서 사용하였다.

감각이미지의 쾌적감 요소이미지에 속하는 소속값과 가중치가 결정되었으므로 출력의 상관관계를 나타내는 퍼지집합으로 표현한다. 감각요소의 가중치를 w_{ij} 로, 온도감각이미지를 F_k , 밝기감각이미지를 B_k , 소음감각이미지를 N_k , 공기맑기감각이미지를 A_k 라고 두면

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

로 표현할 수 있다. 여기서 minimum 연산자를 사용한 것은 다른 감각이미지가 어느 정도 충족이 되었다 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. 각 감각이미지의 가중치 w_{ij} 를 소속값에 $(1-w_{ij})$ 승의 연산을 한 것은 소속값이 1보다 작은 값을 가지기 때문에 감각이미지의 소속값이 증가하면 가중된 소속값도 증가할 수 있도록 한 것이며, 감각이미지의 가중된 최대값을 1로 만들기 위함이다.

예를 들면 안락감이라는 이미지를 구성하고 있는 감각이미지 중에 따뜻함과 밝음과 조용함을 충족되었다 하더라도 공기가 탁하게 되면 안락감의 정도는 공기탁함의 안락감에 최소한의 소속정도로 나타나게 될 것이라는 것이다. 네 가지 감각이미지의 상태가 "따뜻하고(F4)", "조용하며(N2)", "밝고(B4)", "아주밝은(A5)"이라고 하면, 안락감에 대한 소속값은 $\mu(C1F4) = 1$, $\mu(C1N2) = 1$, $\mu(C1B4) = 1$, $\mu(C1A5) = 1$ 이 되어 $\mu(C1: \text{안락감}) = \min(1^{1-0.85}, 1^{1-0.79}, 1^{1-0.89}, 1^{1-0.86}) = 1$ 이 된다.

상쾌감에 대한 소속값은 $\mu(C2F4) = 0$, $\mu(C2N2) = 0.5$, $\mu(C2B4) = 0.9$, $\mu(C2A5) = 1$ 이 되어

$$\mu(C2: 상쾌감) = \min(0^{1-0.86}, 0.5^{1-0.76}, 0.9^{1-0.86}, 1^{1-0.94}) = 0$$

이 되어 전술한 것과 같이 상쾌감에는 "시원함"의 감각이미지가 크게 작용하기 때문에 그것이 충족되지 않으면 상쾌감은 크게 떨어지게 됨을 보여준다. 그러나 온도감각이미지가 "시원함"이 충족되는 경우는 $\mu(C2F2) = 1$ 이 되어

$$\mu(C2: 상쾌감) = \min(1^{1-0.86}, 0.5^{1-0.76}, 0.9^{1-0.86}, 1^{1-0.94}) = 0.8467$$

가 된다.

이와 같이 쾌적감 요소이미지 3가지 요소와 감각 이미지와를 조합하면 쾌적감 요소이미지 각각에 대해 625가지의 경우가 생긴다. 이들의 소속 정도를 계산하여 상위에 랭크되는 경우를 추출한 것중 상쾌감을 예로서 표 3에 나타내었다. 공기맑기는 안락감이나 상쾌감, 신선감 모두에게 중요시 되는 감각이미지 요인임을 알 수 있다. 안락감에는 따뜻함, 조용함이 요구되고 맑기감은 밝거나 보통의 맑기를 요구하고 있다. 상쾌감은 시원함과 아주밝은감을 가지고 있으며, 소음의 정도는 보통의 정도로서 조용함이 그다지 요구되지 않고 있음을 보여준다. 신선감은 상쾌감과 거의 비슷한 형태로서 나타나고 공기맑기감과 시원함이 가장 큰 영향을 주는 것을 알 수 있다.

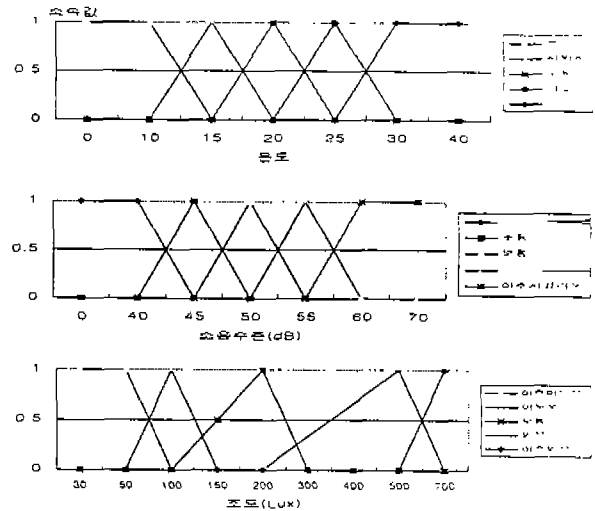
표 3. 감각이미지 조합에 의한 쾌적감 요소이미지(상쾌감)의 소속정도

감각이미지				상쾌감의 소속도(0-1)
온열감	소음감	맑기감	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

3.2 쾌적감 요소이미지와 환경 물리적 요소와의 퍼지구조

환경의 물리적인 요소와 감각이미지와의 관계성을 퍼지구조로 나타내기 위해 물리적인 값과 감각이미지 간의 소속함수를 삼각퍼지함수 형태로 표현하여 그림 4에 나타내었다. 물론 감각이미지는 인간이 체해있는 상황에 따라서 각각 달라질 수 있다. 여기서는 가장 일반적이라고 생각되는 감각이미지와 물리적인 환경과의 관계를 삼각퍼지함수로 표현하여 그들의 관계를 퍼지집합의 형태로 표시하였다.

그림 4 물리적인 값과 감각이미지간의 소속함수



온열감에 대해 퍼지집합으로 나타내면

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

$$= \{(F_1, \mu_{F1}(t)), (F_2, \mu_{F2}(t)), (F_3, \mu_{F3}(t)),$$

$$(F_4, \mu_{F4}(t)), (F_5, \mu_{F5}(t))\}$$

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

$$\mu_{F1}(t) = \begin{cases} 1 & t < 10 \\ \frac{15-t}{5} & 10 < t < 15 \\ 0 & 15 < t \end{cases}$$

$$\mu_{F2}(t) = \begin{cases} 0 & t < 10 \\ \frac{t-10}{5} & 10 < t < 15 \\ \frac{20-t}{5} & 15 < t < 20 \\ 0 & 20 < t \end{cases}$$

$$\mu_{F3}(t) = \begin{cases} 0 & t < 15 \\ \frac{t-15}{5} & 15 < t < 20 \\ \frac{25-t}{5} & 20 < t < 25 \\ 0 & 25 < t \end{cases}$$

$$\mu_{F4}(t) = \begin{cases} 0 & t < 20 \\ \frac{t-20}{5} & 20 < t < 30 \\ \frac{30-t}{5} & 25 < t < 30 \\ 0 & 30 < t \end{cases}$$

$$\mu_{F5}(t) = \begin{cases} 0 & t < 25 \\ \frac{t-25}{5} & 25 < t < 30 \\ 1 & 30 < t \end{cases}$$

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

$$\mu_{ci}(t, d, l) = \min\left[\left[(\max \mu_{Fk}(t)) * \mu_{ciFk}\right]^{1-w}, \left[(\max \mu_{Nk}(d)) * \mu_{ciNk}\right]^{1-w}, \left[(\max \mu_{Bk}(l)) * \mu_{ciBk}\right]^{1-w}, (\mu_{ciAk})^{1-w}\right]$$

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 대하여 안락감과 상쾌감의 퍼지소속값을 구하여 예로서 표 4에 나타내었다. 결과에 의하면 안락감의 경우, 25°C, 500 Lux, 45 dB인 경우 소속값이 1이 되며, 25°C, 44~46dB, 470~520 Lux 주

표 4. 쾌적감 요소이미지와 환경 물리적 요소와의 퍼지소속값
a. 안락감

온도(°C)	조도(Lux)	소음(dB)	안락감의 소속도
25	500	45	1
25	495	45	0.9965
25	505	45	0.9947
25	490	45	0.9929
25	510	45	0.9892
25	480	45	0.9856
25	515	45	0.9838
25	475	45	0.9819
25	470-520	45	0.9781
25	470-520	44.46	0.9757

b) 상쾌감

온도(°C)	조도(Lux)	소음(dB)	상쾌감의 소속도
15	700	50	1
15	695	50	0.9965
15	690	50	0.9928
15	685	50	0.9891
15	500.680	50	0.9854
15	495	50	0.9830
15	505	50	0.9819
15	675	50	0.9814
15	490	50	0.9806
15	485-510	50	0.9783

위의 밝기에 대하여 조금씩의 소속값의 변화가 있음을 알 수 있다. 또한 상쾌감과 신선감은 거의 비슷한 결과로 나타나고 있으며 15°C, 700 Lux, 50 dB에서 소속값이 1로 나타낼 수 있으며, 15°C, 485~695 Lux, 50 dB의 범위에서 소속값의 변화가 있음으로 표현할 수 있다.

4. 결론

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

본 연구에서는 감성공학을 적용하여 쾌적감의 요소 이미지를 추출하고 추출된 요소이미지와 감각이미지와 의 관계, 요소이미지와 물리적환경 요소와의 관계를 퍼지집합으로 표현하였다.

그 결과로서 실내환경의 쾌적감의 요소이미지는

안락감(편안한, 안심한, 평화스러운, 조화된, 부드러운, 평온한), 상쾌감(활기찬, 생생한, 생동감있는, 유쾌한), 신선감, 개방감(자유로운, 넓은)으로 추출할 수 있었다.

쾌적감의 요소이미지와 감각이미지와 의 관계로서는

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

감각이미지와 물리적인 관계를 삼각퍼지로서 표현하고 소속값을 구함으로써, 온도, 소음, 조명의 조합과 쾌적감의 요소이미지와 의 관계를 표현할 수 있었다. 여기서 맑은공기의 감각이미지는 세가지 요소이미지 모두에 공통적으로 있는 것이며,

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

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 함으로써 실질적인 쾌적환경을 달성할 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) 김영아, 김진관, 박수경, 오경자, 정찬섭, "정서관련 어휘분석을 통한 내적상태의 차원 연구", 한국감성과학회지, 1권 1호, 1998.
- 2) 김진, 조암, "쾌적환경에 대한 쾌적감의 소고찰", '98 대한인간공학회 춘계학술대회는문집, 1998.
- 3) 김진, 조암, "실내환경 쾌적감의 감성구조분석", '98 대한산업공학회 추계학술대회는문집, 1998.
- 4) 안신호, 이승혜, 권오식, "정서의 구조 : 한국어 정서단어 분석", 한국심리학회지, 7권, 1호, 1993.
- 5) 윤정숙, 유복희, "거주자 반응에 기초한 실내환경의 쾌적성 평가 모델 개발", 대한건축학회, 12권 10호, 1996.

- 6) 이구형, "감성과 감정의 이해를 통한 감성의 체계적 측정 평가", 한국감성과학회지, 1권 1호, 1998.
- 7) 이지숙, 주거실내 환경의 쾌적성에 관한 거주자 반응평가 연구, 연세대 주거환경학과, 박사학위논문, 1997.
- 8) 정찬섭, "감성과학의 심리학인 측면", 한국감성과학회지, 1권, 1호, 1998.
- 9) 瀬尾文彰, 坊垣和明, "快適性の構造に關する基礎的研究", 日本建築學會計畫系論文集, Vol. 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, Vol. 23, No. 1, 1987.
- 12) 田原 普, "住居設備の 快適性の 構造", 日本人間工學, Vol. 29, No. 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, Vol. 29, No. 2, 1993.
- 14) 羽根 義, "快適性の概念とその側面", 日本 人間工學會誌, Vol. 29, No. 2, 1993.
- 15) 安河内朗, "快適な オフィス 環境", 生理人類學 세미나(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, Vol. 6, No. 3, 1996.
- 19) Caroll, J.M., Russell, J.A., "Do facial expressions signal specific emotion ? Judging emotion from the face in context", J. of Personality and social Psychology", Vol. 70, NO. 2, 1996, P. 205-218.
- 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) Ross, T. J., Fuzzy Logic with Engineering Applications, McGraw-Hill, N.Y., 1997.