

개선된 퍼지 추론 규칙을 이용한 색채 정보 인식에 관한 연구

A Study on Color Information Recognition with Improved Fuzzy Inference Rules

우승범, 김광백
신라대학교 컴퓨터정보공학부

Seung-Beom Woo, Kwang-Baek Kim
Dept. of Computer Information Engineering,
Silla University

요약

RGB 모델을 통한 정적인 추론 규칙을 적용한 기존의 색채 정보 인식 방법은 RGB모델이 가지는 인간 시각과의 괴리감과 특정한 환경에서만 적용할 수 있는 문제점이 있다. 본 논문에서는 HSI 모델을 적용하여 색채에 대한 인간 인식 과정과 유사한 형태의 추론 방식과, 사용자에게 의해서 추론규칙을 추가, 수정, 삭제 할 수 있는 방법을 제안한다.

본 논문에서는 H, S, I 각각의 소속구간에 대하여 H는 Sine, Cosine 함수를 사용하여 소속구간을 설계하였으며, S, I는 삼각 타입의 소속 함수로 설계하였다. 설계된 각각의 소속구간에 대하여 소속구간 병합을 적용하여 소속도를 계산하고, 계산된 결과들은 미리 제시된 추론규칙에 적용하여 색채를 추론한다. 제안된 두 가지 방법을 적용하여 실험한 결과, 기존의 방법보다 제안된 방법이 비교적 직관적이며 효율적인 형태로 결론을 도출할 수 있음을 확인하였다.

■ 키워드 : | 색채 정보 인식 | 추론 규칙 | 소속 함수 |

Abstract

Widely used color information recognition methods based on the RGB color model with static fuzzy inference rules have limitations due to the model itself - the detachment of human vision and applicability of limited environment. In this paper, we propose a method that is based on HSI model with new inference process that resembles human vision recognition process. Also, a user can add, delete, update the inference rules in this system.

In our method, we design membership intervals with sine, cosine function in H channel and with functions in trigonometric style in S and I channel. The membership degree is computed via interval merging process. Then, the inference rules are applied to the result in order to infer the color information. Our method is proven to be more intuitive and efficient compared with RGB model in experiment.

I. 서론

RGB 모델은 빛에 의한 색 표현방법의 하나로 가산혼합 형태의 색 공간이다. 빛을 발산하여 인간에게 출력물을 보여주는 컴퓨터 시스템의 경우 컬러 영상을 출력하기 위해 RGB 모델에 기초하여 출력하도록 설계되어 있다. 하지만 RGB모델의 경우 인간이 색을 인식하는 과정과는 아주 다른 면모를 보인다. 예를 들어 빨간색을 표현할 경우 RGB(255, 0, 0)라는 수치화된 형태로 표현하는 컴퓨터에 비해 인간은 '밝다, 진하다, 빨간색

계열이다' 라는 형식으로 색을 인식하고 표현하게 된다. 퍼지 이론은 인간이 인식하고 추론하는 방식을 컴퓨터에서도 사용 가능하도록 하기 위해 제안된 이론[1]이며 이론대로라면 기존 방법[2]에서 제안한 RGB 모델은 현실문제에 적합하지 않다는 결론을 도출할 수 있다.

반면 HSI모델은 색을 표현하는 방식이 인간과 유사하다. H: Hue, S: Saturation, I: Intensity를 통하여 각각에 정해진 값을 주는 방식으로 색을 나타내게 된다. 예를 들어 빨간색 같은 경우 H:0°, S:1.00, I:255로 표현이 되는데 이것은 다시 '밝다, 진하다, 빨간색 계열

이다 '와 같은 의미를 가지는 것을 알 수 있다. 그러므로 퍼지 이론에 따라 인간과 유사한 형태로 색을 추론해 낼 수 있는 여건이 조성되게 된다. 또한 HSI 모델은 이후 논의할 사용자에게 의한 추론 규칙 추가, 수정, 삭제 작업에 적합하게 적용할 수 있다.

기존의 퍼지 기법을 적용한 방법은 이미 정의된 소속 구간들과, 이를 바탕으로 가능한 모든 조합에 대한 추론규칙을 설정해야 하는 비효율적인 방식이다. 이것은 새로운 추론 규칙을 추가한다는 관점에서 분명 불편한 요인으로 작용될 수 있다. 예를 들어 퍼지를 적용한 어플리케이션은 새로운 환경에 직면하였을 경우 기존의 소속구간과 추론규칙 때문에 전혀 다른 결론을 도출하는 경우가 발생한다. 이러한 경우에 추론규칙을 환경에 맞게 변형할 수 있다면 어플리케이션의 라이프사이클이 늘어나기 때문에 소프트웨어공학적으로 상당히 효율적인 방법이라 할 수 있다.

기존 방법[2]에서 제안한 RGB를 통한 색채 인식은 이러한 관점에서 새로운 색채에 대한 진단 결과를 추가할 수 없는 문제점이 존재한다. 본 논문에서는 이미 정의된 추론규칙을 변형하므로써, 동일한 소속구간을 사용하여도 다른 결론을 도출하여 환경의 변화에 비교적 쉽게 적용할 수 있음을 보여준다.

II. 본론

1. HSI모델을 이용한 색채 추론

HSI 모델은 Hue[H], Saturation[S], Intensity[I]와 같이 세 가지 요소로 이루어져 있다.

본문에서는 Saturation과 Intensity의 경우 삼각타입의 퍼지함수를 사용하여 소속도를 구한다.

각각의 소속구간 정의는 표 1, 표 2와 같다.

표 1. Saturation 소속구간 정의

구간 (약어 표기)	경계값
Very Low (VL)	[0, 0.1]
Low (L)	[0.05, 0.56]
Normal (N)	[0.45, 1.0]

표 2. Intensity 소속구간 정의

구간 (약어 표기)	경계값
Very Dark (VD)	[0, 30]
Dark (D)	[20, 135]
Bright (B)	[115, 250]
Very Bright (VB)	[240, 255]

Hue는 색상의 종류를 나타내는 것으로 $0^\circ \sim 360^\circ$ 사이에서 색상을 결정하게 된다. 따라서 Hue의 소속도는 표 3과 같이 Cosine 함수를 사용하여 구한다.

표 3. Hue 소속구간 정의(Cosine)

구간 (약어 표기)	경계값
Red (R)	[330°, 30°]
Yellow (Y)	[30°, 90°]
Green (G)	[90°, 150°]
Cyan (C)	[150°, 210°]
Blue (B)	[210°, 270°]
Magenta (M)	[270°, 330°]

하지만 여기에서 발생하는 문제가 있다. 그것은 각 색상들의 중간 색상에 대한 소속도이다. 그림 1에서와 같이 Cosine 곡선은 각 색상끼리의 경계가 분명하여 중간 색상에 대한 소속도를 구하기가 애매하다. 그러므로 여기에 표 4와 같이 Sine 함수를 추가한다.

표 4. Hue 소속구간 정의(Sine)

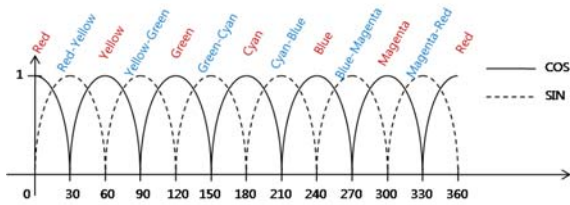
구간 (약어 표기)	경계값
Red-Yellow (R-Y)	[0°, 60°]
Yellow-Green (Y-G)	[60°, 120°]
Green-Cyan (G-C)	[120°, 180°]
Cyan-Blue (C-B)	[180°, 240°]
Blue-Magenta (B-M)	[240°, 300°]
Magenta-Red (M-R)	[300°, 360°]

단, Sine과 Cosine곡선은 $0 \sim 360^\circ$ 사이에 하나의 주기를 가지며 음수 값이 존재하기 때문에 실제 입력값(θ)에 대한 소속도($f(x)$)를 구하는 공식은 다음과 같다.

$$f(x) = |\cos(3\theta)|$$

$$f(x) = |\sin(3\theta)|$$

그림 1에서와 같이 총 12가지 색상에 대하여 소속도를 구할 수 있다.



▶▶ 그림 1. Hue에 대한 소속구간 그래프
[단, x축의 값은 입력값에 대한 의미적인 표기]

2. 11가지 기본 추론 규칙

기존의 방법에서와 같이 11가지의 기본 추론규칙을 가지며 그 정의는 표 5와 같다.

표 5. 11가지 기본 추론 규칙

조건	결론
If $i=VD$ & $s=X$ & $h=X$	$r = \text{Black}$
If $i=D B V B$ & $s=L N$ & $h=Y$	$r = \text{Yellow}$
If $i=D B V B$ & $s=L N$ & $h=G$	$r = \text{Green}$
If $i=D B V B$ & $s=L N$ & $h=B-M$	$r = \text{Purple}$
If $i=D B V B$ & $s=L N$ & $h=R$	$r = \text{Red}$
If $i=B V B$ & $s=L$ & $h=R-Y$	$r = \text{Orange}$
If $i=B V B$ & $s=L$ & $h=R$	$r = \text{Pink}$
If $i=D B V B$ & $s=L N$ & $h=B$	$r = \text{Blue}$
If $i=D$ & $s=N$ & $h=R-Y$	$r = \text{Brown}$
If $i=D B$ & $s=V L$ & $h=X$	$r = \text{Gray}$
If $i=V B$ & $s=V L$ & $h=X$	$r = \text{White}$

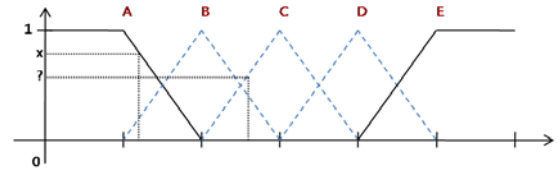
[단, X에 대한 소속도는 1.0]

3. 소속구간 병합

기존 퍼지를 적용한 방법은 미리 정의된 소속구간을 모두 사용하여 도출될 수 있는 모든 조합의 추론규칙이 요구된다. 이것은 추론규칙을 실행 시간에 조작할 수 없음을 의미한다. 본 논문에서는 우선 추론규칙에 대한 조작이 실행 시간에도 가능하도록 하기 위해 모든 소속

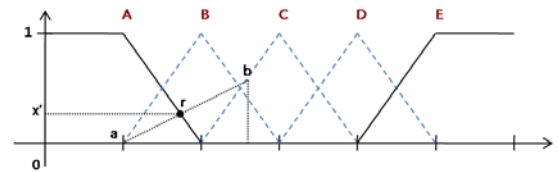
구간에 대한 추론규칙 조합을 하지 않는다. 하지만 그렇게 되면 사용되지 않는 소속구간이 발생하게 되는데, 이렇게 사용되지 않게 되는 소속구간에 대하여 사용되는 소속구간에 병합하는 형태로 문제를 해결한다.

그림 2에서 소속 함수 $f(x)$ 는 A,B,C,D,E의 소속구간을 가진다. 여기에서 A,E 소속구간만 사용하게 되고 B,C,D는 사용되지 않는다고 가정할 때 A와 E 구간에 존재하는 입력값에 대한 소속도는 구할 수 있게 되지만 B,C,D 구간에 존재하는 입력값에 대한 소속도는 그 의미를 잃어버리게 된다. 그렇기 때문에 B,C,D에 존재하는 입력값에 대한 소속도를 A나 E에 병합하는 작업이 필요하게 된다. 본 논문에서는 그 방법의 하나로 소속도 교점방법을 제안한다.



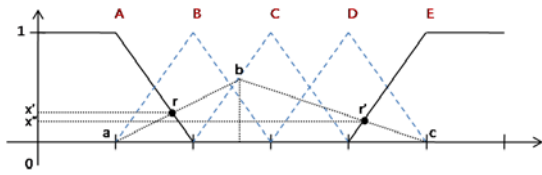
▶▶ 그림 2. A, C 구간에 대한 소속도

그림 3에서와 같이 C구간의 입력값이 입력되었을 경우 b점과 a점 사이에 직선을 의미적으로 표시한다. 그렇게 되면 A 소속도 그래프와의 교점 r이 발생하게 되는데 바로 이 점을 C에서 A로 병합된 소속도(x')로 사용한다.



▶▶ 그림 3. C 구간에 대한 소속도 병합

단, 그림 4에서와 같이 b점과 c점 사이의 교점 $r'(x')$ 도 발생하게 되는데 이때는 Max값에 해당하는 구간을 선택한다. 이러한 방법으로 사용되지 않는 소속 구간을 병합한다. 제시된 또 다른 방법은 입력값이 A나 E 중 어느 곳과 가까운지 확인한 뒤 병합되는 구간을 선택하는 방법이다. 본 논문에서는 후자의 방법을 선택하여 실험을 한 결과 색채 인식에 문제가 없음을 확인하였다.



▶▶ 그림 4. r, r' 의 소속도 x', x''

교점을 구하는 이유는 b 에 대응되는 y 축의 소속도 값이 A 에 대한 소속도 값이 아니며, 단지 거리적으로 가깝다는 이유 때문에 C 구간에 대한 소속도 값을 그대로 사용하는 것은 결론에 대한 신뢰도를 하락시키는 결과를 가져올 가능성이 존재하기 때문이다. 이것은 Mamdani 추론방법의 신뢰성의 한계에 대한 문제이다 [3,4]. 따라서 거리에 따라 C 구간의 소속도에 대하여 어느 정도를 인정해 주느냐에 대한 문제의 결과로 교점을 구함으로써 일정한 가중치를 부여할 수 있다. 그리고 그에 따른 결과 또한 어느 정도 신뢰할 수 있음을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

4. 추론규칙의 변경

본 논문에서는 최종적으로 추론 규칙을 추가, 수정, 삭제 할 수 있는 방법을 제안한다. 이것은 환경의 변화에 어플리케이션이 적응할 수 있도록 하기 위함이다. 표 5와 같이 11가지의 미리 정의된 추론 규칙을 정의한 바 있다. 여기에 12번째 추론규칙을 추가하여 실험을 진행하였다.

추론규칙을 변경하는 방법은 '밝다(244), 연하다(0,1), 노란색 계열(60°)이다'를 뜻하는 문자 '밝다(B), 연하다(L), 노란색 계열(Y)' 형태로 추가, 변경할 수 있다. 실험에서 위 추론 규칙을 Beige로 정의하여 분석 하였으며 기존 추론규칙을 변경하는 실험도 병행하여 본 논문에서 제안한 방법이 인간에게 더 직관적이고 공학적으로 효율적임을 확인하였다.

5. 중복되는 추론규칙에 대한 처리

추론규칙에 대하여 추가, 수정, 삭제를 하다보면 일부 중복되는 추론규칙들이 존재하는 경우가 발생한다. Red와 Pink Color에 대하여 추론규칙을 분석하면 표 6과 같다. 이 두 색상은 범위적인 차이일 뿐 추론규칙이 동

일하다. 이때는 추론규칙의 수가 적은 쪽을 우선적으로 처리하는 방법을 택하였다. 그 이유는 추론규칙이 적을 수록 그 색상이 특별하고 유일한 색상일 가능성이 높기 때문이다. 즉, 두 색상에 대하여 추론규칙을 표 7과 같이 재정의 하여 적용한다.

표 6. 기존 추론 규칙

조건	결론
If $i=D B V B$ & $s=L N$ & $h=R$	$r = \text{Red}$
If $i=B V B$ & $s=L$ & $h=R$	$r = \text{Pink}$

표 7. 재정의된 추론 규칙

조건	결론
If $i=D B V B$ & $s=N$ & $h=R$	$r = \text{Red}$
If $i=B V B$ & $s=L$ & $h=R$	$r = \text{Pink}$

III. 실험 결과 및 분석

1. 기존 색채 인식 모델과의 비교 분석

RGB모델을 사용하였을 때와 HSI모델을 사용하였을 때, 색상을 추론하여 결론 색상을 출력하였을 경우 큰 차이는 없었다. 그 이유는 색상을 추론한다는 것 자체가 특정 구간에 대하여 어떤 값을 지정한다는 것이 상당히 주관적이고 추상적이기 때문이다. 하지만 표 8에서 보듯이 어느 정도 신뢰할 만한 결과가 도출되는 것을 알 수 있는데, 이것은 단순히 추론규칙이 더 세분화되었기 때문이다.

표 8. RGB모델과 HSI모델의 결과

RGB값	HSI값	결론	
		RGB	HSI
255, 255, 255	$0^\circ, 0, 255$	흰색	흰색
204, 204, 255	$240^\circ, 0.2, 255$	보라	파랑
255, 204, 204	$0^\circ, 0.2, 255$	회색	분홍
255, 255, 204	$60^\circ, 0.2, 255$	회색	노랑
204, 255, 204	$120^\circ, 0.2, 255$	연두	녹색
204, 204, 204	$0^\circ, 0, 204$	null	회색
102, 153, 255	$220^\circ, 0.6, 255$	파랑	파랑

RGB값	HSI값	결론	
		RGB	HSI
153, 153, 255	240°, 0.4, 255	보라	파랑
153, 102, 255	260°, 0.6, 255	보라	보라
255, 153, 255	300°, 0.4, 255	보라	자주
255, 153, 153	0°, 0.4, 255	회색	분홍
255, 204, 51	45°, 0, 255	주황	노랑
102, 255, 102	120°, 0.6, 255	연두	녹색
51, 255, 153	150°, 0.8, 255	청록	녹색
51, 255, 204	165°, 0.8, 255	청록	청록
0, 204, 204	180°, 1.0, 204	청록	청록
0, 51, 255	228°, 1.0, 255	파랑	파랑
204, 0, 204	300°, 1.0, 204	보라	자주
153, 0, 51	340°, 1.0, 153	빨강	분홍
153, 51, 0	20°, 1.0, 153	빨강	주황
97, 62, 0	38°, 1.0, 97	빨강	갈색
0, 0, 102	240°, 1.0, 102	남색	파랑
102, 0, 102	300°, 1.0, 102	보라	자주
0, 51, 51	180°, 1.0, 51	검정	청록
51, 102, 0	90°, 1.0, 102	청록	녹색
102, 204, 0	90°, 1.0, 204	녹색	연두
0, 51, 51	180°, 1.0, 51	검정	청록

[단, null은 [2]의 테스트 프로그램 오류]

기존 방법[2]의 경우 RGB를 각각 4구간으로 분할하여 총 64가지의 추론규칙이 도출되며 이론적으로 64가지의 색이 구분 가능하다. 반면 본 논문에서는 Hue가 12가지, Saturation은 3가지, Intensity는 4가지로 구분하여 총 144가지의 추론규칙이 도출되며 이론적으로 144가지의 색이 구분 가능하다. 문제는 이렇게 기하급수적으로 늘어나는 추론규칙들로 인해 이를 미리 정의하는 작업과 신뢰성을 높이기 위한 반복적이고 비능률적인 실험이 동반되어야 하는데, 본 논문에서 제안하는 추론 규칙 방법은 바로 이런 비능률적인 실험 없이도 신뢰성을 주는 결과를 도출할 수 있다.

2. 소속구간 병합으로 인한 결과 분석

소속구간 병합으로 인해 어떠한 추론 결과가 도출되는지 확인하기 위하여 Hue에서 사용되지 않는 구간인 Cyan(C)에 대한 입력값인 H:173°, S:1.0, I:255를 임의로 적용하였다. 이때 출력되는 Hue에 대한 12가지 소속도와 무게중심법을 통하여 나온 결과는 표 9, 표 10

과 같다.

표 9. Hue에 대한 구간별 소속도

구간	소속도
Red (R)	0.0
Red-Yellow (R-Y)	0.0
Yellow (Y)	0.0
Yellow-Green (Y-G)	0.0
Green (G)	0.345800
Green-Cyan (G-C)	0.0
Cyan (C)	0.0
Cyan-Blue (C-B)	0.0
Blue (B)	0.0
Blue-Magenta (B-M)	0.0
Magenta (M)	0.0
Magenta-Red (M-R)	0.0

표 10. 추론결과에 따른 각 색상별 소속도

색상	소속도
Black	0.0
Yellow	0.0
Green	0.345800
Purple	0.0
Orange	0.0
Pink	0.0
Blue	0.0
Red	0.0
Brown	0.0
Gray	0.0
White	0.0

무게중심법을 통해 추출된 비 퍼지 값 : 5.0

실제 출력값 : 녹색

3. 추론규칙 추가, 수정, 삭제에 대한 결과

본 논문에서 제안된 소속구간 병합은 궁극적으로 실행 시간에 추론규칙을 조작하기 위해 사용된다. 따라서 기존 방법에서 할 수 없었던 추론규칙의 조작이 자유롭게 이루어 질 수 있으며 그에 대한 결과의 변화는 표 11과 같다. 표 5에서 정의한 Yellow에 대한 추론 규칙을 (H:Y, S:L, I:VB)으로 변경하여 추론한 결과,

Yellow 색상으로 추론되는 것을 확인하였다.

여기서 중요한 부분은 추론규칙에 대한 정의 방법이다. 인간이 색을 정의하듯이 '아주밝다(VB), 연하다(L), 노란색 계열(Y)' 형태로 추론 규칙이 적용됨을 알 수 있다. 이것은 HSI모형을 사용하였기 때문에 위와 같은 직관적인 방식으로 추론규칙을 변경할 수 있게 된 것이다. 즉 기존의 RGB 모델을 사용할 경우 특정 색에 대하여 R,G,B 각각이 어느 정도의 값을 가지는지 일반인으로서서는 분석하기가 어렵다. 또한 단순히 색을 선택하여 그 값을 통해 소속구간을 알아내고 이것을 이용하여 추론규칙을 변경하게 되면 사용자에게 상당히 추상적이며 사용자의 의도와 상관없는 결과를 도출할 수 있는 가능성이 존재한다.

표 11에서 입력된 값은 Yellow를 출력하게 되는 특수한 값들이다. 표 8과 표 11을 비교 분석하면 이전에 적용되었던 추론규칙과의 차이가 분명히 나타나는 것을 확인할 수 있다.

표 11. 추론규칙 변화에 따른 결과

입력값	결과
H:60°, S:0.1, I:244	Yellow
H:45°, S:0.8, I:255	Orange
H:60°, S:1.0, I:255	Black
H:60°, S:1.0, I:153	Black
H:80°, S:0.6, I:255	Black

표 11에서 결과가 Black으로 나온 부분을 분석하면 위 3개의 입력 값은 노란색 계열의 색상을 나타내는 값이란 것은 쉽게 알 수 있다. 하지만 표 11과 같은 결과가 도출된 이유는 소속구간 병합이 이루어 지지 않았기 때문이다. 즉, 각 입력값에 대한 소속구간이 모두 사용되었기 때문이다. 또한 그에 대한 추론 결과가 Fuzzy의 AND/OR 논리[1]에 따르므로 추론 결과 값들이 모두 0으로 나오기 때문이다. 이러한 문제는 앞으로 개선해야 할 부분이다.

추론 규칙의 추가에 대한 분석 결과는 표 12와 같다. 표 5에서 정의한 추론규칙에 Beige색상에 대한 추론규칙 '아주밝다(VB), 연하다(L), 노란색 계열(Y)'을 추가하면 표 12와 같은 결과가 도출되었다.

표 12. 추론규칙 추가에 따른 결과

입력값	결과
H:60°, S:0.1, I:244	Beige
H:45°, S:0.8, I:255	Yellow
H:60°, S:1.0, I:255	Yellow
H:60°, S:1.0, I:153	Yellow
H:80°, S:0.6, I:255	Yellow

Beige색을 추가하지 않았을 경우 H:60°, S:0.1, I:244에 대한 결과가 표 8에서와 같이 Yellow로 추론되는 것과는 다른 것을 알 수 있다. 따라서 추론 규칙을 추가하여 색채를 인식하는 것이 효율적인 것을 알 수 있다. 또한 Hue, Saturation, Intensity에 대한 수치가 일반적으로 인간이 인식하는 방법과 유사하므로 특정 색에 대하여 정확한 추론규칙을 추가하는 것이 색채 인식에 효율적인 것을 실험을 통하여 확인하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 HSI모형을 적용하여 색채에 대한 인간 인식 과정과 유사한 형태의 추론 방식과, 사용자에 의해 추론규칙을 추가, 수정, 삭제 할 수 있는 방법을 제안하였다.

기존 방법에서 제안한 RGB모형을 HSI모형으로 변경하여 추론규칙을 세분화 하였고, 실행 시간에 추론규칙을 추가, 수정, 삭제하기 위해 추론규칙을 일부만 정의하여 색채 인식에 적용하였다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 제시된 색채 인식 방법이 기존 색채 인식 방법에서 제시한 RGB모형을 통한 정적인 추론 방법보다 색채 분석 및 인식에 있어서 직관적이며 효율적임이 확인되었다. 하지만 제시된 소속구간을 병합하는 방법은 실험에서 알 수 있듯이 일부 색채 인식에 있어서 문제점이 있었다.

향후 연구 과제로는 제시된 색채 인식 방법으로 소속구간이 병합되지 않는 특수한 상황이 발생하여 정확히 색채 인식을 할 수 없는 경우에 대해 개선할 것이다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] A. Kandel, G. Langholz, Fuzzy Control Systems, CRC Press, Inc., 1994.
- [2] 김광백, 조재현, “퍼지 추론 규칙을 이용한 감성 처리에 관한 연구,” 한국컴퓨터정보학회논문지, 12권 3호, pp.1-8, 2007.
- [3] Y. I. Cho, "The Advanced Fuzzy Inference Method using a New Similarity Measure," 한국지능시스템학회 국제학술대회 발표논문집, pp.418-423, 2005.
- [4] M. Jamshidi, N. Vadiiee, T. J. Ross, Fuzzy Logic and Control, Prentice-Hall Inc., 1993.