Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.23, No.2 pp.37-54, May 2004

감성 만족도의 정량화를 위한 퍼지 소속 함수 개발*

Development of Fuzzy Membership Function for Emotional Satisfaction Quantification

박준석**, 명노해**

ABSTRACT

Fuzzy theory provides an intelligence treatment model for judgement about information when it needs a solution or a decision making about vague problems. Therefore, fuzzy theory is used for appropriate evaluation and decision on obscure information as human's emotion in human factors. In previous study, fuzzy membership function is defined for judgement information as human's emotion then ultimate results are deducted through fuzzy inference model. This method uses general current through literature review or max, min and average as representative statics value about considering variables. But, this method makes away with nonlinear's or irregular's factors of human sensibility. Accordingly, application of this method leads to considerable loss of information in the ultimate evaluation. For that reason, this method has a limitation in objective evaluation of human factors. So, this study focuses on development of fuzzy membership function, which evaluates human's emotion or feeling accurately and objectively. We used the regression analysis and reasoned a fuzzy membership function about the relation of the variables. Then we verified the adequacy with the reliability through the experiment after this.

Keyword: Fuzzy membership function, Regression analysis, Emotional satisfaction

* 본 논문은 2003년도 고려대학교 특별 연구과제비의 지원으로 수행되었음
** 고려대학교 산업시스템정보공학과
주소 : 136-701 서울특별시 성북구 안암5가 고려대학교 산업시스템정보공학과
전화 : 02)3290-3380
E-mail : 7duke@korea.ac.kr, rmyung@korea.ac.kr

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

퍼지이론(Fuzzy Theory)은 미국의 L. A. Zadeh 교수에 의해서 1965년에 제안된 수학적 개념으로 복잡하고 애매한 정보에 대한 의사결정 및 문제해결을 위한 여러 가지 접근법을 제공한다(김도현 등, 1994). 최근에는 Industrial Process Control, 의학진단(Medical Diagnosis), 투자관리(Investment Management)와 같은 애매하고 모호한 정보를 다루는 다양한 분야에 적용되어 지고 있는데 (Badiru and Cheung, 1999), 특히 인간의 감성이나 감각에 근거한 애매하고 모호한 인간의 의사결정 문제를 다루는 인간공학분야에서 퍼지이론은 정보처리에 있어 다른 인지적 이론보다 적절한 모델을 제시할 수 있다 (Karwowski and Mital, 1986).

인간공학분야에서 퍼지이론을 적용한 사례는 인간의 감성을 고려한 제품개발에서 주로 인간의 감성을 정량화 하여 디자인 요소에 반영하기 위한 감성공학 분야와 전통적인 이분적인 논리로 설명이 어려운 현상에 대한 판단을 하기 위해 사용되어 졌다. 제품개발에 있어 인간의 감성과 요구를 반영하기 위한 감성공학에서는 인간이 제품에 대해 가지는 감성적 개념을 형용사로 표현케 하고 추출한 형용사에 대한 정도(Level)를 퍼지 소속 함수(Fuzzy Membership Function)으로 표현하여 사용자의 감성에 따른 제품설계변수를 정량적으로 평가하는 방법이 제안되어 졌다. 이러한 방법론은 기존의 다변량 분석기법과 같은 통계적 기법에 기초한 방법과 비교하여 우수한 예측력과 더불어 인간의 감성을 정량화 하는데 더 적절하다는 평가를 받았다 (박정철과 한성호, 2002 ; 한성호, 2001 ; 김진과 조암, 1999 ; 박민용과 최창성, 1998). 또한 이분법적인 논리로 설명이 어려운 현상에 대한 문제의 해명과 예측을 위해서도 퍼지이론이 사용되어졌는데 애매하고 모호한 정보를 퍼지 소속 함수로 표현함으로써 문제해결을 시도하였다 (McCauley-Bell, Badiru, 1996).

하지만 기존 연구에서는 퍼지 소속 함수를 선택하고 사용함에 있어, 문헌연구를 통한 일반적이고 개괄적인 경향만 고려함으로써 변수의 본질적인 특징에 대한 사용자의 미묘한 감각적 차이와 감성의 본질인 비선형적인 요소 또는 비정규적인 요소를 고려하지 못하였다. 이로 인해 최종적인 추론단계에서 많은 정보손실을 가져왔고, 사용자의 느낌과 판단과 같은 미묘한 차이에 대해서 정량적으로 평가하는데 한계를 가지고 있다.

그러므로 본 연구에서는 사용자의 감성 만족도라는 애매하고 모호한 정보를 정량화하기 위한 평가 모델 개발에 대한 선행연구로서 기존에 사용되어지는 퍼지 소속 함수 정의방법에 대한 문제점을 해결하고 인간공학분야에 적합한 퍼지 소속 함수를 정의하는 방법론을 개발하는데 초점을 맞추었다. 이를 위해 변수들 간의 관계에 대한 퍼지 소속 함수를 회귀분석을 이용하여 도출하고, 문헌연구를 통한 개괄적인 경향이 아닌 객관적인 지표를 통해 적절한 함수의 형태를 정의하는 방법을 제안하였다.

실험에서는 본 연구에서 제안한 방법을 증

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

명하기 위하여 스크린 설계에서 배경화면과 텍스트 색상의 각 속성이 가독성에 대한 사용자의 감성 만족도에 미치는 영향을 고려하였다. 스크린 설계에서 올바른 색상의 선택을 위해서는 색의 기본적인 속성을 모두 고려하여야 하는데, 색의 속성은 색조(Hue), 채도(Saturation), 밝기(Brightness)로 구성되어 있다 (Lin, 2003 ; Ling and Schaik, 2002 ; Wang and Chen, 2000). 그러므로 이러한 색의 각 속성에 따른 가독성에 대한 사용자의 감성 만족도라는 인간의 감각에 근거한 애매한 정보를 표현하기 위해 명도, 채도, 색상에 대해서 각각의 퍼지 소속 함수로 표현하였다.

2. 문헌연구

인간공학에서 퍼지 이론을 적용한 연구를 살펴보면, 인간의 감각과 또는 다른 외부요인에 대한 애매하고 모호한 정보에 대해 그 특징을 고려하여 가장 잘 부합되는 퍼지 소속 함수를 정의하고, 퍼지 추론을 통해 정량적인 평가를 하였다.

Park (2002)의 연구에서는 제품설계변수의 측정치를 대상으로 적절한 규칙의 개수와 모델의 입력공간의 분할을 위해 제거 분활법(Subtractive clustering)을 사용함으로써, 제품 설계 패턴을 추출하고, 이후 추출된 각 패턴별 제품군을 대상으로 TSK (Takakg-Sugeno-Kang model) 방식의 모델을 이용해 회귀 모델을 구성하고 선형 최소자승법에 의해 회귀계수를 결정하는 방법을 사용하였다. 이는 기존의 통계적 기법과의 비교결과를 통해 우수한 예측능력이 검증되었다. 하지만 모델을 구성하는 일부 항목들에 대한 해석이 어려운 점과 감성어휘와 디자인 변수에 대한 소속 함수를 일반적인 가정을 바탕으로 한 가우시안 함수(Gaussian Function)를 사용함으로써 정확하고 신뢰성 높은 결과를 얻는데 한계점을 가지고 있다 (박정철과 한성호, 2002 ; 한성호, 2001). 또한 Park & Choi (1998)의 연구에서는 제품의 감성 공학적 설계를 위해, 사용자의 감성 표현 즉, 언어변수 (Linguistic Variable)에 대한 퍼지 소속함수(Fuzzy Membership Function)을 통해서 평가하여 가중치를 결정하였다. 이후 감성 중요등급을 결정하여 제품에 대한 감성품질도표를 개발 하였다. 그러나 감성중요등급을 결정하는 데 있어 선형적인 삼각함수를 사용함으로써, 인간의 비선형적인 감성판단을 고려치 못하는 한계점을 가지고 있다 (박민용과 최창성, 1998). McCauley-Bell & Bardin (1996)의 연구에서는 누적외상증(Cumulative Trauma Disorders : CTD)을 예측하기 위해 퍼지이론을 적용하였다. 이를 위해 먼저 CTD에 대한 위험 요인과 위험 요인에 대한 표현의 정도를 각각 퍼지 소속 함수로 정의하고, AHP(Analytic Hierarchy Processing)을 통하여 각각의 위험요인에 대한 가중치를 부여하였다 (McCauley-Bell, Badiru, 1996). 그러나 언어변수와 위험요인에 대한 퍼지 소속 함수를 최소, 최대, 평균값만을 가지고 정의함으로써 위험요인과 위험요인의 표현에 대한 미묘한 차이를 간과 할 수밖에 없었다. Back & Park (1998)의 연구에서는 감성의 주관적인 측정

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

및 분석 방법에 대하여 주관적이고 외부환경에 영향을 많이 받는 감성의 특성을 고려하기 위한 방법으로 퍼지이론을 적용하였다. 소비자의 응답을 하나의 절대치로 보지 않고 하나의 퍼지 집합으로 구성하여, 삼각 퍼지 함수로 표현 하였고, 퍼지 연산(t-conorm)을 이용하여 하나의 집합으로 통합하였다 (백승렬과 박범, 1998). 하지만, 소비자 감성에 욕구에 대한 퍼지 집합을 정의하는데 있어 대표적인 통계 값 또는 최소 / 최대 값을 사용함으로써 소비자의 감각적 차이를 고려하지 못하는 한계점을 가지고 있다. Kim and Jo (1999)의 연구에서는 실내 환경의 쾌적 감성을 삼각 퍼지 함수를 통하여 분석을 하였다 (김진과 조암, 1999). 하지만 감각이미지와 물리적인 환경과의 관계를 가장 일반적이고 직관적으로 생각되는 삼각 퍼지 함수를 사용함으로써, 복잡하고 다양한 인간의 감각을 너무 단순화시킴으로서 인간의 감각을 객관적으로 표현하지 못하였다.

기존의 연구에서와 같이 지금까지 퍼지 소속 함수의 형태를 결정하기 위한 방법으로는 문헌연구를 통한 소속 함수의 형태를 결정하는 방법이나 전문가에 의해 즉 연구를 주관하는 연구자에 의해 직접적으로 퍼지 소속 함수의 형태를 결정하는 방법을 사용하였다. 또 다른 방법으로는 여러 명의 전문가로부터 입력된 지식에 근거한 방법으로 고려하고자 하는 변수의 특징을 결정하기 위해 여러 가지 질문을 전문가들에게 하게 되고, 이렇게 해서 획득한 데이터들을 평균하여 소속 함수의 형태를 결정하는 방법이 사용되어졌는데, 이 방법은 전문가로부터 획득한 정보의 모수(Population)로부터 소속 함수를 획득하기 위한 가장 일반적인 방법이라 할 수 있다. 식 1, 식 2는 전문가로부터 획득한 정보를 평균하여 표현하는 것을 보여 준다 (Badiru and Cheung, 1999).

$$\text{Unweighted average}: A(x) = (1/n) \sum_{i=1}^{n} a_i(x) \quad (1)$$

$$\text{Weighted average}: A(x) = \sum_{i=1}^{n} c_i a_i(x) \quad \text{when } \sum_{i=1}^{n} c_i = 1 \quad (2)$$

이러한 방법론을 통한 일반적인 소속 함수의 형태는 그림 1와 같다. 하지만 인간의 감성과 감각적 판단은 항상 선형적 또는 정규적인 패턴을 보인다고 할 수 없다. 그럼에도 불구하고 인간공학 분야에서 퍼지 소속 함수를 사용할 때 가장 직관적이고 계산이 용이한 선형식으로 이루어진 삼각함수 또는 정규분포 모양의 가우시안 함수를 사용함으로써 계산의 편리함을 얻는 대신 감성의 단순화로 인하여 복잡하고 다양한 감성의 정량화를 본질적으로 차단하였다. 또한 퍼지 소속 함수의 절편 값과 경계 값을 결정할 때 대표적인 통계 값(최소, 최대, 평균값)들을 사용하여 인간감성의 미묘한 차이를 간과 할 수밖에 없는 단점을 가지고 있었다. 그러므로 단순화된 함수가 아닌 인간 감성의 미묘한 차이를 고려할 수 있는 퍼지 소속 함수의 개발을 통하여 감성을 정량화함으로써 소속 함수의 사용에 따른 감성의 단순화를 최소화 하고자 한다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

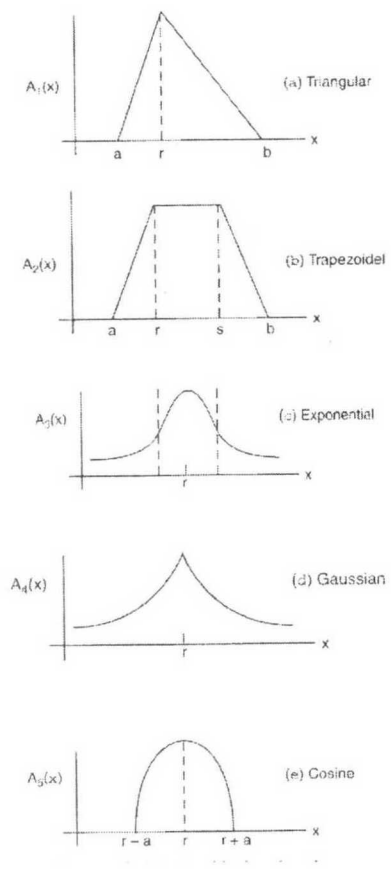


그림 1. 일반적인 퍼지 소속 함수의 형태
(Badiru, A.B., Cheung, J.Y., 2002)

3. 퍼지 소속 함수 모델링

퍼지 집합(Fuzzy Set)의 정의는 퍼지 소속 함수의 형태에 의해 결정된다. 기존의 퍼지 소속 함수의 형태를 결정하는 방법에는 한 명 또는 여러 명의 전문가의 의해 결정되어지거나, 문헌연구를 통해 고려하고자 하는 변수의 특성을 반영하여 퍼지 소속 함수의 형태를 결정하였다 (Badiru and Cheung, 1999). 본 연구에서는 이러한 퍼지 소속 함수의 정의방법을 탈피하여, 인간의 애매한 감성과 감각적 차이에 대한 보다 정확한 평가를 하기 위해 회귀분석을 통한 퍼지 소속 함수의 정의방법을 제안한다. 회귀분석을 통한 퍼지 소속 함수의 정의방법은 적절한 함수의 차수를 선택함으로서, 사용자의 감각적 차이와 비선형적, 비정규적 특성을 고려할 수 있다.

회귀분석은 변수들 간의 관계의 형태를 파악하기 위해 변수들 간의 회귀(Regression) 관계를 분석하는 기법으로 변수들의 상관관계가 구체적으로 어떤 형태를 하고 있는지를 모든 사람들이 수긍할 수 있도록 파악할 수 있다 (박성현, 2002). 그러므로 회귀분석을 통해 퍼지 소속 함수의 X축에 대한 기울기의 값과 절편 값을 획득하여 퍼지 소속 함수를 도출 할 수 있다. 그러므로 사용자의 비선형적 또는 비정규적인 요소와 물리적 자극에 대한 사용자의 감각적 차이를 파악할 수 있다. 회귀분석에 의해 함수의 차수 k의 값이 확정되면 다음과 같이 소속 함수를 정의할 수 있다.

$$\mu(x) = \alpha \cdot (\beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \ldots + \beta_k x^k) \qquad (3)$$

본 연구에서 퍼지 소속 함수 $\mu(x)$는 사용자가 느끼는 감성 만족도를 나타내며, 도출된 회귀식에서 α에 의해 0 에서 1까지의 소속 값을 가지게 된다. 퍼지 소속 함수의 범위를

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

정의하기 위한 계수 α는 실험에서 획득한 데이터 값에 의해 결정된다. 본 실험에서와 같이 사용자의 감성 만족도를 9점 척도로 데이터를 획득하였다면, 9점이 최고 소속 값 1의 값을 갖도록 α을 결정하게 된다. 이렇게 해서 도출된 소속 함수는 변수들의 특성과 사용자가 실제 물리적 자극에 대해 가지는 감각적 차이, 비선형적 요소, 비정규적 요소를 모두 고려할 수 있다.

4. 연구방법론

데이터 확보를 위한 질문지는 각 수준 환경에 대한 피 실험자의 주관적인 감성 만족도를 9점 척도로 답하게 작성을 하였고, 데이터 분석은 SAS 8.1을 사용하였다.

4.1 피실험자

실험 참가자는 남자 대학원생 20명을 대상으로 하였고, 이들의 연령범위는 20대 중반에서 30대이며 평균연령은 27.2세이다. 실험 참가자는 모두 콘택트렌즈를 착용하지 않는 자로 선발하였는데, 이는 콘택트렌즈를 착용하였을 때 실험과 무관하게 눈의 피로가 증가하기 때문이다 (Tanaka et al., 1993). 또한 사전 설문조사를 통해 눈의 피로도가 평상시 대비 심하거나 색약이나 색맹을 가진 사람은 실험에서 배제 시켰다.

4.2 실험장비

실험에 사용된 장비는 Pentium 4, 1.80GHz 와 TFT LCD 15인치 컬러 모니터(해상도 1024× 768 Pixels, Refresh Rate 60Hz)에서 Power Builder로 프로그래밍 한 소프트웨어을 이용하여 색상의 각 속성에 대한 자극을 제시하였다.

4.3 실험환경

본 연구에서 사용된 실험환경은 TFT-LCD 모니터를 테이블에서 70㎝ 높이에 위치 시켰고, 모니터의 각도는 105°로 하였다. 테이블과 피 실험자의 머리의 높이는 25㎝, 모니터와 피 실험자의 눈과의 거리는 50㎝로 실험간 상시 유지토록 하였다 (Horikawa, 2001). 실험실의 외부 조도는 형광등에 의해 500Lux로 유지 시켰으며, TET-LCD 모니터에 반사되는 빛이 없게 하였다. 실험 장소는 소음에 대한 오염변수를 제거하기 위해 외부소음을 차단시킨 조용한 곳을 선택하였다.

4.4 실험절차

본 실험은 색의 각 속성에 따른 가독성에 대한 사용자의 감성 만족도에 대한 내용으로 색의 각 속성에 따라서 크게 3번의 실험으로 나누어서 수행하였으며, 모든 피 실험자가 3번의 실험에 모두 참가하는 Within Subjects로 실험을 계획하였다. 실험순서는 실험특성상 눈의 피로도에 대한 영향이 크므로 실험순서에 의한 효과가 각각의 실험조건에 균등하게 배분되도록 역균형법 (Counter Balancing)을 통하여 실험순서를 정하였다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

실험에서 제시된 자극 수준의 결정은 스크린에서 색상설계에 가장 많이 사용되고 있는 RGB(Red-Green-Blue)모드상의 수치(0 - 256)를 기준으로 하였다 (Paschalakis and Lee, 2000).

실험 1은 색상이 가독성에 대한 사용자의 감성 만족도에 미치는 영향을 규명하기 위한 실험으로 색상환에서 대표적인 색상 값을 가지는 6가지 색(Red=0, Yellow=46, Green=87, Cyan=128, Blue=169, Magenta=210)의 배경과 텍스트의 조합 즉, 배경화면과 텍스트의 색상 간 거리가 사용자의 가독성에 대한 감성 만족도에 미치는 영향을 알아보았다.

실험 2에서는 배경화면과 텍스트의 명도대비가 가독성에 대한 사용자의 감성 만족도에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험으로 배경이 텍스트 보다 명도 값이 높은 경우와 텍스트가 배경보다 명도 값이 높은 경우 두 가지 경우를 고려하였다. 명도를 제외한 나머지 색의 속성인 색상은 실험 1에서 감성 만족도가 가장 좋은 것으로 나타난 노랑색 바탕에 청색 텍스트를 사용하였으며, 채도 값은 255에 고정하고 명도의 수준에 따른 10개의 자극을 제시하여 가독성에 대한 사용자 감성 만족도를 측정하였다.

실험3에서는 배경화면과 텍스트의 채도가 가독성에 대한 사용자의 감성 만족도에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험이다. 예비실험 결과 배경화면과 텍스트의 채도 비가 뚜렷하게 사용자의 감성 만족도에 영향을 미치지 않으며, 서로 독립적으로 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 그러므로 실험 3에서는 배경화면과 텍스트 두 가지 경우로 나누어서 실험을 실시하였다. 채도를 제외한 나머지 속성인 색상은 노랑색 배경화면에 청색 텍스트, 명도는 128로 고정하고 채도의 수준에 따라 10개수준의 자극을 제시하였다.

각 실험에 사용된 Task의 내용은 이해에 무리가 없는 중학수준의 소설의 한 단락을 선택하였으며 제시된 자극은 모두 300단어로 다른 내용을 제시하였다. 글자체, 글자크기, 라인 간격(Line Spacing)은 연구결과 VDT(Visual Display Terminal)환경에서 가장 가독성이 좋은 것으로 알려진 굴림체에 12pont, 150%으로 고정 시켰다 (이상희와 명노해, 2001).

본 실험에 들어가기 전에 정확한 시인식과 장애정도의 평가를 위해 1회 예비실험을 실시하였다. 본 실험에서는 시각적 간섭을 배제하기 위해서 실험실시 30분전부터 시각적인 작업을 일체 중지하고 안정을 취하도록 하였으며 제시된 실험환경에 대하여 5분간의 Reading 작업을 수행하도록 하였고, 실험을 마친 후 감성적 만족도를 묻는 설문지를 작성케 하였다. 이후 5분간의 휴식 시간을 주고 다음 실험에 임하도록 하였다. 실험이 진행되어지는 동안에는 최초 정해진 자세를 유지토록 하였으며 최대한 편안한 마음으로 직무에 집중하고 잡념을 버릴 것 등의 주의사항을 꼭 지키도록 약속 시켰다. 또한 실험 도중 눈이 극도로 피곤할 경우나 졸음으로 인하여 제시 자극과 관련 없이 실험결과에 영향을 미칠 수 있는 상황이면 피 실험자 스스로 실험을 중지하도록 하였다.

5. 결 과

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

5.1 실 험 1

그림 2는 색상간 거리에 따른 퍼지 소속 함수를 보여주는 것으로 X축은 배경과 텍스트의 색상간 거리를 말하며, Y축은 가독성에 대한 사용자의 감성 만족도를 나타낸다. 여기서 x는 배경화면의 색상 값과 텍스트의 색상 값의 절대 값의 차이를 나타내며, 각각 0에서 255까지의 값에서 해당하는 색상을 선택할 수 있다. 특히 색상 간 거리계산에 있어 유의할 점은 원형 기반에 따른 색상간 거리를 가지게 되므로, 색상간의 거리를 계산하기 위한 RGB 값은 배경화면의 색상 값과 텍스트의 색상 값의 차에 절대 값으로 계산하고, 이 값이 128보다 큰 경우에는 시계방향의 거리보다 실제 반시계 방향의 색에 가까워지기 때문에 반시계 방향의 색상거리를 계산하기 위해 256에서 색상간의 거리 값(x)을 뺀 값으로 계산하였다. 그림 2에서 검은 점으로 표시되는 부분은 실제 실험에서 피 실험자들이 보여준 색상간 거리에 따른 감성 만족도를 표시하는 것이며 실제 데이터를 지나가는 1차 함수는 점선으로 2차 함수는 실선으로 나타난다. 이후 적절한 함수의 차수를 결정하기 위해 각각의 함수에 해당하는 결정계수를 고려하게 되는데, 3차 함수의 결정계수 값이 0.976으로 가장 높으나 1차, 2차와 큰 차이가 없으며, 1차 함수의 결정계수 값이 0.967로 상당히 높은 수준의 설명력을 보이고 있다. 즉 다음에 보여주는 소속 함수에 의하면 배경과 텍스트의 색상간 거리가 증가하면, 감성 만족도가 0.0052의 비율만큼 증가하는 일차함수의 관계를 가지며 감성 만족도는 색상간 거리로 96.7% 설명이 가능하다.

$$y = -0.0287 + 0.0052 \times x$$

이러한 결과는 그림 1에서 보여 지는 일반적인 퍼지 소속 함수의 형태 중 삼각형 또는 사다리꼴 형태의 소속 함수로 정의하였을 때만 적절하게 추정할 수 있다. 반면에 독립변수에 의해 종속변수가 증가하는 똑같은 특징을 표현하는 함수라도 지수 함수나 가우시안 함수 형태의 함수는 부적절하다는 것을 알 수 있다. 그러므로 배경과 텍스트의 색상간 거리의 증가에 따라 사용자의 감성 만족도가 증가하는 소속 함수를 선택함에 있어, 선형함수, 지수함수, 가우시안 함수등과 같은 여러 가지 대안들 중에 선형식으로 표현된 함수가 가장 적절하다는 것을 알 수 있다.

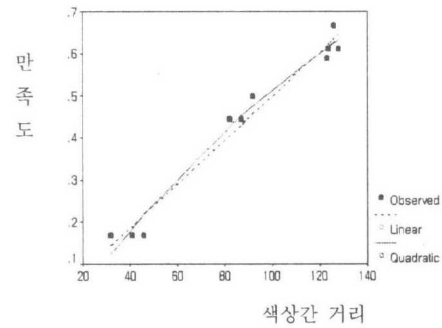


그림 2. 색상간 거리에 따른 퍼지 소속 함수

5.2 실 험 2

5.2.1 Case 1(배경 〉 텍스트)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

그림 3은 명도 비(텍스트 / 배경)에 대한 퍼지 소속 함수를 보여주는 것으로 X축은 텍스트/배경 의 명도비가 되며, Y축은 사용자의 감성 만족도를 나타낸다. 배경과 텍스트의 명도 값은 색상 값과 마찬가지로 0에서 255까지의 값 중 하나를 선택할 수 있다. 각 차수별 함수 즉, 1차 함수는 점선, 2차 함수는 일점쇄선, 3차 함수는 실선으로 표현되고 있으며, 검은 점은 실제 실험에서 피 실험자가 명도 비에 따른 가독성에 대한 감성 만족도를 나타낸다. 그림 3에서 보면 3차함수가 실제 데이터를 가장 근접하게 추적하고 있고, 결정계수 값 또한 0.975로 1차 또는 2차함수와 비교해 볼 때 가장 큰 값을 가지는 것으로 알 수 있다. 이에 따라 명도 비에 따른 감성 만족도는 3차 함수의 관계를 가지며 다음과 같은 형태를 보인다. 다시 말해서 다음에 보여주는 소속 함수에 의해 명도 비(텍스트/배경)에 따른 사용자의 감성 만족도를 97.5%를 설명할 수 있다.

$$y = 0.9471 + (-1.6463 \times x) + (4.0417 \times x^2) - (3.4404 \times x^3)$$

그림 3에서와 같이 명도 비가 0에서 0.2로 증가함에 따라 감성 만족도는 급히 감소하고, 명도비가 0.2에서 0.6까지 증가 할 경우에는 감성 만족도의 변화는 거의 없으며, 명도비가 0.6이상으로 증가 할 때 감성 만족도는 다시 감소하게 된다. 이러한 결과는 기존에 일반적으로 사용되어지는 소속 함수와는 매우 다른 형태를 보여준다. 그러므로 기존에 일반적으로 사용되어 지는 소속 함수의 형태로는 설명이 어렵다는 것을 시사하고 있다. 또한 이러한 함수의 형태는 인간의 비선형적, 비정규적인 특징을 단적으로 보여주고 있다. 실제 이러한 요소에 대해서 기존의 일반적인 소속 함수의 형태로 정의하였을 때는 최종 추론 시 많은 정보의 손실을 가져올 수 있음을 예측할 수 있다.

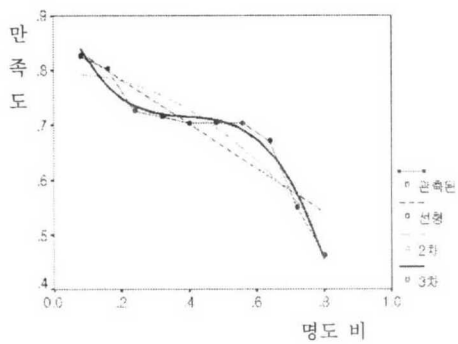


그림 3. 명도 비에 따른 퍼지 소속 함수
(텍스트 < 배경)

5.2.2 Case 2 (텍스트 〉 배경)

Case 2는 텍스트의 명도 값이 배경의 명도 값보다 높은 경우로 기존의 연구에서 Case 1(텍스트 〈 배경)의 경우와 사용자의 감성 만족도가 상이한 형태를 보임을 알 수 있었고 (Lin, 2003), 실제 스크린 설계 시 두 가지의 경우가 모두 사용되어 지고 있기 때문에 두 가지 의 경우 모두 고려하여 사용자의 감성 만족도를 측정하였다. 그림 4는 명도 비(배경 / 텍스트)에 대한 퍼지 소속 함수를 보여주는 것으로 X축은 배경/텍스트 의 명도비가 되며, Y축은 사용자의 감성 만족도를 나타낸다. 나머지 사항은 Case 1과 같다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

각 차수별 함수 즉, 1차 함수는 점선, 2차 함수는 실선으로 표현되고 있으며, 검은 점은 실제 실험에서 피 실험자가 명도 비에 따른 가독성에 대한 감성 만족도를 나타낸다. 결정계수의 증가가 함수 차수의 증가에 따라 뚜렷한 증가를 보이고 있지 않으며 1차 함수의 결정계수가 0.972로 매우 높은 설명력을 가지므로 명도 비에 따른 사용자의 감성 만족도를 충분히 표현할 수 있다. 즉, 다음에 보여주는 소속 함수에 의해 명도 비(배경 / 텍스트)에 따른 사용자의 감성 만족도를 97.2% 설명할 수 있다.

$$y = 0.9373 - (1.0962 \times x)$$

이러한 결과는 실험 1의 결과에서와 마찬가지로 명도 비(배경 / 텍스트)에 따른 사용자의 감성 만족도는 선형식으로 표현된 삼각함수 또는 사다리꼴 함수로는 적절한 표현이 가능하지만 지수 함수와 가우시안 함수는 부적절하다는 것을 알 수 있었다.

5.3 실 험 3

5.3.1 Case 1 (텍스트)

그림 5는 텍스트의 채도에 따른 퍼지 소속함수이며 일반적인 사항은 실험 1,2와 동일하다. 여기서 Y축은 사용자가 가독성에 대해 느끼는 감성 만족도를 나타내며, X축은 텍스

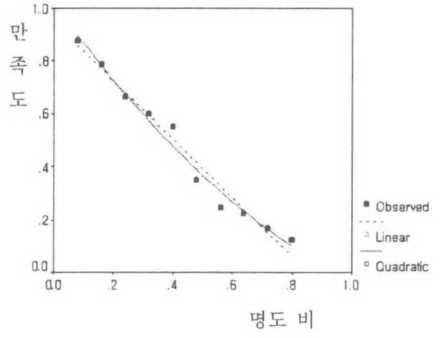


그림 4. 명도비에 따른 퍼지 소속 함수
(배경 < 텍스트)

트의 채도 값을 나타낸다. 채도 값은 색상과 명도와 마찬가지로 0에서 255까지의 값을 가지며 256개의 채도 값 중 하나를 선택할 수 있다. 결정계수 고려 후 3차 함수가 적절한 것으로 나타났다. 즉, 다음 소속 함수에 의해 텍스트의 채도에 따른 사용자의 감성 만족도의 관계를 92.4%설명 할 수 있다.

$$y = 0.5417 + (0.0023 \times x) - (0.00002 \times x^2) + (0.000000059 \times x^3)$$

이러한 결과는 실험 2의 Case 1과 같은 경우로 기존의 일반적으로 사용되어 지는 소속 함수의 형태로는 설명이 어렵다는 것을 보여주고 있으며, 인간의 비선형적 이고 비정규적인 특성을 잘 보여주고 있다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

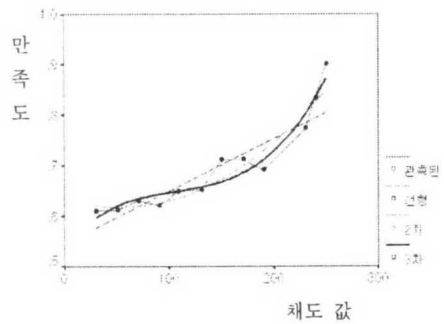


그림 5. 채도에 따른 퍼지 소속 함수
(텍스트)

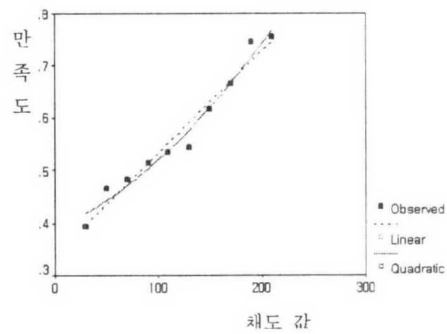


그림 6. 채도에 따른 퍼지 소속 함수
(배경)

5.3.2 Case 2 (배경)

그림 6은 배경의 채도에 따른 퍼지 소속 함수이며 일반적인 사항은 실험 1,2와 동일하다. 여기서 Y축은 사용자가 가독성에 대해 느끼는 감성 만족도를 나타내며, X축은 텍스트의 채도 값을 나타낸다. 채도 값은 색상과 명도와 마찬가지로 0에서 255까지의 값을 가지며 256개의 채도 값 중 하나를 선택할 수 있다. 결정계수 고려 후 1차 함수가 적절한 것으로 나타났다. 즉, 다음의 소속 함수에 의해 배경 채도에 따른 사용자의 감성 만족도의 관계를 92.1% 설명할 수 있다.

$$y = 0.2316 + (0.0026 \times x)$$

이러한 결과는 실험 2의 Case 2와 같은 경우로 실험 결과 배경의 채도 값에 따른 사용자의 감성 만족도를 표현하는 함수는 1차 함수가 적절한 것으로 나타났으며, 선형식으로 표현된 삼각 함수 또는 사다리꼴 함수로는 표현이 가능하지만 지수 함수와 가우시안 함수는 부적절하다는 것을 알 수 있었다.

5.4 요 약

본 실험에서 사용된 5가지의 변수 중에 색상, 명도 2, 채도 2에서는 1차 함수, 명도1과 채도1에서는 각각 3차, 2차 함수가 적절한 소속 함수의 형태로 나타났다. 선형식으로 표현된 소속 함수는 기존에 일반적으로 사용되어지는 함수 중 삼각함수나 사다리꼴 함수와 같이 선형식으로 표현되어 지는 함수로 설명이 가능하지만 2차나 3차 함수와 같은 소속 함수의 형태로 표현된 변수간의 관계는 일반적으로 사용되어지는 소속 함수의 형태로는 설명이 어렵다는 것을 알 수 있었다. 다시 말해서 그림 1에서와 같이 일반적으로 사용되어지는 퍼지 소속 함수의 형태로는 설명이 어렵거나 적절하지 못하여 변수가 가지는 특징을 제대로 표현하지 못하는 변수가 존재한다는 것을 알 수 있었다. 또한 색상, 명도 case2, 채도 case2에서의 결과와 같이 기존의 소속 함수의 정의방법으로도 설명이 되는

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

요소가 존재 하였다. 하지만, 문헌연구나 전문가에 의한 소속 함수의 정의방법으로는 변수가 가지는 경향이 같더라도 여러 가지 대안적인 함수가 존재하기 때문에 함수의 형태 결정에 대해서 오류를 범할 수 있음을 시사하고 있다. 이러한 문제해결을 위해 회귀분석을 통한 소속 함수의 방법론이 활용되어 질 수 있음을 알수 있었다. 함수의 차수 선택에 있어서는 결정계수를 고려함으로써 2차나 3차함수와 같이 다차원 함수를 선택하는 기준으로 활용하였다. 즉, 함수의 차수가 증가함에 따라 결정계수의 값이 현저하게 증가하는 함수의 차수를 선택함으로써 소속 함수를 선택함에 있어 객관적인 지표로 활용하였다. 결과적으로 변수가 가지는 개괄적인 경향은 같지만, 서로 확연하게 구분되는 결과를 보임으로서, 기존의 퍼지 소속 함수의 형태로 설명이 어려운 변수가 존재한다는 것을 확인 할 수 있었고, 본 연구에서 제안한 소속 함수의 정의방법에 의해 같은 경향을 가지는 여러 가지 대안적인 함수 중에서 보다 정확하고 정확한 함수의 형태를 결정할 수 있었다.

5.5 검 증

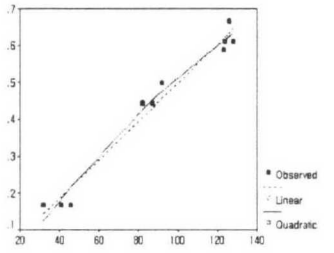
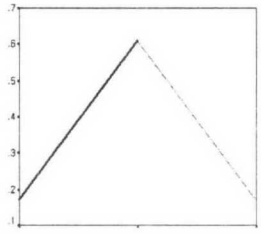
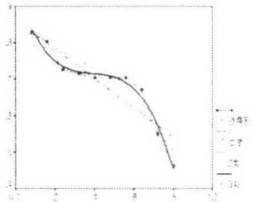
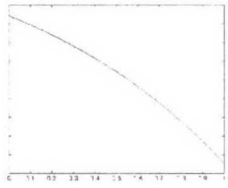
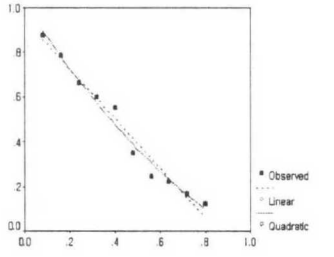
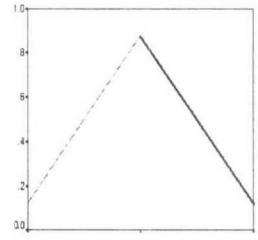
본 연구에서 제안한 퍼지 소속 함수의 타당성을 검증하기 위해, 기존의 퍼지 소속 함수의 정의 방법인 문헌연구를 통해 변수의 특성을 파악하고, 실험에서 도출한 최소/최대 값의 평균값을 가지고 정의한 퍼지 소속 함수와 회귀분석을 통해 도출한 퍼지 소속 함수에 대한 구조적 안정성에 대해 Chow 검정을 실시하였다. Chow 검정은 두 회귀식에 대해 구조적 변화가 있었는지를 통계적으로 검증하는 방법이다. 구조적 변화란 절편상의 변화, 혹은 기울기의 변화 혹은 절편과 기울기 모두의 변화, 혹은 절편과 기울기 모수변화의 다양한 조합 등을 의미한다. 그르므로, 두 함수가 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 알 수 있다 (안충영 등, 2000). 먼저 실험에서 획득한 최소/최대 값의 평균값만을 가지고 결정한 퍼지 소속 함수를 표 1과 같이 정의한다. 먼저 Chow 검정 절차에 따라 회귀분석 결과 선형식으로 표현된 함수 즉, 색상, 명도 2, 채도 2의 함수에 대해 검정을 실시하였다. 표 2는 이들 함수에 대한 Chow 검정 결과를 보여준다. 이후 회귀분석 결과 지수함수와 비슷한 형태를 가지는 명도 1, 채도 1의 함수에 대해 Chow 검정을 실시하였다. 표 3은 이들 함수에 대한 Chow 검정 결과를 보여준다.

검증결과 표 2와 같이 세 가지 속성에 따른 함수 모두가 기존의 소속 함수의 정의방법으로 정의한 함수와 구조적으로 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 요소는 기존의 소속 함수의 방법론으로 충분히 고려하고자 하는 변수의 특성을 충분히 표현할 수 있음을 말해주고 있지만, 회귀분석을 통해 먼저 변수의 특징을 파악할 수 있다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 두 번째로 2차, 3차 함수와의 검정에서는 표 3과 같이 두 함수 모두 구조적으로 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 검정결과는 기존의 퍼지 소속 함수를 정의하는 방법으로는 고려하고자 하는 변수의 특징을 제대로 표현할 수 없음을 보여주고 있다. 즉, 인간의 감각적 판단에 근거한 사용성이나 감성과 같은 요소는 비선형적, 비정규적 요소를

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

가지고 있는 특징이 존재하기 때문에 기존의 수 없는 변수가 존재한다는 것을 알 수 있다. 소속 함수의 정의방법으로는 충분히 표현할

표 1. 퍼지 소속 함수

구 분		회귀분석에 의한 함수	최소-최대값에 의한 함수 / 지수 함수
색 상		 $y = -0.022 + 0.0052x$	 $y = 0.02333 + 0.00458x$
명 도	1	 $y = 0.9471+(-1.6463\times x)+(4.0417\times x^2)-(3.4404\times x^3)$	 $y = 0.884 \times e^{-1/1.265}$ (지수 함수)
	2	 $y = 0.9373 - 1.0962x$	 $y = 0.9644-1.0556x$

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

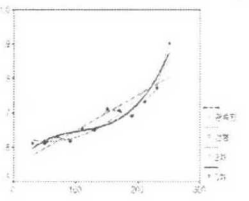
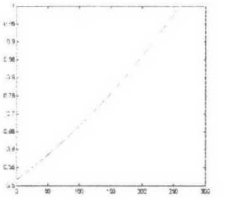
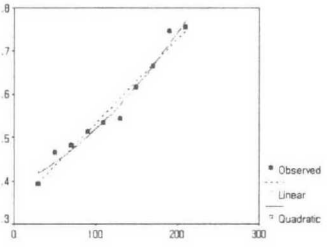
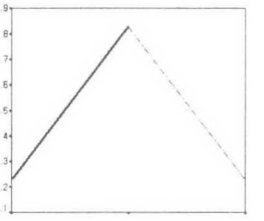
구 분		회귀분석에 의한 함수	최소-최대값에 의한 함수 / 지수 함수
채 도	1	 $y = 0.5417+(-0.0006\times x)$ $+(0.000006 \times x^{2})$	 $y = 0.51845 \times e^{0.002566x}$ (지수 함수)
	2	 $y = 0.2316 + 0.0026x$	 $y = 0.148 + 0.002727x$

표 2. Chow 검증 결과

구 분	F value	P value
색상	0.6232	0.5579
명도 2	0.7191	0.5132
채도 2	0.0660	0.9365

H0 : 두 함수는 구조적으로 안정하다.
(유의한 차이가 없다.)

H1 : 두 함수는 구조적으로 안정하지 않다.
(유의한 차이가 있다.)

표 3. 명도 1, 채도 1의 Chow 검증결과

구 분		F value	P value
명도	1	89.91	0.0001
채도	1	139.96	0.0001

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

6. 토 의

퍼지 이론의 개발은 인간의 의사결정 또는 감성에 관련된 Humanistic systems의 Computational Framework에 필요한 여러 가지 측정 및 해석 방법에 많은 동기를 부여하였다. 하지만, 지금까지 인지공학이나 인간의 행동과 관련된 사회 또는 행동과학은 대부분 퍼지이론과 상반된 이론 즉, 확률(Probability), 통계(Statistics), 대수학(Algebra)에 근거를 두고 있었기 때문에 퍼지이론이 인간과 관련된 시스템에 대하여 적절한 해석과 평가를 할 수 있음에도 인간공학 분야에서 폭넓게 사용되어지지 못하였다(Karwowski and Mital, 1986). 최근에 인간공학분야에서 여러 가지 인간의 애매하고 복잡한 요소에 대한 평가와 분석을 위해 퍼지 이론의 적용을 시도하고, 인간요소에 대한 여러 가지 접근법을 제시하고 있지만, 퍼지 소속 함수의 정의방법과 같이 인간요소에 대한 특성을 반영하는데 미흡한 점이 있었다. 이것은 인간공학 분야에서는 다른 분야에서 사용되어 지는 방법을 그대로 적용해서는 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 없다는 것을 본 연구를 통해 입증 하였다. 그러므로 인간요소와 이와 관련된 시스템에 대한 해석과 평가, 통제를 위해서는 퍼지 소속 함수의 정의 뿐 아니라 인간의 요소의 특성을 반영할 수 있는 적절한 방법론의 개발이 이루어져야 할 것이다.

Chow의 검증을 통해서 보았듯이 문헌연구를 통한 기존의 소속 함수의 정의방법으로 선택한 소속 함수로는 사용자의 감성 만족도를 정량화 하는데 한계점을 가지고 있음을 알 수 있었다. 이러한 현상이 발생하는 이유는 실험에서 제시된 자극의 수준이 등 간격으로 증가하더라도 인간의 지각은 등 간격으로 인지 되지 않기 때문이다. 즉 물리적 표상과 인간의 감각적 표상에 차이가 있기 때문이다. 또한, 인간이 차이를 지각하기 시작하는 JND(Just Noticeable Difference)가 존재하기 때문에 실험에서 제시한 자극의 강도가 인간의 지각의 강도와 선형적인 비례 또는 반비례 관계를 갖지 않고 비정규적인 양상을 보인다. Kahneman and Tversky(1984)에 의하면 인간은 의사결정 과정에서 지각된 확률이 실제 확률과 다른 경향을 보인다고 했다 (Wickens and Hollands, 2000). 이런 측면에서 두 가지 정의방법에 의한 소속 함수가 차이를 보이는 이유를 해석하면 인간은 불확실한 것보단 확실한 것을 선택하는 경향을 보인다. 또한 인간은 매우 드문 사상에 대하여 과대평가하는 경향을 보이며 반대로 빈번한 사상에 대해서는 과소평가하는 경향을 보인다. 그러므로 실험에서 제시한 자극 중에 잘 사용하지 않거나, 익숙하지 않은 자극에 대해서는 과대평가를 하고, 익숙한 자극에 대해서는 과소평가하는 경향이 있기 때문에 자극의 지각확률이 선형적으로 표현되어 지더라도 실제적으로 인간이 느끼는 주관적 확률과는 차이가 있다. 실험에서 보았듯이 명도 1의 경우에는 명도대비가 0.24에서 0.64으로 점점 자극강도가 증가하는 반면에 사용자의 감성 만족도는 증가하지 않고 평이한 결과를 보임으로

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

써 과대평가(Over Estimate)와 과소평가(Under Estimate)가 일어남을 알 수 있었다. 채도 1의 경우에도 채도 값 50 - 70 까지는 과소평가를 하다가 190부터 과대평가를 하는 경향을 보여주고 있고, 전체적으로 3차 함수의 형태를 보였다. 이런 결과는 인간의 주관적 판단확률이 자극의 지각확률과 선형적 또는 정규적인 관계를 가지지 않는다는 것을 증명하고 있다. 그렇기 때문에 인간의 감성과 느낌을 표현하는 소속 함수를 선택함에 있어, 대표적 통계 값에 의한 소속 함수의 정의 방법은 그 만큼의 오차를 가질 수밖에 없다. 또한 실험에서 5가지의 경우 중 3가지 경우는 기존의 소속 함수 정의 방법으로 정의한 소속 함수와 차이가 없었고 2가지 경우에는 유의한 차이를 보임으로 지금까지의 소속 함수 정의 방법에 의한 소속 함수의 사용이 모든 요소에 적용될 수 없음을 예측할 수 있다. 즉, 유의한 차이를 보인 두 개의 함수는 기존에 일반적으로 사용되어지는 함수 중에서는 어떠한 형태와도 일치하는 함수가 없었다. 즉 기존의 방법으로 정의한 소속 함수의 형태로는 타당한 결과를 얻을 수 없는 인간요소가 존재한다는 것을 알 수 있었으며, 이러한 요소를 보다 정확하게 표현하기 위해서는 새로운 형태의 소속 함수가 필요함을 알 수 있었다. 그러므로 좀 더 정확하고 신뢰성 높은 결과를 얻기 위해서는 변수에 대한 검증을 통해 타당한 소속 함수의 정의방법을 선택하고, 인간요소에 대한 특성을 고려한 소속 함수의 형태를 사용하여야 할 것이다.

7. 결 론

본 연구에서는 퍼지 이론을 적용한 사용자의 감성 만족도 평가 모델을 개발하기 위한 선행연구로 퍼지 소속 함수의 정의 방법론을 제시하였다. 퍼지 소속 함수를 정의하고 선택함에 있어, 기존의 감성 공학적 방법론에서 사용되었던 문헌연구를 통한 개괄적인 경향만 고려되어 선택되어진 퍼지 소속 함수를 사용하는 것이 아니라 사용자의 미묘한 감각적 차이와 비선형적 비정규적 요소를 고려한 실험적 연구와 회귀분석을 통해 퍼지 소속 함수를 정의 하였다. 또한 결정계수를 고려하여 함수가 관측 치에 대해 가지는 설명력과 예측력을 고려하였다. 즉, 고려하고자 하는 변수의 속성에 따라 설명력과 예측력이 높은 다차원의 함수를 선택하였다. 이런 방법론의 개발은 기존의 대표적인 통계값만 가지고 변수의 개괄적인 경향에 의해 결정되어 정확하지 못한 추론 결과를 얻는 사례를 방지 할 수 있고 소속 함수의 결정에 있어서도 좀 더 객관성을 부여할 수 있는 기준을 정립하였다. 실험에서 보았듯이 기존의 함수의 정의 방법에 의한 퍼지 소속 함수와 본 연구에서 제안한 함수 정의 방법에 의한 퍼지 소속 함수의 구조적 안정성을 검정한 결과 통계적으로 유의한 차이가 나는 결과를 확인할 수 있었다. 두 퍼지 소속 함수의 이런 차이는 개괄적인 경향과 대표적 통계 값에 의해 선택되어진 퍼지 소속 함수를 이용할시 추론과정에서 상당한 오차를 발생시키고 결국 최종 출력 값이 신뢰성이 없는 결과

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

를 초래 할 것이라는 것을 예상할 수 있었다. 다시 말해서, 일관된 퍼지 소속 함수를 사용하는 것이 아니라 각 변수에 대한 특성과 변수에 대해 사용자가 가지는 특성을 고려하여 좀 더 예측력과 설명력이 높은 함수를 선택함으로써 정확한 추론이 가능하다는 것을 보여 주고 있다. 또한 실험에서 유의한 차이를 보인 두 가지 요소의 함수가 모두 3차함수의 형태를 보였다. 이 것은 인간이 가지고 있는 인지적 특징 즉, 물리적 자극확률과 지각확률의 차이, 물리적 자극에 대한 JND의 존재와 같은 특징을 잘 반영할 수 있는 함수의 형태가 3차 함수의 형태임을 보여주고 있다. 그러므로 인간과 관련된 요소에 대해서는 기존의 함수 외에 3차 함수도 포함시켜야 함을 알 수 있었다.

결론적으로 인간의 감각과 같은 비선형적, 비정규적인 요소에 대해 실험적 연구와 회귀분석을 통한 퍼지 소속 함수의 새로운 정의 방법과 3차 함수로 표현된 새로운 형태의 퍼지 소속 함수를 제안함으로써, 인간요소에 대한 보다 적절한 해석과 평가가 가능하게 되었다.

참고 문헌

김도현, 권기호, 이홍규, 정종대, 이강웅, 이정문, 홍연찬, 핵심 퍼지시스템, 에드텍, 1994.

김진, 조암, 퍼지추론을 이용한 실내환경 쾌적 감성과 감각과의 구조분석, 대한인간공학회지 Vol. 18, No. 2, 1999.

박민용, 최창성, 퍼지 언어적 평가법과 품질기능전개개념을 이용한 무선호출기의 감성공학적 제품설계 응용사례, 대한인간공학회지 Vol. 17, No. 3, 1998.

박성현, 현대실험계획법, 민영사, pp. 259-300, 2002.

박정철, 한성호, 퍼지 규칙 기반 모델링 기법을 이용한 감성 만족도 모델 개발, 대한산업공학회지 Vol. 28, No. 3, 2002.

백승렬, 박범, 퍼지이론을 응용한 효율적 감성 수집과 분석에 관한 연구, 대한인간공학회지 Vol. 17, No. 1, 1998.

안충영, 홍성영, 박완규, 기초 계량 경제학, 진영사, 2000.

이상희, 명노해, 2001. 웹브라우저에서 한글의 서체와 크기에 대한 가독성 연구, 대한인간공학회 2001 춘계학술대회, 33-36.

한성호, 제품디자인의 감성만족도의 평가 및 예측모델 개발, 대한인간공학회지 Vol. 20, No. 1, 2001.

Badiru, A.B., Cheung, J. Y., Fuzzy Engineering Expert Systems with Neural Network Applications, JOHN WILEY & SONS, pp 133-141, 2002.

Horikawa, M., Effect of visual display terminal height on the trapezius muscle hardness : quantitative evaluation by a newly developed muscle hardness meter, Applied Ergonomics 32, 473-478, 2001.

Karwowski, W., Mital, A., Applications

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

of Fuzzy Set Theory in Human Factors, ELSEVIER SCIENCE PUB, 1986.

Lin, C.C., Effects of contrast ratio and text color on visual performance with TFT-LCD. International Journal of Industrial Ergonomics 31, 65-72, 2003.

Ling, J. and Schaik, P. V., The effect of text and background colour on visual search of Web pages. Displays 23, 223-230, 2002.

McCauley-Bell, P. and Badiru, A.B., Fuzzy Modeling and Analytic Hierarchy Processing to Quantify Risk Levels Associated with Occupational Injuries-Part I :The Development of Fuzzy-Linguistic Risk Levels, Part II : The Development of a Fuzzy Rule-Based Model for the Prediction of Injury. IEEE Transactions on Fuzzy Systems Vol 4, No 2, 1996.

Paschalakis, S. and Lee, P.,Combined Geometric Transformation and Illumination Invariant Object Recognition in RGB Color Images. IEEE, 2000.

Tanaka, Y., Yamaoka, K., Blink Activity and Task Difficulty, Development and Skills, 77, pp55-66, 1993.

Wang, A. H. and Chen, M. T.,Effects of polarity and luminance contrast on visual performance and VDT display quality. International Journal ofIndustrial Ergonomics 25, 415-421, 2000.

Wickens, C. D., Hollands, J. G., Engineering Psychology andHuman Performance, Prentice-Hall, pp 293-336, 2000.

저자 소개

◈ **박준석**

(현) 고려대학교 산업시스템정보공학 석사과정

◈ **명노해**

(현) 고려대학교 산업시스템정보공학과 교수
관심분야 : 인간공학, 인지공학, HCI

논문접수일 (Date Received): 2004/01/05
논문게재승인일(Date Accepted): 2004/05/17

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.