

칼라 매칭을 위한 지능형 전문 시스템의 구현

장 경원\*, 이 종석, 안 태천, 윤 앙응  
원광대학교 공과대학 전기 전자 및 정보 공학부

Implementation of Intelligent Expert System for Color Matching

Kyung-Won Jang, Jong-Seok Lee, Tae-Chon Ahn, Yang-Woong Yoon  
Department of Electrical Electronic & Information Engineering Wonkwang Univ

**Abstract** - 본 논문은 지능형 알고리즘과 이미지 프로세싱 방법을 결합한 새로운 방법으로 칼라 매칭 시스템에 구현한다. 칼라 매칭 시스템은 이미지 프로세싱을 이용하여 칼라의 RGB 데이터를 분석한 후 얻어진 색상 정보를 가지고 사용자가 원하는 칼라는 구현하는 시스템이다. 칼라 매칭 시스템의 모델링에 이용되는 지능형 모델은 퍼지 추론과 적응 퍼지 추론 시스템(Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System: ANFIS)이며, 최소 자승법을 기반으로 한 회귀 다항식과 비교하여 제안된 지능형 모델에 대한 성능과 실용성을 검증한 후 델파이를 이용하여 구현하였다.

1. 서 론

한동안 대량생산이 최고의 가치로 인정받았던 염색 기술은 제품의 품질에 대한 중요성이 인식되면서부터 고품질의 염색 제품 생산 기술 개발에 역량을 집중시켜 왔다. 본 논문에서는 과학적인 칼라 조합과 공정 자동화를 위해 염료 조제 전문가에 의한 숙련된 조제 기술을 대신하여 이미지 프로세싱과 지능형 알고리즘을 결합한 새로운 방법으로 칼라 매칭을 위한 지능형 전문 시스템을 구현하고자 한다. 명확한 칼라 입력의 추출을 위한 전처리 과정으로 RGB 공간상의 색상 정보를 이미지 프로세싱을 이용하여 분석한 후 칼라 매칭 공정에 이용한다.

칼라 매칭 시스템의 구현을 위해 퍼지 추론과 적응 퍼지 추론 시스템(ANFIS), 최소 자승법을 기반으로 한 회귀 다항식을 사용하여 칼라 매칭 시스템을 분석하고 제안된 모델에 대한 성능과 실용성을 검증한 후 데이터베이스화한 칼라 조제 전문가의 조제 정보를 입력 칼라에 대한 실제 출력과 모델 출력을 산업공정에서 주로 사용하는 델타 E의 오차 범위 안에서 검증하여 적용한다.

2. 칼라 공간 해석

스캐너를 통해 얻은 색상 샘플의 이미지는 섬유와 종이의 특성 그리고 조명으로 인해 원본과 다른 이미지를 얻게 되므로 약간의 이미지 가공이 필요하고, 이 과정에서 빼 놓을 수 없는 것이 바로 칼라의 처리이다.

칼라는 색상, 채도, 명도의 조합으로 만들어지며, 이 공간을 칼라 공간(color space)이라 한다. 일례로 칼라 모니터에서는 RGB공간, 프린터의 경우 CMY공간 등을 사용한다. 본 논문에서는 실제 샘플 데이터를 스캐닝한 이미지 데이터를 모니터 상에서 비교하고 모델링 하기 때문에 RGB 공간에 대해 다루고자 한다.

2.1 RGB 칼라 공간

RGB 색상이란 빨강, 초록, 파랑으로 구성된 삼원색이 조합되어 각각의 새로운 색을 만들어 낸다. 세 가지 색은 각각 256단계(0~255)의 값을 가지고 있고, 이들을 혼합하여 만들 수 있는 색상은 16,777,216칼라 즉, 16백만 칼라(24bit 칼라)를 만들 수 있다.

2.2 이미지 히스토그램

이미지 프로세싱 방법 중에 한 분야인 이미지 히스토그램(histogram)은 영상의 명암 프로필을 보여주기 위해 사용되는 도구로써, 초기 칼라 이미지가 입력되면 이미지를 각 단색으로 처리한 후, 단색에 대해 256 명암 단계를 보여주는 것이다. 히스토그램 응용을 히스토그램 평활화 라고 하는데, 이것은 명암 값 분포를 새로 잡아 주는 것으로서, 식(1)에 의해 정규화 된다.

$$k_i = \frac{g_{max}}{n_i} H(i) \quad (1)$$

여기서,  $n_i$ 는 픽셀의 총 개수,  $g_{max}$ 는 명도의 최대 값(256단계),  $H(i)$ 는 축적 히스토그램이다.  $k_i$ 는 정규화 된 값 즉, 변환된 영상의 값이다.

2.3 RGB 데이터

(표 1)은 실제 공정에서 사용되는 데이터를 나타낸 것으로 Yellow계열 2가지(5GN, RXL), Red계열 3가지(10B, B, F-3GL) Blue계열 3가지(G, 5GM, 6B)로 표시된 가로축은 실제 공정에서 사용되는 칼라 이름을 나타내며, 세로축은 칼라의 농도에 따른 RGB 데이터를 나타내고 있다.

표 1. RGB 데이터 값

No (%)	Color	Y 5G N	Y RXL	R 10 B	R B	R F-3 GL	B G	B 5G M	B 6B
1 (0.01)	R	254	251	251	253	254	191	209	202
	G	253	240	234	221	225	224	240	212
	B	220	212	231	228	221	239	245	242
2 (0.05)	R	255	253	243	252	254	117	158	146
	G	254	240	194	170	181	175	215	159
	B	183	172	226	205	174	236	243	241
3 (0.1)	R	255	254	240	251	254	83	130	120
	G	254	233	166	140	159	148	195	129
	B	150	131	218	186	148	226	235	235
4 (0.2)	R	255	254	231	250	255	42	100	90
	G	254	218	129	116	138	123	171	97
	B	118	93	198	167	119	214	226	220
5 (0.5)	R	255	254	214	243	254	1	38	35
	G	254	202	89	64	112	73	131	34
	B	40	40	167	128	59	180	201	192
6 (1.0)	R	255	253	198	236	255	0	18	17
	G	253	181	43	33	92	46	107	8
	B	0	7	142	105	18	157	179	168
7 (1.5)	R	255	251	188	231	254	1	14	13
	G	252	164	26	22	81	39	92	4
	B	0	0	128	91	8	144	166	155
8 (2.5)	R	255	248	174	226	253	7	16	15
	G	249	147	8	14	68	29	75	4
	B	0	0	108	77	7	123	149	137

### 3. RGB 특성 곡선의 모델링 및 시뮬레이션

본 논문에서는 <표 1>의 데이터를 가지고 제안된 모델들의 성능을 검증하여 가장 좋은 성능을 보이는 모델을 칼라 매칭 시스템에 적용하고자 한다. 제안된 모델들의 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

#### 3.1. 회귀 다항식 모델링 및 시뮬레이션

RGB 데이터는 1입력 1출력의 데이터이다. <표 1>에서의 8개의 RGB 데이터를 이용하였고, 성능 평가를 위해서 0.01~2.5 사이를 균일하게 50개로 분할하여 테스트를 하였다. 성능 평가는 다음 식을 이용하였다.

$$PI = \frac{1}{m} \sum (y - \hat{y})^2 \quad (2)$$

여기에서,  $m$ 은 데이터 수,  $y$ 는 실험 값,  $\hat{y}$ 는 모델 출력 값이다. 사용된 다항식은 1, 2, 3차 다항식을 기본으로 하였다.

$$\begin{aligned} 1차 : a_0 + a_1 \times x \\ 2차 : a_0 + a_1 \times x + a_2 \times x^2 \\ 3차 : a_0 + a_1 \times x + a_2 \times x^2 + a_3 \times x^3 \end{aligned} \quad (3)$$

Yellow 5GN에 대한 모델링 결과는 다음과 같다.

표 2. Yellow 5GN 성능 지수

Yellow 5GN	1차	2차	3차	4차
R	0.05620	0.01153	0.00152	0.00013
G	1.7516	0.41738	0.09256	0.00454
B	329.06	294.68	52.772	19.267

<그림 1>는 (a), (b), (c) 순서대로 RGB에 대해 최소 자승법을 이용한 회귀 다항식(1~3차) 모델링을 한 결과를 보여준다. 그래프는 입력에 로그(log)를 취하여 입력간의 상대적인 대수적 크기를 보여주고 있다.

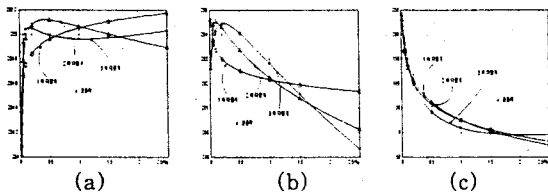


그림 1. Yellow 5GN의 회귀 다항식 모델링 곡선 (a) Red (b) Green (c) Blue

#### 3.2 칼라 RGB 값에 대한 퍼지 추론에 의한 모델링

다음은 선형 퍼지 추론 시스템을 적용한 시뮬레이션 결과이다. 1입력 1출력의 8개의 RGB 데이터를 이용하여 모델링 하였으며, 0.01~2.5 사이를 0.005간격으로 균일하게 499개로 분할하여 테스트를 하였다. 성능 평가는 다음의 식을 이용하였다.

$$PI = \frac{1}{m} \sum (y - \hat{y})^2 \quad (4)$$

표 3. Yellow 5GN R의 퍼지 모델링 성능지수

	Performance Index(PI)
(a)	7.9976e-006
(b)	9.5666e-016
(c)	0.00036118
(d)	1.9373e-005

<그림 2>에서 주어진 RGB데이터에서 회귀 다항식과

마찬가지로 같은 Yellow 5GN의 R(Red)값의 데이터를 가지고 퍼지 모델링한 결과이다. (a)는 삼각형 소속 함수의 규칙 2개를 사용했을 때 후반부 4차 모델링, (b)는 가우시안 소속 함수의 규칙 2개를 사용한 후반부 3차 모델링, (c)는 삼각형 소속 함수의 규칙 3개를 사용했을 때 후반부 1차 모델링이고 (d)는 가우시안 소속 함수의 규칙 3개를 사용한 후반부 1차 모델링 결과를 나타낸다.

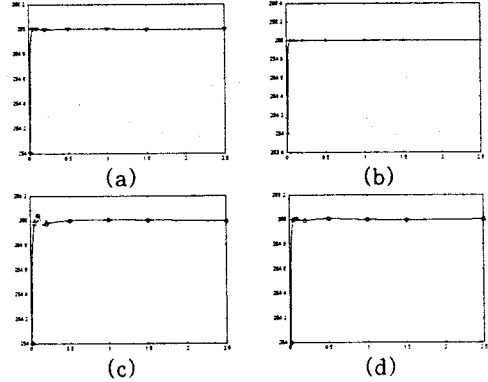


그림 2. Yellow 5GN의 R값의 퍼지 모델링

#### 3.3 칼라 RGB 값에 대한 ANFIS 모델링

마지막으로 ANFIS로 모델링한 결과이다. 모든 조건은 퍼지 모델과 동일하며, ANFIS 모델 특성상 규칙은 2개를 사용하였고, 전반부 소속 함수는 벨 모양을 적용하였다. 후반부는 식(5)의 1차 다항식을 사용하였으며, 학습 횟수는 500번으로 정하여 사용하였다.

$$a_0 + a_1 \times x \quad (5)$$

최종 ANFIS 모델의 시뮬레이션 결과는 입력 값에 Log를 취하여 나타내었다.

표 4. Yellow 5GN의 ANFIS 성능지수

	Performance Index(PI)
R	5.4756e-006
G	0.005847
B	0.039966

<그림 3>은 RGB 데이터 중 Yellow 5GN의 ANFIS 모델링 결과이다.

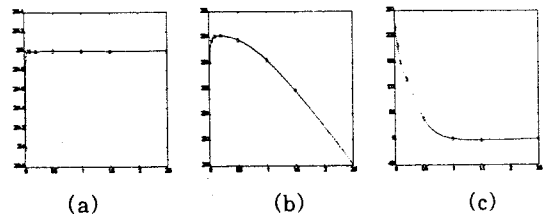


그림 3. Yellow 5GN의 ANFIS 모델링 (a)Red (b)Green (c)Blue

#### 3.4 시뮬레이션 결과

지금까지 <표 1>에 주어진 RGB 데이터를 최소 자승법을 이용한 회귀 다항식과 퍼지 모델링, ANFIS 모델링의 결과를 보였다. 본 논문에서는 8개의 RGB 데이터로부터 다음과 같은 특성 곡선을 얻어냄으로써 특정 단색에 대한 8가지 색 이외에 사용자가 원하는 색과 가장 가까운 색의 공정을 얻어내는데 필요한 RGB정보를 얻을 수 있게 되었다. <표 5>는 각 모델에 대한 성능 평가를 비교한 것이다.

표 5. 각 모델의 성능 평가 비교

		Yellow 5GN	Red 10B	Blue G
회귀 다항식 모델링	R	0.011533	1.1569	12.016
	G	0.41738	31.219	9.9608
	B	294.68	8.0476	3.2742
퍼지 모델링	R	9.5666e-016	9.0702e-021	1.3789
	G	0.0035994	8.5436e-016	3.7606
	B	1.9317e-007	1.4920e-021	1.6885
ANFIS 모델링	R	5.4756e-006	0.0054593	0.14942
	G	0.005847	1.9329e-006	0.11719
	B	0.039966	0.057917	8.034e-006

본 논문에서는, 제안된 모델 중 가장 우수한 성능을 보이는 ANFIS 모델을 칼라 매칭 시스템에 적용하였다.

#### 4. 칼라 매칭을 위한 지능형 전문 시스템의 구현

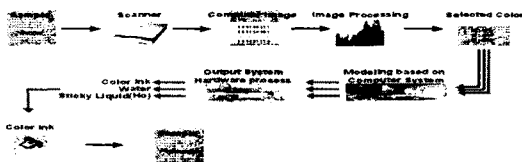


그림 4. 칼라 매칭 시스템의 구성

##### 4.1 칼라 매칭

(그림 4)는 전체 시스템 구성을 나타낸 그림이다. 칼라 매칭 시스템은 칼라 조제 전문가의 조제 정보가 데이터 베이스화 되어 있어서 임의의 칼라 입력 데이터가 모델을 통해서 출력되면 데이터 베이스와 매칭 (Matching)을 통해서 조제 정보를 출력부로 넘겨주는 시스템이다. 매칭 방법은 모델을 통해 나온 RGB 데이터와 조제 전문가의 RGB 데이터를 비교하여 매칭 하는데, 실제 공정에서는 델타 E를 이용하여 매칭을 한다. 이는 모델 출력과 데이터 베이스의 칼라 차이(Color difference) 관계를 나타내고 있다. 식(6)은 델타 E에 대한 관계식으로 매칭은 델타 E 허용 범위 안에서 이루어진다.

$$\Delta E = \sqrt{(R_b - R_o)^2 + (G_b - G_o)^2 + (B_b - B_o)^2} \quad (6)$$

여기에서,  $R_b, G_b, B_b$ 는 이미지 샘플에 대한 R, G, B 값이고  $R_o, G_o, B_o$ 는 데이터 베이스의 R, G, B 값이다.

##### 4.2 컴퓨터 칼라 매칭 프로그램(CCM)

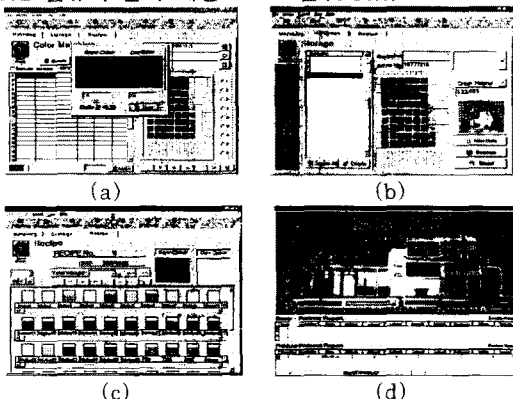


그림 5. 델파이로 구현한 컴퓨터 칼라 매칭 프로그램

(그림 5)는 델파이로 제작한 컴퓨터 칼라 매칭 프로그램의 모습이다. (a)는 CCM의 Matching 창으로 입력 이미지를 관리하고, 데이터베이스의 데이터와 입력된 이미지 데이터의 델타 E값을 비교하여 매칭 하는 부분이다. (b)는 Storage 부분으로 스캐너를 제어하여 직접 샘플 이미지를 컴퓨터 이미지로 변환하여 저장하고, 이미지 프로세싱 후 매칭 부분으로 넘겨주는 부분으로 매칭 부분 이전 단계의 역할을 한다. (c)는 실제 조제 데이터를 관리하는 부분으로 직접 데이터베이스와 연계되어 있으며, 새로운 조제 샘플 데이터에 대한 입력을 관리하는 부분이다. 각 공정마다 칼라 염료 탱크 수에 따라 관리할 수 있으며, 물과 동시에 접착 염료(호, ho) 탱크의 상태를 직접 보여주고 있다. (d)는 데이터베이스 데이터를 침입 기계로 넘겨주기 위한 인터페이스 부분으로 (a)에서 매칭이 확인되면, 각 탱크에 대한 수치 정보와 조제 정보 창의 데이터 베이스 부분을 읽어 들여 RS232 통신을 통해 제어부로 넘겨주게 된다. 또한 CCM은 직접 데이터베이스 데이터 수치를 넘겨 줄뿐 아니라 염료 계량 저울의 데이터를 받아 프로그램 상에서 볼 수 있게 되어 있다.

#### 5. 결 론

본 논문에서는 지능형 알고리즘과 이미지 프로세싱을 이용하여 칼라 매칭 시스템을 구현하였다. 입력된 샘플 이미지는 이미지 프로세싱을 이용하여 보다 원본에 가까운 입력 데이터를 만들고, 지능형 알고리즘을 통하여 얻어진 RGB 데이터를 조제 전문가의 칼라 조제 데이터와 비교하여 정확한 칼라를 구현하도록 하였다.

앞으로 더욱 완성된 개념의 시스템 구현을 위해 단색 계열의 이미지에 적용되는 시스템을 다양한 색상을 가진 이미지에도 적용하기 위한 연구가 이루어 질 것이다.

#### (참고 문헌)

- [1] M. Sugeno and G. T. Kang, "Structure Identification of Fuzzy Model", Fuzzy Sets and Systems Vol 28, PP15-33, 1988.
- [2] M. J. Swin, "Interactive Indexing into Image DataBases", SPIE Proceedings: Storage and Retrieval for Image and Video Databases, Vol 1980, PP. 95-103, 1993. 2.
- [4] Connolly C. Fliess T " A Study of Efficiency and Accuracy in the Transformation from RGB to CIELAB Color Space ", IEEE Transactions of Image Processing, Vol 6 No 7, PP1046-1048, 1997.
- [5] Rudiger Mecke, Ayoub Al hamadi, Bernd Michaelis " A Robust Method for Block-Based Motion Estimation in RGB-Image Sequences", Proceedings of the 14th International Conference on Pattern Recognition, Vol 1, 1998.
- [6] J. R. Parker, " Algorithms for Image Processing and Computer Vision ", Wiley Computer Publishing.
- [7] J. R. Jang, C. T. Sun and E. Mizutani " Neuro-Fuzzy and Soft Computing ": A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence, Prentice-Hall, 1997.
- [8] 박춘성, "적용 퍼지 뉴럴 네트워크를 이용한 비선형 공정의 Online 모델링", 1998.
- [9] 류상문, 한일석, 박병준, 안태천, " 퍼지 모델링 기법을 이용한 새로운 칼라 조제 방법 ", 대한 전기학회 하계학술대회, 2000. 07. 17.
- [9] 오성권, " 퍼지 모델 및 제어이론과 프로그램, 퍼지 추론과 모델 알고리즘 ", PP.93-232, 1999.
- [10] 장동혁 저 "디지털 영상 처리의 구현", PC 어드벤스, 1999.