

---

# 요 분석을 위한 지능형 컬러 분류기 비교

엄상훈\* · 김형일\*\* · 전계록\*\*\* · 엄상희\*\*\*\*

Comparison of Intelligent Color Classifier for Urine Analysis

Sang-hoon Eom\* · Hyung-il Kim\*\* · Gye-Rok Jeon\*\*\* · Sang-hee Eom\*\*\*\*

## 요 약

요 분석은 임상에서의 기본적인 검사 항목으로 숙련된 간호사에 의한 육안검사를 시행한다. 최근에는 분석량의 증가와 분석 시간의 단축을 위하여 자동화된 요 분석 시스템을 이용하여 측정한다. 그러나 이들 시스템은 기기별로 나타나는 결과에 차이가 발생하고 있다. 따라서 요의 컬러에 따른 정확한 검사를 위하여 새로운 요 컬러 분류 알고리즘이 요구된다.

본 논문은 퍼지 논리와 신경회로망 알고리즘을 사용하여 요 분석 시스템의 지능형 컬러 분류기를 제작하였다. 입력 파라미터는 전처리 과정을 거친 RGB 3가지 색상을 사용하였다. 구현된 분류기는 퍼지 논리와 신경회로망 알고리즘을 사용하였으며, 적색, 녹색, 청색의 3가지 입력 데이터를 사용하여 9가지 시료에 대한 3~7개의 각 단계별 분류를 수행하도록 구현하였다. 실험에 사용된 검체는 표준 시약을 사용하였으며, 요 분석 시스템을 위한 개별 표준 시료에 따른 분류기의 성능을 비교하고, 신뢰성 및 임상 적용 가능성 여부를 검토하였다. 실험 결과 지능형 컬러 분류기는 많은 검사 항목에서 육안검색보다 좋은 결과를 보였다.

## ABSTRACT

Urine analysis is basic test in clinical medicine using visual examination by expert nurse. Recently, this test is measured by automatic urine analysis system. But, this system has different results by each instrument. So, a new classification algorithm is required for accurate classify and urine color collection.

In this paper, a intelligent color classifier of urine analysis system was designed using neural network algorithm and fuzzy Logic algorithm. The input parameters are three stimulus(RGB) after preprocessing using normalization. The fuzzy inference and neural network were constructed for classify class according to 9 urine test items and 3~7 classes. The experiment material to be used a standard sample of medicine. The possibility to adapt classifier designed for urine analysis system was verified as classifying measured standard samples and observing classified result. Of many test items, experimental results showed a satisfactory agreement with test results of reference system.

## 키워드

urine analysis system, fuzzy logic, neural network, classifier

---

\* 부산대학교 의공학협동과정

\*\* 부산대학교 치과재료학교실

\*\*\* 부산대학교 의공학교실

\*\*\*\* 동주대학 사이버경찰과

## I. 서 론

인체의 대사물질 분석을 위해 사용되는 임상 검사 기구들은 그 결과의 신뢰도를 높이는 것이 필수적이다. 검사 결과의 정확도와 정밀도를 향상시키기 위해서는 체계화된 검체의 채취 방법과 더불어 정확한 분석이 중요하다.

스트립(strip)을 사용하는 요 검사(urine analysis)는 스트립에 있는 시료와 요와의 반응에 따라 시간적으로 색상이 변화하는 정색 반응을 이용하여 기본적인 임상 데이터로 사용하고 있다. 상용화된 요 분석 장비들은 요 검체가 포함된 스트립에 광을 주사하여 여러 가지 이온들의 농도에 따라 변화하는 요 분석용 스트립의 색상을 측정하여 그 결과를 분석하는 비색 분석법을 적용하고 있다. 그러나 색 영상 정보를 처리하는 요 분석 장비들은 입·출력의 색 공간 내에서 각각의 장치가 표현할 수 있는 색 영역의 차이와 구성 요소들의 비선형적 특성에 기인하여 색 왜곡현상이 발생한다. 그러므로 여러 가지 오차 요인에 의한 분석 오류를 최소화하고 검사 결과의 신뢰성을 향상시키기 위해서는 보다 향상된 화질의 취득과 장비의 재현성을 유지하여야 한다. 이를 위하여 색 왜곡 현상을 최소화하여 검사 결과의 신뢰성을 높일 수 있는 적절한 분석 및 분류 알고리즘의 적용이 요구된다[1,2].

퍼지 논리(fuzzy logic)는 인간의 사고 체계에 근거를 두고 불분명한 논리에 대한 판단 및 분석이 가능하며, 퍼지 논리에 기반을 둔 시스템은 그 연산이 간단하므로 자동화된 검사기에 손쉽게 적용될 수 있다. 특히, 임상병리 분야에서 전문의의 지식과 경험을 수치화하여 소속 함수를 결정하고, 검사 종목별 중요도를 고려하여 소속 함수를 보정하면 정량적 분석이 요구되는 여러 검사 시스템에 적용이 용이하다. 신경회로망(neural network)은 인간의 병렬 처리 수행을 모방하여 구현된 알고리즘으로 학습을 통하여 여러 가지 매개 변수의 추정, 분석, 보상 등 다양한 분야에 응용되고 있다. 생체 신호에 신경회로망을 이용하는 다양한 연구가 진행되었고, 최근에는 뇌파 분석이나 의료 영상 분석 등에도 응용되고 있다.[3,4]

본 연구에서는 요 스트립에서 나타나는 색에 대한 비색 분석 결과의 재현성과 정확도를 높일 수 있는 지능형 컬러 분류기를 구현하여 비교, 분석하고자 한다. 본 연구자들은 선행 연구로서 칩 발광다이오드(chip LED)와 포토다이오드(photodiode)를 사용하여 요 검사 장비의 광 검

출 시스템을 구성하였다[5,6]. 구현된 분류기는 퍼지 논리와 신경회로망 알고리즘을 사용하였으며, 적색, 녹색, 청색의 3가지 입력 데이터를 사용하여 9가지 시료에 대한 3~7개의 각 단계별 분류를 수행하도록 구현하였다. 실험에 사용된 검체는 표준 시약을 사용하였으며, 설계된 분류 알고리즘으로 개별 시료에 대한 분류 정도를 분석하고, 개개의 시료에 따른 두 분류기의 성능을 비교하고, 신뢰성 및 임상 적용 가능성 여부를 검토하고자 한다.

## II. 본 론

### 2.1 요 검사 및 전처리 과정

여러 가지 질환의 예후나 치료 과정에 기본적이고 중요한 정보를 포함하고 있는 요에는 여러 가지 성분이 함유되어 있다. 요에 포함된 여러 가지 성분들은 우로빌리노젠(urobilinogen;URO), 당(glucose;GLU), 케톤체(ketones;KET), 빌리루빈(bilirubine;BIL), 단백(protein;PRO), 아질산염(nitrite;NIT), 산도(pH), 잠혈(occult blood;OBD), 비중(specific gravity;SG), 백혈구(leukocytes ;LEU) 등이 있다 [7]. 이러한 성분들의 각각에 대하여 반응하는 시료가 함유된 스트립이라고 하는 검사지에 의하여 그 농도 분포를 검사하게 된다. 시료와 요가 반응함에 따라 시간적으로 색상이 변화된 정도를 기본적인 임상 데이터로 사용하고 있으며, 요 검사 항목과 단계별 농도를 표 1에 나타내었다.

임상 데이터로 활용하기 위한 요 검사 방법은 전문가의 시각에 의한 육안 비색 분석법과 자동화된 데이터 처리를 위한 요 검사 장비를 사용하는 기계 비색 분석법으로 수행된다. 본 연구에서는 기계 비색 분석법을 이용할 경우에 요구되는 분류 알고리즘의 특성을 분석하였다.

표 1. 요 검사 항목과 농도  
Table 1. Urine test items and concentration

Class Tests	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7
URO(mg/dl)	0.1	1	2	4	8	12	
GLU(mg/dl)	Neg.	±100	+250	++500	+++1000		
KET(mg/dl)	Neg.	±5	+15	++40	+++80		
BIL	Neg.		+	++	+++		
PRO(mg/dl)	Neg.	Trace	+30	++100	+++500	++++1000	
NIT	Neg.		Posit.				
pH	5	6	6.5	7	8	9	
BLD	Neg.	+	++	+++	+	++	
			Hemolysis		Non Hemolysis		
SG	1.000	1.005	1.010	1.015	1.020	1.025	1.030

요에 함유된 여러 가지 검사 항목들을 정성 및 반정량적으로 분석하기 위하여 적절한 요 분석 시스템이 요구된다. 본 연구에서는 그림 1과 같은 자동화된 요 검사를 위한 광 모듈을 구성하여 광 검출 시스템을 제작하였고, 이를 장착한 휴대용 요 분석 시스템(portable urine analysis system, PUAS)은 그림 2에 나타내었다. PUAS는 스트립을 검사할 요 검체에 적신 후 트레이(tray)에 올려놓으면 반응을 검사하는 광 모듈이 위치한 지역으로 이동한다. 이때 광원으로 사용하는 칩 발광다이오드(chip LED, light emitted diode)에서 적색광, 녹색광, 청색광이 스트립의 표면을 90°로 순차적으로 비추면 스트립 패드의 여러 가지 이온들의 농도 분포에 따라 변화된 색상에 의해 반사광이 발생된다. 이 반사광을 45°에 위치한 포토다이오드에 의해 검출한다. 포토다이오드에 의해 검출된 광량은 소프트웨어적인 방법으로 연산 처리되고, 연산된 검사 결과는 시스템에 내장된 열전사 프린터와 LCD (liquid crystal device)를 통해 출력하도록 하였다.

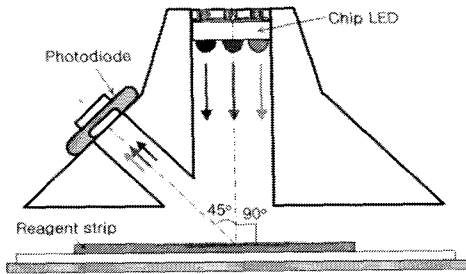


그림 1. 광모듈의 구성도  
Fig. 1. The structure of the optic module

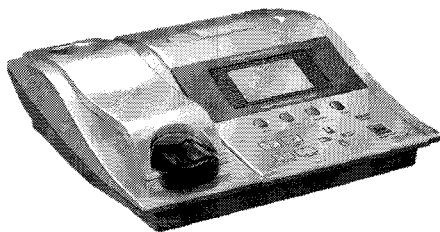


그림 2. 요분석 시스템  
Fig. 2. The urine analysis system

색 영상 정보를 처리하는 장비들은 입·출력의 색 공간 내에서 각각의 장치가 표현할 수 있는 색 영역의 차이와 구성 요소들의 비선형적 특성에 기인하여 색 왜곡 현

상이 발생한다. 따라서 보다 향상된 화질과 개개의 장비간의 재현성을 유지하기 위해서는 색 보정 과정을 통하여 색 왜곡 현상을 최소화하여야 한다. 칩 발광다이오드와 포토다이오드의 분광학적 특성과 주변 구조물에 의한 왜곡 현상을 보상하고 선형화 및 장비 독립적인 특성을 보완함으로써 장비간 색 정보의 재현성을 향상시키기 위해 그림 3과 같은 신호 전처리 과정을 수행하였다.

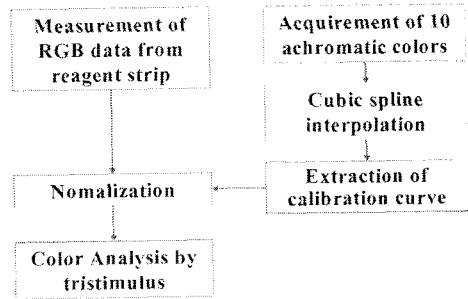


그림 3. 요 분석을 위한 전처리 과정  
Fig. 3. The Procedure of preprocessing for urine analysis.

## 2.2 요 분석을 위한 지능형 분류기 구현

구현된 요 분석 시스템의 컬러 정보는 특정한 광원과 관찰자의 조건에 따라 색차를 보이는 조건동색(metamerism) 양상을 보이기 때문에 장비의 재현성 및 정확도를 향상시키기가 상당히 어렵다. 이들은 각각의 장비에 대한 분광학적 특성들을 보상하여 장비 의존적인 컬러 공간 특성에 대한 정확한 분류 결과를 얻어내기 위하여 컬러 보정 및 분류 알고리즘이 요구된다. 이를 위하여 CIE 표준 측정 시스템의 XYZ 컬러 공간을 근간으로 하는 색도계(colorimeter)의 측정값을 기준 컬러 공간으로 정의하고 요 분석 시스템과 색도계의 기준색을 선택하는 컬러 보정 전처리 과정을 거친 파라미터들을 사용하여 지능형 알고리즘인 퍼지 및 신경회로망을 사용하여 요의 컬러에 따른 성분들의 분류를 수행하였다.

### 2.2.1 퍼지 논리를 이용한 요 컬러 분류기

요 분석을 위한 퍼지 알고리즘을 이용한 컬러 분류기 구조는 그림 4에 나타내었다. 퍼지 컬러 분류기에서는 PUAS에 의해 측정된 RGB의 3가지 데이터를 전처리한 후 이를 입력 변수로 사용하였으며, 입력 변수의 데이터 종류에 따라 처리 과정이 분리되도록 구성하였다. 데이터

가 입력될 경우에는 멤버쉽 함수 발생을 위한 데이터베이스를 구성하도록 하였고, 구성된 데이터베이스를 참조하여 통계적인 방법으로 삼각형 멤버쉽 함수를 생성하도록 하였다. 검사를 위한 데이터가 입력될 경우에는 전처리 과정을 수행하고 멤버쉽 함수와 퍼지분류 규칙에 기초한 퍼지 추론 과정을 수행한 후 비퍼지 과정을 거쳐 9개의 검사 항목에 따른 3~7개 단계의 검사 결과를 출력하도록 하였다. 또한, 검사 결과는 오차 검출부에서 멤버쉽 함수의 보정을 위한 제어신호를 발생하도록 구성하였다.

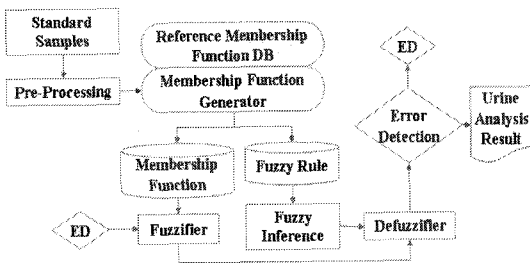


그림 4. 퍼지 알고리즘을 이용한 분류기  
Fig 4. The classifier using fuzzy algorithm

그림 5는 본 연구에 사용된 삼각형 멤버쉽 함수를 나타내고 있으며, 폭은 입력변수 데이터의 정규분포 영역의 상·하한 경계로서 설정하였다. 즉,  $e_i$ 는 멤버쉽 함수의 언어적인 변수 폭으로서 입력 변수 패턴 분류를 위한 평균값에 대하여 상·하한 한계값을 의미한다.  $x'$ 는 변수의 평균치를 의미하고, 기준 입력 파라미터에서는 모집단의 평균치를 나타낸다. 그리고  $s$ 는 표준편차를 의미하며,  $u$ 는 입력  $x$ 에 따른 소속 정도를 나타낸다. 따라서 멤버쉽 함수를 발생시키기 위한 파라미터  $x', s, e_i$ 들은 다음 식 (1)과 같다.

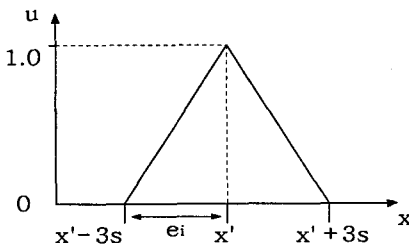


그림 5. 삼각형 멤버쉽 함수  
Fig. 5. The triangular membership function

$$\begin{aligned} x' &= \bar{x}' + k \frac{\sum(fz)}{N} \\ s &= \sqrt{\frac{k^2}{N-1} \left[ \sum(fz^2) - \frac{(\sum fz)^2}{N} \right]} \quad (1) \\ e_i &= x' \pm 3s \end{aligned}$$

여기서,  $N$ 은 측정횟수,  $\bar{x}'$ 는 예비 평균값,  $k$ 는 클래스의 범위,  $f$ 는 클래스 내의 측정횟수,  $z$ 는 예비평균으로부터 클래스의 차를 나타낸다.

퍼지 컬러 분류기는 Min 연산 추론 과정과 무게중심법을 이용한 비퍼지화 과정을 거친다. 검사항목을  $N$ 개의 농도균으로 표 1과 같이 분류되도록 분류 규칙을 정할 경우, Min 연산에 의한 추론 과정은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$w_i = \mu_i(x) \wedge \mu_i(y) \wedge \mu_i(z) \quad (2)$$

여기서  $w_i$ 는 등급의 소속도(rule feasibility)를 의미하고,  $\mu_i$ 는 입력 변수  $x, y, z$ 의 멤버쉽 함수에 대한 소속도를 의미한다.

무게중심법에 의한 퍼지 분류의 출력  $u_o$ 은  $N$ 개의 분류 규칙에 의해 농도균의 소속도  $w_i$ 와 자체 무게 중심  $u_i$ 가 연산된 후 수식 (3)과 같이 계산된다.

$$u_o = \frac{\sum_{j=1}^N w_j u_j}{\sum_{j=1}^N w_j} \quad (3)$$

### 2.2.2 신경회로망을 이용한 요 분류기

요 분석을 위한 신경회로망 알고리즘을 이용한 컬러 분류기 구조는 그림 6에 나타내었다. 포토다이오드에서 검출되고 전처리를 거친 9개의 요 분석 정보에 대하여, RGB 3가지 색상의 컬러 정보가 신경회로망의 입력으로 사용된다. 입력된 정보는 각각의 분류 기준에 의하여 3~7개의 분류 단계별로 3층으로 구성된 신경회로망의 각 계층별 노드마다 시그모이드 함수(sigmoid function)에 의하여 오류 역전과 학습(error backpropagation learning) 과정을 진행하였다. 학습 과정은 0.1% 오차율의 범위에서 중지하였고, 이때 얻은 가중치(weight value)들을 이용하여 분류를 수행하여 그 결과를 출력하게 하였다. 출력된 정보는 각 검사 시료에 대한 9가지의 상태를 의미하게 되고, 이것은 특정 성분이 요에 함유된 량에 대한 검사 결과로서 임상적 데이터로 활용할 수 있다.

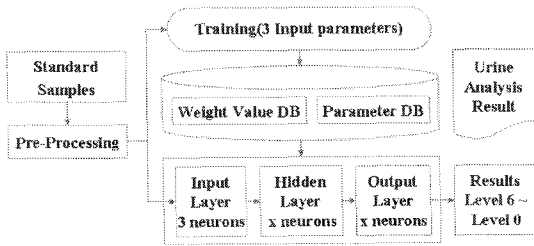


그림 6. 신경회로망을 이용한 분류기  
Fig 6. The classifier using neural network

그림 7은 3층 신경회로망 모델을 나타내었다. 입력층에 광검출부에서 측정된 값을 입력하면, 출력층에서 참조치와의 비교를 통한 보정된 컬러 정보값을 출력하게 된다. 이 경우에 다층 신경회로망의 입력층 뉴런  $i$ 의 출력  $I_i$ 와 가중치  $W_{ij}$ 를 곱한 다음, 그 값들의 전체 합을 뉴런  $j$ 의 입력으로 하고 그 출력을 규격화하는 함수  $f$ 에 의해 중간층 뉴런  $j$ 의 출력  $O_j$ 는 식 4와 같은 출력 모델 방정식을 가지게 된다.

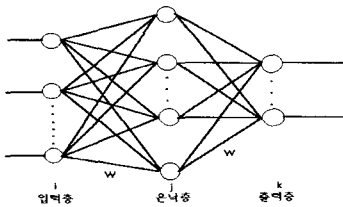


그림 7. 3층 신경회로망 구조  
Fig. 7. Three layered neural network structure

$$O_j = f\left(\sum_i W_{ij} \cdot I_i\right) \quad (4)$$

본 연구에서 컬러 보정을 위하여 참조치의 학습에 사용된 신경회로망의 학습방법인 역전파 학습 알고리즘은 다음 수식 (5)와 같다.

$$W_{ij}(n + 1) = W_{ij}(n) + C (E_k(n)W_{jk}(n)) X_j(n) \quad (5)$$

여기서,  $W_{ij}(n)$ : 입력층과 중간층의 가중치  
 $C$ : 정수  
 $E_k(n)$ : 출력층에서의 오차  
 $X_j(n)$ : 중간층 뉴런의 입력

### III. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 실험 대상 및 데이터 수집

본 연구에서는 표준 시약에 의하여 두 가지 지능형 컬러 분류기를 사용한 분류 실험을 수행하였고, 재현성 및 정확성의 검토를 위하여 8대의 PUAS를 사용하여 검사를 수행하였다. 또한 표준 시약에 의한 데이터를 수집하기 위하여 9가지 검사 항목에 대한 농도별로 제조된 표준시약을 8대의 PUAS를 이용하여 15회씩 반복 측정하였다. 요 검사용 스트립은 PUAS는 측정치를 보정하기 위하여 ISCC-NBS에 기초한 10단계의 무채색으로 구성된 보정용 스트립이 요구되며, 규정을 만족하는 스트립으로 청도 제약에서 제조한 10L self-stik를 사용하였다[8].

#### 3.3 지능형 컬러 분류기 비교

지능형 컬러 분류기가 탑재된 PUAS의 검사 결과의 재현성 및 정확성을 확인하기 위해 8대(A ~ H)의 PUAS의 표준 시약에 의한 각 항목별 분류 결과를 나타내면 표 2, 3과 같다. 일반적으로 육안비색법은 요 분석용 스트립의 정색반응을 눈으로 판단하는 방법으로서 전문가가 아니면 정확한 분류를 하기가 쉽지 않다. 그러나 본 연구에서는 사용된 기계비색법은 8대의 장비에서 평균적으로 89.17%~100%의 분류 결과를 나타내고 있어 재현성과 정확성이 비교적 높은 것으로 판단되었다.

항목별로는 URO와 PRO, NIT 항목의 분류 정확도가 저조하였으며, pH와 OBD는 모두 100%의 분류 결과를 나타내었다. URO의 경우에는 시료에 대한 반응 속도가 대단히 빠르므로 스트립을 트레이에 올려두는 시간차에 의하여 정확하게 판별하기 어렵기 때문으로 생각된다. 또한 각각의 검사 항목들은 반응 속도에 따라 약간의 시차를 두고 검출하여야 하므로 PRO, NIT 항목의 경우는 시차에 따라 반응 결과의 차이가 나타난 것으로 사료된다.

구현된 요에 대한 지능형 컬러 분류기는 항목별로 약간의 차이는 있었지만 전반적으로 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 검사 항목들 중에서 KET, BIL, SG 항목에 대하여는 퍼지 분류기가 URO, GLU, NIT 항목에서는 신경회로망 분류기가 우수한 성능을 나타내었다.

표 2. 퍼지 분류기를 이용한 분류 결과

Table 2. The classification result using fuzzy classifier.

Analyzer Test	A	B	C	D	E	F	G	H	Ave.
URO	93.3	80.0	86.7	90.0	96.7	90.0	90.0	86.7	89.17
GLU	88.0	100	100	100	100	100	100	96.0	98.00
KET	100	100	100	100	100	100	100	96.0	99.50
BIL	100	95.0	95.0	100	100	85	100	100	96.88
PRO	96.7	93.3	94.3	93.3	92.1	95.7	96.7	93.3	94.42
NIT	80.0	90.0	90.0	90.0	100	100	90.0	100	92.50
pH	100	100	100	100	100	100	100	100	100
OBD	100	100	100	100	100	100	100	100	100
SG	94.3	100	88.6	97.1	97.1	94.3	97.1	100	96.06

표 3. 신경회로망 분류기를 이용한 분류 결과

Table 3. The classification result using neural network classifier

Analyzer Test	A	B	C	D	E	F	G	H	Ave.
URO	95.3	80.5	88.7	93.0	95.7	90.0	93.0	86.7	90.36
GLU	89.0	100	100	98.0	100	100	100	98.0	98.13
KET	100	100	100	98	100	97.0	100	97.0	99.00
BIL	95.0	100	95.0	100	95.0	88.0	100	100	96.63
PRO	96.7	93.3	93.3	93.3	90.0	96.7	96.7	93.3	94.16
NIT	85.0	85.0	95.0	90.0	100	100	95.0	100	93.75
pH	100	100	100	100	100	100	100	100	100.
OBD	100	100	100	100	100	100	100	100	100.
SG	94.7	93.6	87.2	96.6	96.4	94.3	91.8	100	94.33

본 연구에 적용한 컬러 분류기가 적용된 요분석 시스템과 육안비색법(visual) 측정하여 관찰한 평균 분류 결과는 표 4와 같다. 전체적인 분류 결과를 비교하면 퍼지분류기를 이용한 PUAS가 평균 96.28%, 신경회로망을 이용한 PUAS가 96.26%의 분류율로서 육안비색법의 93.2%의 분류율 보다 높게 관찰되었다. 육안비색법의 경우는 요 분석용 스트립의 정색반응에 대한 전문가라 할지라도 시각에 의하여서는 쉽게 판정을 내리지 못하기 때문에 정확한 단계를 구분하기가 어렵다. 그러나, 특정 항목(KET, BIL)에 대해서는 육안비색법이 100%의 결과를 보이는 반면 PUAS의 결과는 떨어지는 경우는 시간에 따라 요색이 변화하는 정도를 판정하는 표준 반응 케이스가 적어서 충분한 정보의 제공이나 학습의 기회를 제공하지 못하였기 때문으로 판단된다.

표 4. 육안비색법과의 분류율 비교

Table 4. Classification rate of PUAS compared to visual (unit:%)

Test	Fuzzy	NN	Visual
URO	89.17	90.36	86.7
GLU	98.00	98.13	92.0
KET	99.50	99.00	100
BIL	96.88	96.63	100
PRO	94.42	94.16	90.0
NIT	92.50	93.75	80.0
pH	100	100	100
OBD	100	100	100
SG	96.06	94.33	91.4
Total	96.28	96.26	93.34

#### IV. 결 론

본 연구에서는 요 분석 시스템에 적합하고 재현성과 정확성이 높은 분석기를 얻기 위하여 지능형 컬러 분류기를 비교, 분석하였다. 퍼지와 신경회로망 알고리즘을 이용한 지능형 컬러 분류기를 탑재한 PUAS를 이용하여, 9 가지 항목에 대한 표준 시료를 사용하여 분류를 수행하였다. 실험 결과 각각의 알고리즘이 특정 항목에 대하여 높은 분류 결과를 나타내었다. 퍼지 분류기의 경우에 다양한 멤버쉽 함수를 적용하고, 신경회로망 분류기는 학습을 더욱 충분히 시키거나, 학습 파라미터의 변화를 통한 여러 가지 실험으로 더욱 높은 정밀도를 구현할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 특정항목에 대하여는 두 알고리즘을 각각 적용하여 컬러 분류기를 구성하면 더욱 정확한 분류 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

향후 과제로는 임상에서의 유용성 검증을 위하여 임상 요 검체에 대하여 분류를 수행하고, 두 알고리즘을 비교, 분석하는 것이 필요하며, 두 알고리즘의 장점을 살릴 수 있는 응용 연구가 요구된다.

#### 참고문헌

- [1] SELF-STIK Reagent Strips Urinalysis dip and read strips for visual test., ChungDo Pharm. Co., Ltd., 1997.
- [2] M.J Vrhel, H. J. Trussell, "Color Device Calibration: A Mathematical Formulation", IEEE Transactions on

Image Processing, 1999.

- [3] Paulo J. G. Lisboa, Emmanuel C. Ifeachor, and Piotr S. Szczepaniak, *Artificial neural networks in biomedicine*, Springer-Verlag, xiv +287 pp., 2000.
- [4] Donna L. Hudson, Maurice E. Cohen, *Neural Networks and Artificial Intelligence for Biomedical Engineering*, Wiley-IEEE Press, 340 pp., 1999.
- [5] 전계록, 이승진, 최병철, 안시훈, 하광, 김주열, 김재형, "스트립을 이용한 요분석 시스템의 개발과 퍼지추론에 의한 검사결과 평가에 관한 연구", *대한의용생체공학회지*, 제19권 5호, pp. 477 -486, 1998.
- [6] Jae Hyung Kim, Chang Hee Park, Seung Jin Lee, Gye Rok Jeon, Gi Ryon Kim, "Color Correction in Portable-type Urine Analyzer". *Transactions on Electrical and Electronic Materials*, Vol. 3, No. 4, pp. 21-26, 2002.
- [7] 추상규, 박정오, *요 검사학*, 고려의학, 2001.
- [8] Kelly K. L., Judd D. B. *The ISCC-NBS Method of Designating Colors and a Dictionary of Color Names*. National Bureau of Standards(USA) 553 pp., 1955.

저자소개

**엄 상 훈(Sang-Hoon Eom)**



1990년 연세대학교 치과대학 치의학사  
 2003년 부산대학교 의공학협동과정  
 치의학석사  
 1994년 ~ 현재 엄상훈 치과의원 원장

2003년 ~ 현재 부산대학교 의공학협동과정 박사과정  
 ※관심분야: 생체시뮬레이션, 임플란트, 인공지능

**김 형 일(Hyung-II Kim)**



1978년 서울대학교 치의학과 치의학사  
 1985년 조선대학교 치의학과 치의학  
 석사  
 1989년 조선대학교 치의학과 치의학  
 박사

1999년 ~ 2001년 부산대학교 치과대학장  
 2001년 ~ 2003년 치과재료학회 회장  
 1986년 ~ 현재, 부산대학교 치과대학 치과재료학교실 교수  
 ※관심분야: 치과용 금합금 물성 강화, 치과용 귀금속의  
 개발

**전 계 록(Gye-Rok Jeon)**



1978년 부산대학교 전자공학과 공학사  
 1981년 부산대학교 전자공학과 공학  
 석사  
 1993년 동아대학교 전자공학과 공학  
 박사

1985년 ~ 현재, 부산대학교 의과대학 의공학교실 교수  
 ※관심분야: 생체신호처리, 모델링, 시뮬레이션

**엄 상 희(Sang-hee Eom)**



1993년 동아대학교 전기공학과 공학사  
 1995년 동아대학교 전기공학과 공학  
 석사  
 2000년 부산대학교 전자공학과 공학  
 박사

2000년 ~ 현재 동주대학 컴퓨터정보통신계열 조교수  
 ※관심분야: 의공학, 인공지능, 신호처리, 패턴인식