

정보융합 기법을 이용한 칼라 패턴의 감성 평가

The emotional evaluation of color pattern based on information fusion

*김성환, **엄경배, *이준환

Sungwhoan Kim, Kyoungbae Eum* and Joonwhoan Lee

*전북대학교 전자공학과, **군산대학교 컴퓨터학과

* Dept. of Electronics Eng., Chonbuk University

** Dept. of Computer Science, Kunsan University

ABSTRACT

In this paper, we propose an emotional evaluation model based on information fusion. This model can transform the physical features of a color pattern to the emotional features. Our proposed model consists of the fuzzy logic system and neural network model. The evaluation values produced by them were fused. The model shows comparable performances to the neural network and fuzzy logic system for the approximation of the nonlinear transforms. We believe the evaluated results of a color pattern can be used to the emotion-based color image retrievals.

I. 서론

색채와 감성과의 관계는 우리 생활 주변에서 많이 찾아 볼 수 있으며, 특히 그래픽 디자인, 패션 디자인, 상품 디자인, 인테리어 디자인, 도시 색채계획 등의 분야에서는 인간의 감성에 어울리는 색채의 사용이 중요시되고 있다. 따라서, 색채가 인간의 감성에 어떠한 영향을 미치는가 하는 것은 색채학 분야에서 중요한 연구 분야가 되어왔다.^[1-3]

이 색채 심리학 연구 분야 중에 하나가 다양한 색을 가진 옷감이나 벽지와 같은 칼라 패턴에 대한 인간의 감정을 객관적으로 평가하고, 이러한 평가치를 언어적인 이미지 스케일에 표현하려는 시도이다. 예로써, 일본의 색채 심리학자 Soen등은 다양한 랜덤 칼라 패턴을 제작하여 설문조사를 통하여 피험자가 느끼는 감성을 13가지의 서로 반대되는 이미지 스케일 상에 나타내도록 하는 심리학적 실험을 수행한 결과 칼라 패턴의 물리적 속성인 평균색상, 평

균채도, 평균명도, 주파수 성분이 감성속성에 영향을 준다는 사실을 확인하였고, 칼라패턴의 속성과 13개의 이미지 스케일 값들 사이의 변환 관계를 다중 회귀분석 방법을 이용한 모델로 규정할 수 있음을 보고하였다.^[4,5] 그러나, 다중 회귀분석을 이용한 비선형 모델은 근사화 능력이 떨어져서 피험자의 평가치와 잘 일치하지 않았다. 따라서, 본 연구팀은 이러한 문제점을 개선하기 위해 다음과 같은 두가지 감성 평가 모델을 발표한 적이 있다. 첫 번째 모델로는 두 개의 적용 퍼지 시스템과 퍼지 집합 연산자인 γ 모델로 구성된 퍼지 논리 시스템을 제안하였고, 두 번째 모델로는 신경망을 이용한 시스템을 제안하였다. 발표되었던 두 모델들은 Soen의 비선형 모델에 비해 칼라 패턴 적용시 인간의 감성 평가치에 근사화 시키는 측면에서 우수함을 입증하였었다.

그러나, 제안되었던 두 모델들은 이미지 스케일에 따라 성능이 달라 'beautiful-ugly' 등과 같은 몇몇 이미지 스케일에서는 신경망 모델의 근사화 능력이 우수하고 'heavy-light' 등과 같은 몇몇 이미지 스케일에서는 퍼지 논리 시스템이 우수한 결과를 보였다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 두 모델들로부터 얻어지는 감성 평가치를 근사화 능력을 평가하기 위한 척도를 이용하여 성능을 평가한 뒤 성능에 따라 가중치를 부가한 뒤 두 정보를 융합한 칼라 패턴 감성 평가 모델을 제안하였다. 본 논문에서 제안된 칼라 패턴 감성 평가 모델을 통하여 Soen의 비선형 모델, 신경망 모델 및 퍼지 논리 시스템보다 실제 칼라 패턴 적용시 인간의 감성 평가치와의 근접성 측면에서 우수함을 실험을 통하여 확인하였다.

II. 본론

2.1 Soen의 감성평가 모델

Soen등은 칼라패턴을 보고 느끼는 감정의 정도에 대한 실험을 하였고, 칼라패턴의 어떤 물리적 속성이 칼라패턴을 보고 느끼는 감정에 영향을 미치는 지를 실험하였다. Soen등은 평균명도가 같고 색조가 다른 랜덤칼라패턴 18개와 평균색조가 동일하고 평균명도가 다른 랜덤 칼라패턴 12개로 모두 30개를 생성하여 실험하였다.

생성된 30개의 랜덤 칼라패턴의 분포는 RGB 색좌표계의 칼라 정육면체에 나타낼 수 있는데, 여기서 평균명도가 같고 색조가 다른 랜덤칼라패턴 18개는 정육면체 내의 육각형 평면에 분포하며, 평균색조가 동일하고 평균명도와 도트 크기가 다른 랜덤칼라패턴 12개는 Black과 White를 잇는 직선 상에 나타나게 된다.

이렇게 구성된 30가지의 랜덤칼라패턴을 이용하여 Soen은 랜덤칼라패턴에 대한 심리적 실험을 하였는데, 피실험자로 하여금 스크린에 투사된 랜덤 칼라패턴을 보고 느끼는 감정의 정도를 13가지로 이루어진 이미지 스케일 상에 7~1로 표시하게 하였다. 심리적 실험결과 칼라패턴의 평균 색상, 평균 밝기, 저주파, 중간 주파, 고주파 성분에 의해 영향을 받음을 알 수 있다.

Soen은 이 실험결과를 이용하여 칼라패턴의 물리적 속성을 입력하였을 때 13가지의 이미지 스케일에 대한 등급을 출력하는 다중 회귀 분석 방법을 이용한 감성평가시스템을 제안하였다.^[4]

2.2 제안된 감성평가 모델

Soen의 비선형 평가 모델은 비선형함수의 근사화 능력에 있어서 심리학적인 실험 데이터와의 정합정도가 뛰어난 성능을 발휘하지 못하였다. 따라서 본 연구팀은 보다 정확한 근사화를 위해서 다층 신경회로망을 이용한 감성 평가 모델을 제안하였고 오류 역전파 학습에 의해 근사화를 시도하였다. 신경회로망 모델을 이용한 평가 시스템에서는 Soen등의 평가 시스템과의 비교를 위해서 Soen등이 사용한 \bar{L}^* , \bar{u}^* , \bar{v}^* , D_L , D_M , D_H 의 6가지의 물리적 속성을 그대로 사용하였다.^[6] 그 결과 신경회로망의 경우는 은닉층(hidden layer)을 거치면서 6가지 입력들이 서로 비선형 조합되므로 6가지 특성의 독립적인 특성뿐만 아니라, 각 항들의 곱해지는 항들에 의해 포괄적인 비선형 특성이 고려되기 때문에 더욱 심리학적인 실험 데이터에 근접한 정합특성을 얻었다. 본 연구팀이 제안하였던 신경회로망 구조는 다음 그림 1과 같다. 그림 1에서 입력은 6개의 물리적인 속성을 의미하고, 출력은 정규화된 9개의 이미지 스케일에서의 감성 속성들을 의미한다.

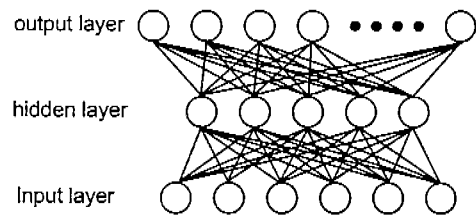


그림 1. 신경망 구조

칼라 패턴의 물리적 속성 추출은 평균색조와 심리적 평가치에 대하여 다음과 같은 언어적 규칙들을 가정할 수 있다.

“평균색조가 red부근이면 ‘warm’한 느낌을 받는다.”

평균명도와 도트크기에 대하여도 다음과 같은 규칙들을 가정할 수 있다.

“도트크기가 coarse 이면 ‘like’의 성향이 커진다.”

이러한 언어적 규칙으로부터 감성평가 모델

의 입력으로 평균색조, 평균 명도, 도트크기를 설정하였다. 칼라패턴의 색조를 RGB 공간상에서는 표현할 수 없으므로 HSI 공간으로 변환하였고, HS 평면은 각도와 크기로 표시되는 극좌표계가 나타나므로 V_a, V_b 를 좌표축으로 하는 직각좌표계로 변환하여 색조를 표시하였다. 도트의 크기에 대해서는 Soen등의 시스템에서 주파수 대역을 이용한 것과 달리 그레이 영상의 질감 특성 C 를 이용하였다.^[7]

앞에서 정의된 4가지 물리적 속성과 심리적 평가치에 대해서 퍼지 IF-THEN 규칙 즉, 언어적 규칙을 설정할 수 있다. i 번째 이미지 스케일일에서 V_a, V_b 에 대한 퍼지 규칙 기반은

$$R^i: \text{IF } V_a \text{ is } \begin{bmatrix} \text{positive} \\ \text{zero} \\ \text{negative} \end{bmatrix} V_b \text{ is } \begin{bmatrix} \text{positive} \\ \text{zero} \\ \text{negative} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$\text{THEN } EV_i^i \text{ is } \begin{bmatrix} \text{High} \\ \text{Middle} \\ \text{Low} \end{bmatrix}$$

이고, I 와 C 에 대하여서도 유사하게 설정할 수 있다.^[6] 여기서 EV_i^i 는 9개의 척도 중 i 번째 이미지 스케일에 대한 평가치이다.

위 두 가지 퍼지 규칙 기반에 대하여 V_a, V_b 가 입력인 적응 퍼지 시스템과 I, C 가 입력인 적응 퍼지 시스템이 구성되며 두 시스템의 출력은 γ -모델에 의해 융합된다.

퍼지규칙기반은 언어적 퍼지 변수와 불명료한 용어들로 구성된 변수의 값들로 구성되어진 IF-THEN 형태의 일련된 규칙들을 의미한다. 퍼지 규칙 기반 제어 등에 이용되는 적응 퍼지 시스템을 product inference rule, singleton fuzzifier, center average defuzzifier를 채택할 경우 적응 퍼지 시스템의 출력은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f(x) = \frac{\sum_{i=1}^M y^i \left[\prod_{j=1}^n a_j^i \exp\left(-\left(\frac{x_j - \bar{x}_j^i}{\sigma_j^i}\right)^2\right) \right]}{\sum_{i=1}^M \left[\prod_{j=1}^n a_j^i \exp\left(-\left(\frac{x_j - \bar{x}_j^i}{\sigma_j^i}\right)^2\right) \right]} \quad (2)$$

γ -모델은 Zimmermann과 Zysno에 의해 고안되었으며 입력값은 0 과 1 사이의 값을 가지고, 입력값에 가중치를 부가한 뒤 합 연산과 교 연산부분 사이에서 보상정도를 나타내는 파라미터인 γ 에 따라 가중화된 입력이 융합되어진다.^[8,9]

전체 시스템을 블록다이어그램으로 표현하면 그림 2와 같다.

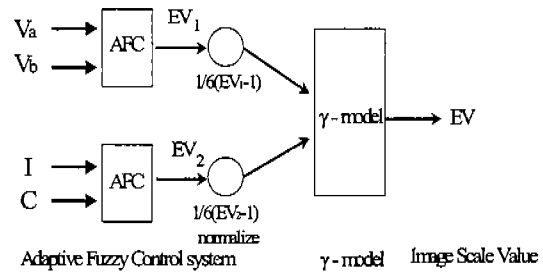


그림 2. 적응퍼지시스템과 γ -모델의 혼합시스템

본 논문에서의 규칙의 구성은 측정된 데이터에 의존하여 학습을 통하여 구성하는 방법으로 고려하였다. V_a, V_b 를 입력으로 하는 첫 번째 형태의 적응 퍼지 시스템에서는 6개의 색조와 그레이를 고려해서 규칙을 정하였고, I, C 를 입력으로 하는 두 번째 형태의 적응 퍼지 시스템에서는 랜덤칼라패턴의 I, C 평면상에서의 분포를 고려하여 규칙을 정하였다.

γ -모델은 γ 값에 따라 합연산자, 교연산자, 보상연산자 등으로 작용하므로 전체시스템의 출력은 γ 에 의해 평균색조 V_a, V_b 에 따른 평가치와 평균명도와 질감인 I, C 에 따른 평가치가 적절한 연산에 의해 조합되어 최종 평가치가 결정된다.

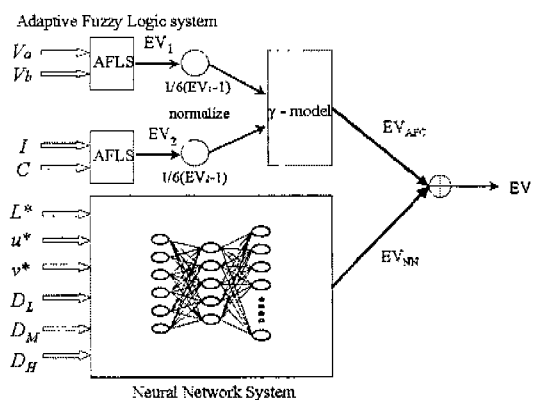


그림 3. 제안된 감성 평가 모델

그림3에서 보는바와 같이 제안된 감성 평가 시스템은 본 연구팀에 의해 기존에 개발된 신경망 및 퍼지 논리 시스템을 이용하였다. 전술한바와 같이 본 연구팀에 의해 발표된 두 모델

들은 이미지 스케일에 따라 성능이 달라 'beautiful-ugly' 등과 같은 몇몇 이미지 스케일에서는 신경망 모델의 근사화 능력이 우수하고 'heavy-light' 등과 같은 몇몇 이미지 스케일에서는 퍼지 논리 시스템이 우수한 결과를 보였다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 두 모델들로부터 얻어지는 감성 평가치를 근사화 능력을 평가하기 위한 척도를 이용하여 성능을 평가한 뒤 성능에 따라 가중치를 부가한 뒤 두 정보를 융합한 칼라 패턴 감성 평가 모델을 제안하였다. 근사화 능력을 평가하기 위한 척도는 $S = \sum_{j=1}^4 \omega_j N_j$ 를 사용하였다. 척도에서 j 는 표준편차의 영역을 나타내는 인덱스이고, N_j 는 각 이미지 스케일의 j 번째 표준편차 영역에 해당하는 패턴의 갯수이다. ω_j 는 j 번째 표준편차 영역에 해당하는 패턴의 개수에 대한 가중치로 다음식 (3)과 같다.

$$\omega_j = \frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \text{Exp}[-\frac{\sigma_j^2}{2}]}{\sum_{j=1}^4 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \text{Exp}[-\frac{\sigma_j^2}{2}]} \quad (3)$$

따라서, 두 시스템의 출력은 척도 S에 의한 가중치에 의해 다음과 같이 가중화되어 제안된 감성 평가 모델의 평가치를 출력한다.

$$\begin{aligned} \text{가중화된출력} = & \text{출력값}_{AFC} \times \frac{S_{AFC}}{S_{AFC} + S_{NN}} \\ & + \text{출력값}_{NN} \times \frac{S_{NN}}{S_{AFC} + S_{NN}} \end{aligned} \quad (4)$$

III. 실험 및 검토

본 논문에서는 제안된 감성평가 모델과 Soen 등이 제안한 감성 평가 모델, 신경망을 이용한 감성 평가 모델, 퍼지 논리 시스템을 이용한 감성 평가 모델을 서로 비교하였다. 성능의 비교는 실제로 사용되는 칼라 패턴 데이터에 대한 인간의 평가치와 모델의 평가치가 얼마나 유사한가의 비교를 통해서 이루어졌다. Soen 등은 그들의 모델을 실제 5개의 칼라 패턴에 적용하여 평가 실험을 수행하였다. 그들은 5장의 칼라 패턴을 사람들에게 보여주고 각 이미지 스케일에 평가치를 주게 하였으며, 이들 이미지 스케일당 평가치들을 평균하고 분산을 구한 후 자신들의 모델로부터의 평가치가 평균값으로부터 얼마나 떨어져 있는가를 구하였다. 즉 모델의 성능이 좋을 경우에는 평균적인 인간의 감성과 유사하게 작은 분산거리를 가질 것이고, 그렇지 않을 경우는 큰 분산거리에 위치하게 될 것이다. 본 논문에서도 동일한 칼라 패턴에 대한 제안된 평가 모델의 평가치를 평균적인 인간의 감성 평가치와의 분산거리를 통하여 비교하여 보았다. 표1은 이러한 실험결과를 요약한 것으로

Image Scale	Soen's System				Neural Network System				Fuzzy Logic System				Proposed System			
	0.3δ	0.5δ	0.7δ	1δ	0.3δ	0.5δ	0.7δ	1δ	0.3δ	0.5δ	0.7δ	1δ	0.3δ	0.5δ	0.7δ	1δ
Dynamic-static	0	0	0	0	1	1	2	3	1	2	3	3	1	1	3	3
warm-cold	0	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	1	1	2
gay-sober	0	1	2	3	0	1	4	4	0	0	3	3	0	0	2	4
cheerful-dismal	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1	1	2	0	1	1	2
light-dark	0	1	2	2	1	2	2	2	0	0	0	1	1	2	2	2
strong-weak	0	0	1	2	2	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4
gaudy-plan	0	0	0	1	1	2	2	3	1	3	4	5	3	3	3	4
hard-soft	1	1	3	4	1	2	4	5	1	1	4	5	1	3	3	5
heavy-light	1	1	1	2	0	0	1	3	0	0	2	4	1	2	3	3

표 1 0.3δ, 0.5δ, 0.7δ, 1δ 안에 든 테스트 패턴의 개수

	Soen's System	Neural Network System	Fuzzy Logic System	Proposed System
S	0.45	0.767	0.767	0.828

표 2. 스칼라 척도 값

로, 표의 수치는 주어진 분산거리 내에 5장의 칼라 패턴에 대한 모델의 평가치가 몇 개 들어 있는가를 표현한다. 예로써 'hard-soft'의 경우는 Soen의 평가 모델은 인간의 감성 평가치의 평균으로부터 1σ이내에 4장의 평가결과가 위치한다는 것을 의미한다.

표1에서 알 수 있듯이 실제 칼라 패턴에 대하여도 모델의 평가치가 인간의 감성 평가치의 평균으로부터 1σ이내에 몇 개나 들어있나에 의해 모델의 성능을 비교해 볼 때 본 논문에서 제안된 모델이 Soen의 모델에 비해서는 'cheerful-dismal'과 'light-dark'스케일에서는 동일한 성능을 보였고, 나머지 7개의 스케일에서는 우수한 성능을 보였다. 또한, 제안된 모델은 각 스케일에서 'heavy-light'스케일을 제외하고는 신경망과 퍼지 논리 시스템중 성능이 우수한 쪽의 출력과 유사한 출력을 보여 신경망과 퍼지 논리 시스템 모델보다 성능이 우수함을 알 수 있다. 본 논문에서는 표1을 기반으로 모델 성능을 비교할 수 있는 스칼라 척도를 식(5)와 같이 제안하였다.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^4 \omega_j N_{ij}}{9} \quad (5)$$

여기서, i 는 i 번째 이미지 스케일, j 는 각 0~0.3, 0.3~0.5, 0.5~0.7, 0.7~1사이의 표준편차 오차를 나타내는 인덱스이다. N_{ij} 는 i 번째 이미지 스케일의 j 번째 표준편차 오차내에 해당하는 패턴의 갯수이다. ω_j 는 j 번째 표준편차 오차에 해당하는 패턴의 개수에 대한 가중치로 식(3)과 같다. 표1에서 $\sigma = \{0.3, 0.5, 0.7, 1\}$ 이므로 $w = \{0.3, 0.27, 0.24, 0.19\}$ 이다. S 의 최대치는 첫 번째 표준편차 오차에 패턴의 개수 5가 들어 있는 경우로 값이 1.5이다. 표2에는 4가지 모델에 대한 스칼라 척도를 나타내었으며, 제안된 모델이 성능이 가장 우수함을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 Soen 등의 심리학적인 실험 결과로부터 칼라패턴의 물리적 속성과 감성평가의 관계를 객관적으로 평가하는 감성 평가 모델을 제안하였다. 본 연구팀은 이러한 물리적 속성과 감성과의 관계를 평가하기 위해 두 개의 적응 퍼지 시스템과 γ 모델로 구성된 퍼지 논리 시스템과 신경망을 이용한 시스템을 발표

하였었다. 발표되었던 두 모델들은 Soen의 비선형 모델에 비해 칼라 패턴 적용시 인간의 감성 평가치에 근사화 시키는 측면에서 우수함을 입증하였었다.

그러나, 발표되었던 두 모델들은 이미지 스케일에 따라 성능이 다른 문제점이 있었다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 두 모델들로부터 얻어지는 감성 평가치를 근사화 능력을 평가하기 위한 척도를 이용하여 성능을 평가한 뒤 성능에 따라 가중치를 부가한 뒤 두 정보를 융합한 칼라 패턴 감성 평가 모델을 제안하였다. 제안된 모델은 실험결과와 심리학적인 데이터를 근사화하는 능력에서 Soen등이 제안한 다중회귀분석에 의한 비선형 모델 및 본 연구팀에 의해 기존에 발표된 신경망 모델 및 퍼지 논리 시스템보다 실제 칼라 패턴 적용시 인간의 감성 평가치와의 근접성 측면에서 우수함을 실험을 통하여 확인하였다. 제안된 모델은 칼라 디자인의 기계에 의한 감성 평가와 인간의 감성을 기반으로 하는 칼라 패턴의 검색 등에 사용되어 사용자가 원하는 분위기의 칼라 패턴을 검색하는데 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

V. 참고문헌

- [1] Gobayashi, Color Image Scale, Kohdansha, 1990.
- [2] 엄진섭, 유원영, 이준환, "퍼지이론을 이용한 색채 계획 시스템에 관한 연구", Proceedings of JCEANF'96, pp. 112-116, 1996.
- [3] S. W. Hsiao, "A Systematic Method for Color Planning in Product Design", *Color Res Appl.*, Vol. 20, pp. 191-205, 1995.
- [4] T. Soen, T. Shimada and M. Akita, "Objective Evaluation of Color Design", *Color Res Appl.*, Vol. 12, pp. 187-194, 1987.
- [5] N. Kawamoto and T. Soen, "Objective Evaluation of Color Design II", *Color Res Appl.*, Vol. 8, pp. 260-266, 1996.
- [6] 엄진섭, 이준환, "감각언어를 이용한 칼라패턴 검색", 한국퍼지 및 시스템학회 논문지, Vol.9, No.1, 1999.
- [7] 김준철, 속성 벡터를 이용한 효율적인 질감 영상 분별, 전북대 박사 학위 논문, 1995.
- [8] Wang, Li-Xi., Adaptive Fuzzy Systems and Control, PTR Prentice Hall, 1994.
- [9] Krishnapuram, R., Lee, J., "Fuzzy-Set-Based Hierarchical Networks for Information Fusion in Computer Vision", *Neural Networks*, Vol. 5, pp. 335-350, 1992.