

## ART2 군집화와 퍼지 논리를 이용한 디지털 그림의 색채 구조색 분석에 의한 아동 심리 분석

김광백\*

### Reading Children's Mind from Digital Drawings based on Dominant Color Analysis using ART2 Clustering and Fuzzy Logic

Kwang-baek Kim\*

Department of Computer Engineering, Silla University, Busan 46958, Korea

#### 요 약

자신이 느끼는 것이나 보는 것, 경험하는 것을 언어로 표현하는 것이 서툰 아동들에게 있어 미술 활동은 감정을 표현할 수 있는 방법 중 하나이며 미술 치료를 위한 중요한 분석 대상이기도 하다. PC의 그림판 기능 등을 통한 디지털 그림이 일상화된 최근에는 기존의 색채학 이론과 미술 치료 이론이 접목되고 있으며 자동 분석 기능의 필요성이 대두되고 있다. 본 논문에서는 아동이 그린 그림에 대해 구조색 분석을 하고 ART2 알고리즘을 적용하여 색채 정보를 군집화한다. 군집화된 각각의 중심 벡터값을 기반으로 색채 빈도수를 소속 함수에 적용하여 퍼지화한다. 퍼지화된 중심 벡터 값을 퍼지 추론 규칙에 적용한 후에 비퍼지화를 수행한다. 비퍼지화된 값을 분석한 후에 구조색과 보조색을 결정하여 알슈울러와 헤트윅의 단일 색채에 따른 심리 상태와 색상 조합의 심리상태와 비교한 결과, 거의 비슷한 결과가 도출되는 것을 확인하였다.

#### ABSTRACT

For young children who are not spontaneous or not accurate in verbal communication of their emotions and experiences, drawing is a good means of expressing their status in mind and thus drawing analysis with chromatics is a traditional tool for art therapy. Recently, children enjoy digital drawing via painting tools thus there is a growing needs to develop an automatic digital drawing analysis tool based on chromatics and art therapy theory. In this paper, we propose such an analyzing tool based on dominant color analysis. Technically, we use ART2 clustering and fuzzy logic to understand the fuzziness of subjects' status of mind expressed in their digital drawings. The frequency of color usage is fuzzified with respect to the membership functions. After applying fuzzy logic to this fuzzified central vector, we determine the dominant color and supporting colors from the digital drawings and children's status of mind is then analyzed according to the color-personality relationships based on Alschuler and Hattwick's historical researches.

**키워드** : 알슈울러와 헤트윅, ART2, 미술 치료, 구조색 조합 심리, 퍼지 추론

**Key word** : Alschuler and Hattwick., ART2, Art Therapy, Dominant Color Analysis, Fuzzy Inference

Received 21 May 2016, Revised 01 June 2016, Accepted 08 June 2016

\* Corresponding Author Kwang-baek Kim(E-mail:gbkim@silla.ac.kr, Tel:+82-51-999-5052)

Department of Computer Engineering, Silla University, 140, Baegyong-daero(Blvd) 700 beon-gil(Rd), Sasang-gu, Busan 46958, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2016.20.6.1203>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서론

사람들은 끊임없이 해악으로부터 자신을 보호하기 위해서, 공포나 불안과 같은 주체하기 힘든 감정을 표출하고 조절하기 위해서, 앞으로 다가올 일들을 스스로 대비하고자 하는 주술의 목적으로 미술 작품을 창조하였다[1]. 특히 아동의 미술 표현에 대한 심리적·정서적 측면은 많은 관심을 끌어왔는데, 심리학, 정신의학, 미술치료 분야에서 더 강하게 나타난다. 아동의 그림 그리기는 의사표현이 서툰 아동들이 자신을 표현할 수 있는 가장 중요한 방식 중 하나로 인식되어 왔고, 이러한 아동들의 그림에는 그들의 심리적 상태나 다양한 감정들을 나타내는 내면세계를 반영한다. 아동을 치료하는 대부분의 치료사들은 의사표현이 서툰 아동들이 그림을 그리는 것을 통해 그들의 심리적 상태나 표현하는 것을 알 수 있기 때문에 그림은 아동들에게 효과적인 치료방법이 될 수 있다[2]. 그 중에서 아동들은 그림을 그릴 때 자기가 좋아하는 색을 이용하여 그림을 표현하는데, 그림 그리기에 사용된 색을 통하여 아이의 내면 심리와 성격을 파악 할 수 있다. 그 심리 결과를 통해 정신 발달장애, 정신질환 등의 문제가 발견되면 미술치료 활동으로 재활할 수 있으며, 이러한 과정을 거쳐 자기 표현을 향상시키고 자기 성장을 도모시켜준다[3]. 기존의 색채 정보를 이용한 아동 심리 분석연구[4, 5]에서는 아동이 그린 그림에서 애매모호한 색에 대해 색채 정보를 정확히 분류하지 않은 상태에서 아동의 심리를 분석하거나, 퍼지 논리를 이용하는 단일 색채 정보에 기반을 두었다[6, 7]. 본 논문에서는 아동이 그린 그림에 대해 주조색 분석(Dominant Color Analysis)을 중심으로 ART2 알고리즘을 적용하여 색채 정보를 동적으로 군집화하고, 군집화된 색채 정보의 중심 벡터 값을 퍼지화하여 모호성을 제거하여 아동의 심리 상태를 보다 정확하게 분석하는 방법을 제안한다.

## II. 알슈올러와 해트윅의 단일 색채의 아동심리

색채는 아동화를 보는 안목의 수준을 높이기 위한 지식의 한 부분으로 큰 역할을 하고 있다. 심리학적 측면에서와 서로의 가치가 있고 중요한 것이기 때문에 여러 학자들에 의해 연구되고 있다[3]. 심리학자 알슈올러

와 해트윅(Alschuler and Hattwick) 등이 아동화에 나타난 단일 색채를 심리학적으로 연구한 내용의 일부는 표 1과 같다. 김재은 등은 여러 심리학자들의 연구들을 바탕으로 색채의 조합심리를 연구하였다[1]. 주조색에 대한 조합 심리는 표 2와 같다.

**Table. 1** Characteristic Personality Features by Single Color Choice

Color	Personality
Red	Very affective and shows relatively free-will behaviour. Active and willing.
Orange	Symbolic color of romanticism. Dependent and act like a baby.
Yellow	Not too much dependent nor seeking affection. Try to maintain the status if satisfied with being loved
Blue	Not harmonious with others. If the color is bright blue, one usually is very compliant. If it is dark blue, one is submissive but not fully compliant.
Green	Not very much expressive and be patient. Control emotions and get along with others well and adaptive to the given environment.
Purple	If a child uses this color alone, he/she is not get along well with other sand be nervous.

**Table. 2** Personaluty Index with respect to the Combinatoric Dominant Color Usage

Combination	Diagnostic Meaning
Yellow Red	Hostility, fear, affection complaints, worrying about parents' hysterical responses
Orange Yellow	Strong desire to be recognized and supported.
Red Blue	Conflict with aggressiveness and control, satisfaction and dissatisfaction. Suffer from human relationship control.
Purple Others	Family dissension or have disability (physical or mental).
Blue Green	If blue is emphasized, it reveals the sublimation of strong basic desire. If green is more emphasized, it reveals no sublimation or intentional avoidance of strong basic desire.
Green Red	Have strong complex and dissatisfied with his/her mom.

### III. 색채 주조색 분석에 의한 아동 심리 분석

#### 3.1. ART2 알고리즘을 이용한 색채 군집화

아동이 그린 그림에서 R, G, B 각각의 채널에 대해 유사한 색채들을 군집화하기 위해 ART2 알고리즘[8]을 적용한다. ART2 알고리즘은 입력 패턴에 대하여 목표값 없이 자율학습을 통해 군집화하는 클러스터링 방법이다. ART2 모델은 임의의 입력 패턴에 대해 이미 학습된 패턴들을 잊지 않고 새로운 패턴들을 학습할 수 있는 안정성(stability)과 적응성(plasticity)을 가지면서 저속 및 고속을 지원 할 뿐만 아니라 지역 최소화(local minima) 문제가 발생하지 않는 장점을 갖는다. ART2의 연결 가중치 변화는 모든 입력의 평균값을 취함으로써 클러스터의 생성을 고르게 반응하게 된다. ART2 알고리즘은 다음과 같다.

**단계 1.** i 번째 입력 패턴을  $X_i$ , 신경망의 j 번째 클러스터의 중심값을  $W_{ji}$  라고 설정한다.

입력패턴 집합  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$   
 클러스터 집합  $C = \{w_1, w_2, \dots, w_C\}$   
 $N$  : 입력 패턴 수  
 $C$  : 클러스터 수 ( $C = 0$ )  
 $T$  : 총 반복 횟수

**단계 2.** 승자 클러스터를 선정한다. 새로운 입력 패턴  $x_i$ 에 대해 최소거리를 가지는 클러스터  $j^*$ 을 승자 노드로 선택한다. 승자 노드의 출력값은 다음과 같이 계산한다.

$$o_j = \left( \text{Min} \left( \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - w_{ji})^2} \right) \right) \quad (1)$$

**단계 3.** 입력 패턴에 대한 유사성 검증을 수행한다. 만약 입력 패턴이 승자 클러스터의 중심반경 이내에 있고 입력 패턴이 승자 노드의 클러스터에 속하는 경우에는 클러스터의 중심 벡터를 다음과 같이 조정한다.

$$w_{j^*i} = \frac{x_i + w_{j^*i}^{old} \cdot \|Cluster_{j^*}^{old}\|}{\|Cluster_{j^*i}^{old}\| + 1} \quad (2)$$

여기서,  $\|Cluster_{j^*}^{old}\|$  는 j 번째 클러스터에 갱신된 입력 패턴의 수이다. 만약 입력 벡터와 승자 클러스터의 중심 벡터 사이의 거리가 반경이내에 포함되지 않으면 이 입력 패턴은 기존의 클러스터와는 상이한 패턴임을 의미하며 이 입력 벡터에 대한 새로운 클러스터를 생성한다.

**단계 4.** 모든 입력이 제시될 때까지 단계 1에서 단계 3의 과정을 반복 수행한다.

**단계 5.** 지정된 횟수의 학습을 반복 수행하거나 신경망의 클러스터 중심 벡터가 각각 변함이 없으면 학습을 종료 한다.

아동이 그린 그림은 사용하는 색이 각각 다르다. 따라서 본 논문에서는 R, G, B 각각의 값에 대해 ART2 알고리즘을 적용하여 동적으로 군집화하고 중심벡터 값을 구한다. 그리고 ART2 알고리즘을 적용하여 생성된 중심 벡터 값을 퍼지 소속 함수에 적용한 후에 퍼지 추론 규칙을 적용한다.

#### 3.2. 퍼지 추론 규칙

퍼지 추론 규칙을 적용하기 위해 R, G, B 각각의 값에 ART2 알고리즘을 적용하여 중심 벡터 값을 구한다. 구한 중심 벡터 값을 기반으로 색채 빈도수에 따라 그림 1과 같은 소속 함수에 적용하여 퍼지화한다. 그림 1에 대한 소속 함수의 카테고리의 범위는 표 3과 같다.

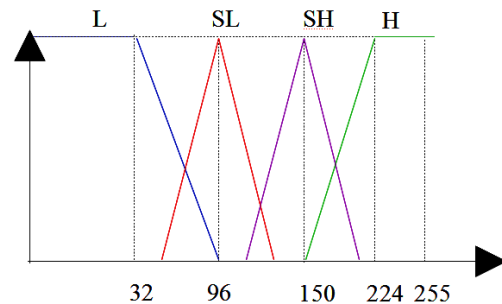


Fig. 1 Membership Functions for R, G, B Color

**Table. 3** Intervals for Color Frequency

Fuzzy Values	Interval
Low (L)	[0,79]
Slightly Low (SL)	[49,143]
Slightly High (SH)	[113,207]
High (H)	[177,255]

그림 1과 같은 소속 함수에 적용하여 퍼지화된 R, G, B 각각의 값을 퍼지 추론 규칙에 적용한다. 퍼지 추론 규칙의 일부는 다음과 같다.

- (1) 빨강에 대한 추론 규칙  
 IF R is H and G is L and B is L then Y is H.  
 IF R is SH and G is L and B is L then Y is H.
- (2) 파랑에 대한 추론 규칙  
 IF R is L and G is L and B is (SL, SH, H) then Y is H.  
 IF R is L and G is SL and B is (SH, H) then Y is SH.
- (3) 하늘색에 대한 추론 규칙  
 IF R is L and G is H and B is H then Y is SH.  
 IF R is SL and G is H and B is H then Y is H.
- (4) 노랑에 대한 추론 규칙  
 IF R is H and G is H and B is L then Y is H.  
 IF R is H and G is H and B is SL then Y is SL.
- (5) 초록에 대한 추론 규칙  
 IF R is L and G is (SL, SH, H) and B is L then Y is H.  
 IF R is L and G is H and B is (SL, SH) then Y is SH.
- (6) 주황에 대한 추론 규칙  
 IF R is LH and G is SL and B is (L,SL) then Y is SH.  
 IF R is H and G is SH and B is L then Y is H.
- (7) 보라색에 대한 추론 규칙  
 IF R is SL and G is L and B is (SL,SH) then Y is SH.  
 IF R is SL and G is L and B is H then Y is H.

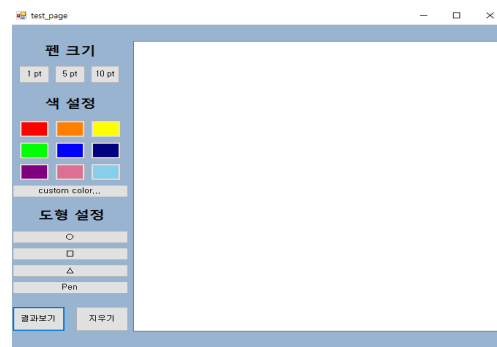
퍼지 추론 규칙에 의해 도출된 R, G, B 각각의 값을 비퍼지화하기 위해 식(3)과 같은 무게 중심법[7]을 적용한다.

$$y^* = \frac{\sum \mu(y_i)y_i}{\sum \mu(y_i)} \tag{3}$$

비퍼지화된 값을 이용하여 가장 많이 사용된 색과 두 번째로 많이 사용된 색을 주조색으로 구한다. 구해진 주조색을 통해 그림을 그린 아동의 심리 상태를 분석한다.

#### IV. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 아동이 그린 그림에서 주조색의 조합 심리와 단일 색채 심리를 분석하기 위해 제안된 색채 군집화 및 분류 방법을 Intel(R) Core(TM) i5-3337U CPU 4.00GB RAM이 장착된 PC 상에서 Visual Studio 2010 C#으로 구현하였다. 그림 2는 아동이 그림을 그리기 위한 제안된 초기 화면이다.



**Fig. 2** Starting User Interface for proposed Software

그림 2에서 화면의 왼쪽 부분에는 원하는 펜의 크기를 조절하거나 펜의 색을 선택할 수 있도록 하였다. 그림 3은 아동이 그린 그림을 나타내었다.



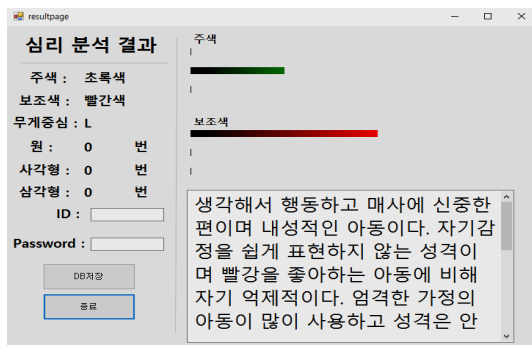
**Fig. 3** Example of Children's Digital Drawing

그림 3에서 결과보기 버튼을 누르면 아동이 그린 그림의 색채 정보를 분석한다. 그림 3에서 ART2 알고리즘을 적용하여 색채를 군집화하여 생성된 클러스터의 수와 경계 변수는 표 4와 같다.

**Table. 4** Vigilance Variables and Number of Clusters for Figure 3

Boundary Variables	Numver of Clusters
0.1	6
0.3	7
0.5	8

그림 3에 대하여 ART2 알고리즘의 경계 변수를 0.5로 설정하여 색채를 군집화 한 후에 색채 정보를 분석한 결과는 그림 4와 같다.



**Fig. 4** Example Output of Dominant Color Analysis by Proposed Method

그림 3의 그림에 대해 그림 4의 아동 심리 상태 결과를 분석하면 그림 3의 경우에는 초록색이 가장 많이 사용되었고 두 번째로 파란색이 많이 사용되었지만, ART2 알고리즘으로 군집화하는 과정에서 해와 나무의 열매의 색채 정보가 같은 클러스터로 분류되었기 때문에 보조색은 빨간색이 분석된 것을 확인할 수 있었다.

## V. 결론

본 논문에서는 의사표현이 서툰 아동들이 그린 그림에 대해 색채 정보를 ART2 알고리즘을 적용하여 각각

의 색채를 군집화하고 중심 벡터 값을 설정하였다. 설정된 각각의 중심 벡터값에 대해 색채 빈도수를 4개의 카테고리를 가진 소속 함수에 적용하여 퍼지화하였다. 퍼지화된 중심 벡터 값을 퍼지 추론 규칙에 적용한 후에 비퍼지화를 수행하였다. 비퍼지화된 값을 분석하여 주색과 보조색을 결정하여 아동의 심리 상태를 분석하였다. 제안된 방법을 적용하여 아동이 그린 그림을 분석한 결과, 제안된 방법이 알슈올러와 헤트윅의 단일 색채에 따른 심리 상태 및 색상의 조합의 심리상태와의 비슷한 결과를 도출하는 것을 확인하였다.

향후 연구 과제는 ART2 알고리즘의 경계 변수를 동적으로 설정하는 방법을 연구하여 색채를 세밀하게 분류할 것이다. 그리고 분류된 클러스터의 중심 값에 따라 소속 함수의 카테고리를 동적으로 설정하여 아동의 심리 상태를 현장에서 적용할 수 있도록 확장할 것이다.

## REFERENCES

- [1] H. J. Park, *Understanding of Diagnosis in Art Therapy*, Paju, Yangseowon, 2009.
- [2] C. A. Malchiodi, *Understanding Children's Drawings*, NY, Hakjisa, 2001.
- [3] J. I. Choe, *Children's Art Teaching*, Michigan, Hyungseul, 1998.
- [4] D. J. Kong, D. Y. Jeong, Y. W. Woo, J. H. Cho, K. B. Kim, "Psychology Analysis using Dominant Color and Location Information," *Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 5, no. 1, pp. 381-386, February 2011.
- [5] K. B. Kim, Y. W. Woo, "A Study on Sensitivity Analysis by Fuzzy Inference Rules using Color and Location Information," *International Journal of Maritime Information and Communication Sciences*, vol. 7, no. 3, pp. 268-274, March 2009.
- [6] D. H. Song, H. K. Rhee, J. H. Kim, J. H. Lee, "Reading Children's Emotions based on the Fuzzy Inference and Theories of Chromotherapy," *International Information Institute (Tokyo). Information*, vol. 19, no. 3, p. 735, March 2016.
- [7] R. Alschuler, L. A. Hattwick, *Painting and Personality. Volumes I and II*, Chicago: The University of Chicago Press, 1947.

- [8] K. B. Kim, D. H. Song, "Defect Detection Method using Fuzzy Stretching and ART2 Learning from Ceramic Images," *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, vol. 8, no. 9, pp. 29-38, September 2014.



**김광백(Kwang-baek Kim)**

1999년 부산대학교 전자계산학과 졸업(이학박사)  
1997년 ~ 현재 : 신라대학교 컴퓨터정보공학부 교수  
1999년 ~ 2000년 : Biomedical Fuzzy Systems Association, Editor(Japan)  
2009년 : Journal of Digital Imaging (Springer: SCI), Guest Editor  
2013년 : International Journal of Computational Vision and Robotics(SCOPUS), Guest Editor  
2013년 : International Journal of Information and Communication Technology(SCOPUS), Guest Edit  
2013년 ~ 현재 : 한국정보통신학회 수석부회장  
2014년 ~ 현재 : Open Computer Science Journal, Editor,  
2012년 ~ 현재 : 한국지능정보시스템학회 편집위원  
2013년 ~ 현재 : International Journal of Intelligent Information Processing(SCOPUS), Editor  
※ 관심분야 : 퍼지 논리, 영상 처리, 유전자 알고리즘, 의료정보시스템, 생물정보학