

# 러프 집합을 이용한 색채 감성의 해석 Rough Set Based Interpretation of Color Emotion

박은종<sup>1</sup>, 김순영<sup>2</sup>, 이준환<sup>3</sup>

전북대학교 영상공학과<sup>1</sup>, 통계학과<sup>2</sup>, 컴퓨터 공학과<sup>3</sup>  
{ for0511,rabbit, chlee }@chonbuk.ac.kr

## Abstract

본 논문은 칼라 패턴의 감성 평가를 위해 러프 집합 이론이 효과적으로 사용될 수 있음을 보여준다. 우리는 주어진 랜덤 칼라 패턴을 보여주고 사람들로 하여금 감성 평가를 하게 하여 수집된 심리학적 실험 데이터를 기반으로 VPRS(Variable Precision Rough Set) 이론을 적용, 관련 규칙들을 추출하였다. 이러한 규칙들은 벽지 등의 컬러 패턴들에 대한 근사적인 감성 평가 뿐만 아니라, 이미지 속성 공간을 언어적 이미지 스케일로 표현된 감성 공간으로 매핑 시키기 위한 적응 퍼지 시스템 등의 초기 조건으로도 사용할 수도 있다.

Keyword : Rough Set, Interpretation of Color Emotion, VPRS

## 1. 서론

만약 우리가 임의의 칼라 이미지들에 대해서 일반적인 사람들이 느끼는 평균적인 감성에 대한 일련의 규칙들을 찾아낼 수 있다면, 우리는 그 규칙들을 이용하여 이미지의 감성을 평가하고 해석할 수 있는 유용한 척도를 마련할 수 있을 것이다.[1~2] 일반적으로 칼라 이미지의 감성평가를 위해서는 지식 기반 시스템이 필요한데, 이를 위해서 디자인 전문가를 비롯해 비 전문가들에게 심리학적 실험을 수행하고, 수집된 감성 데이터를 분석하여 구성하게 된다. 그림 1은 감성 평가를 위한 지식 기반 시스템의 구성을 보여준다.

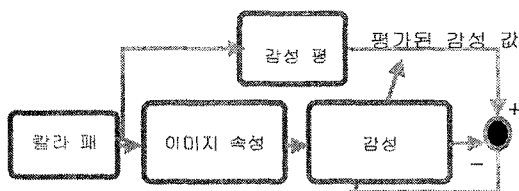


그림 1. 감성 평가를 위한 지식 베이스의 구성

심리학적 실험은 사람들로 하여금 주어진 칼라 패턴을 보고 여러 가지 감성 형용사 쌍들에 대한 평가를 하게 하여 얻어지게 된다. 이렇게 얻어진 데이터들은 다층 퍼셉트론, 적응 퍼지 시스템, 규칙

기반 시스템 등의 비선형 매핑 시스템의 훈련 데이터로 사용되어 질 수 있다.[1]

본 논문은 Ziarko에 의해 제안된 VPRS(Variable Precision Rough Set)이론을 적용하여 칼라 이미지의 감성 평가를 위해 규칙들을 찾아 내었다.

본 논문 구성으로는 제 2장에 심리학적 실험 방법, 조건/결정 속성들의 이산화 과정, 그리고 관련된 규칙들을 찾아내는 과정 등을 설명하고, 제 3장에서 결론을 맺었다.

## 2. 규칙 추출

### 2.1 심리학적 실험

일반적으로 모든 종류의 칼라 이미지들을 분석 하여 규칙들을 찾아내는 것은 불가능 하기 때문에, 본 논문에서는 일본의 Soen등이 실험에 사용한 38개의 랜덤 칼라 패턴을 사용하였다. 각각의 랜덤 칼라 패턴들은 평균 명도(Intensity), 색상(Hue), 채도(Saturation), 질감(Coarseness)들을 각기 달리하여 구성되었다.[7-8] 표 1은 이렇게 생성된 랜덤 칼라 패턴들의 구성을 나타내며, 그림 2는 1번 랜덤 칼라 패턴의 이미지를 보여주고 있다.

표 1은 평균 명도와 질감의 크기가 같고 각기 다른 색상과 채도를 가지는 부분과(S1), 평균 명도와 질감의 크기는 각기 다르나 색상과 채도가 같은 부분으로 구성되어 있다.(S2)

1~18번, 26번, 31~38번 등은 S1의 형태로 구성되어 있으며, 19~30번은 S2의 형태로

구성되어 있다. 표 1에서 dot size는 R,G,B의 출현 확률에 따라 결정된 컬러 값으로 칠해질 한 픽셀의 크기를 의미한다.

표 1. 실험에 사용된 랜덤 칼라 패턴 구성표

No	Appearance Probability			Dot size pixel	No	Appearance Probability			Dot size pixel
	R	G	B			R	G	B	
1	0.90	0.30	0.30	4x4	20	0.70	0.70	0.70	8x8
2	0.70	0.70	0.10	4x4	21	0.30	0.30	0.30	4x4
3	0.70	0.50	0.30	4x4	22	0.50	0.50	0.50	2x2
4	0.30	0.70	0.50	4x4	23	0.10	0.10	0.10	2x2
5	0.90	0.10	0.50	4x4	24	0.50	0.50	0.50	8x8
6	0.50	0.30	0.70	4x4	25	0.10	0.10	0.10	8x8
7	0.30	0.30	0.90	4x4	26	0.50	0.50	0.50	4x4
8	0.10	0.50	0.90	4x4	27	0.70	0.70	0.70	2x2
9	0.50	0.90	0.10	4x4	28	0.30	0.30	0.30	8x8
10	0.70	0.30	0.50	4x4	29	0.10	0.10	0.10	4x4
11	0.50	0.10	0.90	4x4	30	0.70	0.70	0.70	4x4
12	0.70	0.10	0.70	4x4	31	0.20	0.70	0.60	4x4
13	0.30	0.90	0.30	4x4	32	0.60	0.70	0.20	4x4
14	0.30	0.50	0.70	4x4	33	0.45	0.60	0.45	4x4
15	0.10	0.90	0.50	4x4	34	0.20	0.50	0.80	4x4
16	0.10	0.70	0.70	4x4	35	0.80	0.50	0.20	4x4
17	0.90	0.50	0.10	4x4	36	0.55	0.40	0.55	4x4
18	0.50	0.70	0.30	4x4	37	0.40	0.30	0.80	4x4
19	0.30	0.30	0.30	2x2	38	0.80	0.30	0.40	4x4

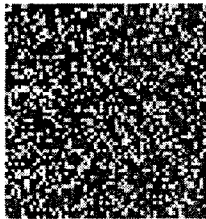


그림 2. 랜덤 칼라 패턴의 예(No. 1)

그림 3(a)는 S1에 있는 랜덤 칼라 패턴들을 2차원의 색상/채도 공간상에 표현한 형태이고, 그림 3(b)는 S2에 있는 랜덤 칼라 패턴들을 2차원의 명도/질감 공간상에 표현한 형태이다.

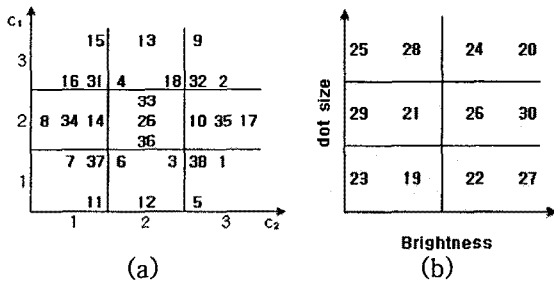


그림 3. (a) 색상/채도에서의 랜덤 칼라 패턴들의 위치 (b) 명도/질감에서의 랜덤 칼라 패턴들의 위치

본 논문에서는 산업 디자인, 통계학, 컴퓨터 공학과에 재학중인 남녀 대학원 학생 31명에게 위의 랜덤 칼라 패턴들을 보여주고, 3개의 형용사 쌍에 대해서 1~9 점 척도로 평가하게 하였다. 각각의 형용사 쌍들은 서로 반대적인 의미를 가지며, “따뜻한-시원한”, “동적인-정적인”, “무거운-가벼운”으로 구성되어 있다. 본 실험에서 Soen등이 실험한 13개의 형용사 쌍 모두에 대해 실험을 수행하지 않은 이유는 [9-10] 연구에서 대부분의 형용사들은 색 온도감, 활동감, 무게감으로 표현할 수 있다는 연구에 근거한 것이다.

실험에 참여한 31명은 디자인을 전공한 전문가 집단과 그렇지 않은 비 전문가 집단으로 구별되므로, 독립성을 알아보기 위해 t 검정을 실시 하였다. 검정 결과 두 집단 상호간에 5% 미만의 중요도의 차이를 보이기 때문에 본 논문에서는 31명 모두의 실험 데이터를 이용하였다.

### 2.2 조건 속성과 결정 속성의 이산화

본 논문에서는 31명 평가값의 평균(mean), 중간(median), 최빈수(mode)를 취하여 이를 대표적 감성 평가 값으로 결정하였다. 실험을 통해 평균을 이용한 방법이 가장 적절하여, 이를 근거로 규칙들을 찾아내었다.

고전적인 러프 집합 이론은 연속적인 값인 평균값을 이용해서는 일련의 규칙들을 찾는데 어려움이 있기 때문에, 본 논문에서는 결정 속성인 평균값의 연속적인 값 [1,3],[3,6],[6,9]을 각각 1,2,3으로 이산화 하였다. 1은 각 형용사 쌍에서 왼쪽에 있는 형용사를 의미하며, 3은 오른쪽에 있는 형용사를, 2는 왼쪽, 오른쪽 형용사 들에 속하지 않는 중립적인 것을 의미한다.

조건 속성의 이산화는 그림 3(a)와 같이 주어진 명도에 대해 색상과 채도를 각각 3부분으로 나누고, 그림 3(b)와 같이 평균 명도를 2부분으로 질감을 3부분으로 각각 이산화 하였다.

### 2.3 러프 집합 이론을 이용한 규칙 추출

이산화를 거친 후 러프 집합 이론을 이용하여 “따뜻한-시원한”에 대해 구성한 결정표가 표2에 나와 있다. 표 2의 C1 과 C2는 그림 3(a)의 조건 속성을 의미하고, 결정 속성으로는 2.2절에서 언급한 바와 같이 평균값만을 이용하였다.

표 2. 색상/채도에서의 “따뜻한-시원한” 결정표

No.	condition		decision		
	C1	C2	mean	median	mode
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
31	1	1	1	1	1
32	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1

표 2에는 똑같은 조건속성값에 대해 서로 다른 결정 속성값을 가지는 모순된 클래스들을 포함하고 있다. 이것은 일관된 클래스들을 포함하는 결정표에 대해서만 적절한 규칙을 얻을 수 있는 고전적인 러프 집합 이론을 적용할 수 없음을 의미한다. 본

논문은 이러한 문제점을 해결하고자 기존의 러프 집합 이론에 조건부 확률을 적용한 VPRS 이론을 이용하였다.

$$P(X|E_i) = \frac{P(X \cap E_i)}{P(E_i)} = \frac{Card(X \cap E_i)}{Card(E_i)}$$

VPRS는 위와 같이 정의 된다. 여기서 는 조건 속성에 대한 식별 불가능한 클래스들을 나타내고, 는 결정 속성에 대한 식별 불가능한 클래스들을 의미한다.

표 3. “따뜻한-시원한”의 조건부 확률 결정 표

(a) mean					(b) median or mode				
E <sub>i</sub>	c1	c2	d	case P(X E <sub>i</sub> )	E <sub>i</sub>	c1	c2	d	case P(X E <sub>i</sub> )
1	1	1	2	11 0.33	1	1	1	2	11 0.33
1	1	1	3	7,37 0.67	1	1	1	3	7,37 0.67
1	2	1	12	0.33	2	1	2	2	3,12 0.67
2	1	2	2	3 0.33	2	1	2	3	6 0.33
1	2	3	6	0.33	3	1	3	1	1,5,38 1.00
3	1	3	1	1,5,38 1.00	4	2	1	3	8,14,34 1.00
4	2	1	3	8,14,34 1.00	5	2	2	2	26,33,36 1.00
5	2	2	2	26,33,36 1.00	6	2	3	1	17,35 0.67
6	2	3	1	10,17,35 1.00	6	2	3	2	10 0.33
7	3	1	2	15 0.33	7	3	1	2	15 0.33
3	1	3	10,31	0.67	3	1	3	10,31	0.67
8	3	2	2	13,18 0.67	8	3	2	2	13,18 0.67
3	2	3	4	0.33	3	2	3	4	0.33
9	3	3	1	2,9,32 1.00	9	3	3	1	9,32 0.67
					9	3	3	2	2 0.33

표 4. “따뜻한-시원한”에 대해 추출된 규칙들 (조건부 확률 0.66 이상)

No.	rule	selected case	count
1	c1=1, c2=1, d=2	11, 17, 32, 35, 38	9
2	c1=1, c2=1, d=3	7, 8, 14, 16, 31, 34, 37	7
3	c2=2, d=2	13, 18, 26, 33, 36	5

표 3은 표2로부터 VPRS를 이용하여 구성된 결정표이다. 표4는 추출된 규칙들을 나타낸다. 그림 4(a)는 중간 명도에서의 추출된 규칙들을 도식화 한 것으로 이것을 색상과 채도 관점에서 “따뜻한-시원한”에 언어적인 규칙들을 추출해 보면

중간 명도를 가지는 칼라 패턴에 대해서

- 만약 색상이 빨강 이거나 노랑이면, 따뜻한 느낌을 가진다.
- 만약 색상이 청록 이거나 파랑 이면, 시원한 느낌을 가진다.
- 만약 색상이 초록 이거나 무채색에 가까우면, 중립적인 느낌을 가진다.
- 만약 색상이 자홍 이면, 중립적인 느낌을 가진다.

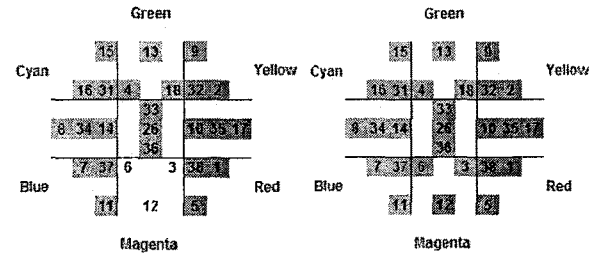
그림 4(b)는 조건부 확률의 문턱치 값을 0.3으로 준 것으로 아래와 같은 규칙을 추출할 수 있다.

- 만약 색상이 파랑에 가까우면, 시원한 느낌을 가진다.

- 만약 색상이 빨강에 가까우면, 따뜻한 느낌을 가진다

- 만약 색상이 높은 채도를 가지는 자홍 이면, 중립적인 느낌을 가진다.

이와 같이 규칙들은 조건부 확률의 문턱치 값들을 조절함으로써 다양하게 구성할 수 있다.



(a) 조건부 확률 0.66 (b) 조건부 확률 0.3

그림 4. “따뜻한-시원한”의 추출된 규칙 도식

위와 동일한 방법으로 “동적인-정적인”, “무거운-가벼운”에 대해 추출된 규칙들은 그림 5가 보여주고 있다.

중간 명도를 가지는 칼라 패턴에 대해서

- 만약 색상이 자홍에서 노랑에 있으면, 동적인 느낌을 가진다.
- 만약 색상이 무채색에 가까우면, 동적인 느낌을 가진다.
- 만약 색상이 청록과 파랑 사이에 있으면, 동적인 느낌을 가진다.
- 그렇지 않으면, 중립적인 느낌을 가진다.

- 만약 색상이 노랑에서 청록 이면, 가벼운 느낌을 가진다.
- 그렇지 않으면, 중립적인 느낌을 가진다.

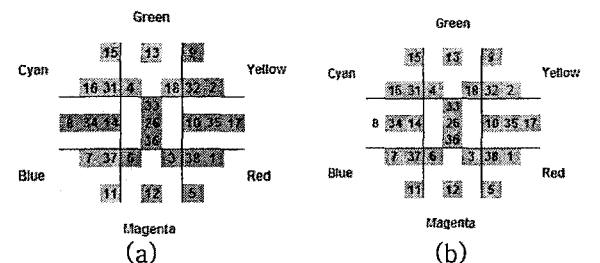


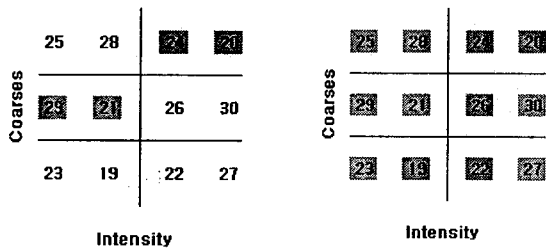
그림 5 (a) “동적인-정적인” 규칙 도식 (b) 무거운-가벼운” 규칙 도식

표 5. 평균 명도/질감의 “따뜻한-시원한” 결정표

id	c1	c2	d
19	1	1	2
20	2	3	2
21	1	2	2
22	2	1	2
23	1	1	2
24	2	3	2
25	1	3	2
26	2	2	2
27	2	1	2
28	1	3	2
29	1	2	2
30	2	2	2

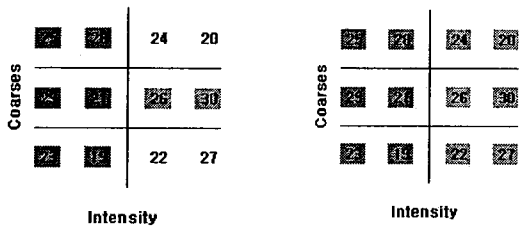
표 5는 표1의 S2 그룹에 속하는 패턴들에 대해 평균 명도와 질감의 관점에서 “따뜻한-시원한”에 대한 결정표를 나타낸다. 표 5에서 C1 과 C2 는 평균 명도와 질감(dot size)를 나타낸다. 표 5를 통해 우리는 무채색에 가까운 패턴들은 중립적인 느낌을 가진다는 것을 알 수 있다.

“동적인-정적인”, “무거운-가벼운”에 대한 추출된 규칙들은 그림 6, 7과 같다.



(a) 조건부 확률 1.0 (b) 조건부 확률 0.6

그림 6. “동적인-정적인”의 규칙 도식



(a) 조건부 확률 1.0 (b) 조건부 확률 0.6

그림 7. “무거운-가벼운”의 규칙 도식

그림 6,7을 언어적 형태로 규칙들을 각각 표현하면 아래와 같다.

회색에 가까운 칼라패턴에 대해(조건부 확률 1.0)

- 만약 질감의 크기가 중간 이고 색상이 어두우면, 정적인 느낌을 가진다.
- 만약 질감의 크기가 크고 색상이 밝으면, 동적인 느낌을 가진다.
- 그렇지 않으면, 모호한 느낌을 가진다.
- 만약 어두운 색 이면, 무거운 느낌을 가진다.
- 만약 질감의 크기가 중간 이고 색상이 밝으면, 가벼운 느낌을 가진다.
- 그렇지 않으면, 모호한 느낌을 가진다.

### 3. 결론

본 논문에서는 사람들이 칼라 이미지를 보면서 느껴지는 평균적인 감성을 언어적인 규칙의 형태로 추출하였다. 이를 위해 VPRS를 적용하여 조건부 확률에 따른 여러 가지 다양한 규칙을 추출 할 수 있음을 보였다.

추출된 규칙들은 실험에 사용된 랜덤 칼라 패턴에 대한 감성 평가 뿐만 아니라, 벽지나 카펫 등의 자연 영상에 대한 감성 평가 부분에 있어서도 확장 가능하다. 이를 위해서 그림 1과 같이 실제 자연 영상들의 감성 평가를 위한 적절한 추론 엔진을 가지는 지식 기반 시스템이 사용되어야 할 것이다. 본 논문에서 표 2의 과 는 , 로 구했으며, 표 5의 은 , 는 각 패턴에 대해 영상 분할 과정을 거친 후 연결된 객체들의 평균 크기로 정의하였다.

본 논문을 통해 추출된 규칙들은 다중 퍼셉트론, 적응 퍼지 시스템 등의 비선형 시스템에서 칼라 이미지 속성 공간과 감성 공간 사이의 매핑을 위한 초기 조건으로 이용될 수 있다.

### 4. 참고논문

- [1] Jinsub Um, Kyoungbae Eum, and Joonwhoan Lee, “A Study of the Emotional Evaluation Models of Color Patterns Based on the Adaptive Fuzzy Systems and the Neural Network”, COLOR research and application, Vol. 27, No. 3, pp. 208-216, 2002
- [2] 박중수, 엄경배, 신경해, 이준환, 박동선, “칼라영상의 감성평가와 이를 이용한 내용기반 영상검색”, 정보처리학회 논문지 B, 제 10-B권, 제 2호, pp.179-188, 2003년 4월
- [3] Pawlak Z, “Rough sets: theoretical aspects of reasoning about data”, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 1991
- [4] Ziarko W, “A variable precision rough set model”, Journal of Computer and System Sciences, Vol. 46, pp. 39-59, 1993
- [5] An A, Shan N, Chan C, Cerccone N, and Ziarko W, “Discovering rules for water demand prediction: an enhanced rough-set approach”, Engineering Applications in Artificial Intelligence, Vol. 9, pp. 645-653, 1996
- [6] Ziarko W, “Acquisition of hierarchy-structured probabilistic decision tables and rules from data”, Expert Systems, Vol. 20, pp. 305-310, 2003
- [7] Soen T, Shimada T, and Akita M, “Objective evaluation of color design”, COLOR research and application, Vol. 12, pp. 187-195, 1987
- [7] Kawamoto N, and Soen T, “Objective evaluation of

color design. II” , COLOR research and application, Vol. 18, pp. 260-266, 1993

[8] Ou L, Luo MR, Woodcock A, Wright A, “A study of colour emotion and colour preference, part I: colour emotions for single colours” , Color research and application, Vol. 29, pp. 232-240, 2004

[9] 김성환, 엄경배, 정성석, 이준환, “칼라패턴 선택을 위한 형용사에 관한 연구” , 감성 과학, 제 8권 , 제 4호, 2005년 12월