

## 노 스트립 분류에서 육안비색법과 신경회로망 알고리즘 비교

### Comparison of visual colorimetric Analysis and neural network algorithm in urine strip classification

Sang-hee Eum\*

\*Associate Professor, Department of Early Childhood of Education, Dongju College, Busan, 49318, Korea

#### ABSTRACT

The urine test used as a basic test method of in vitro diagnosis for health care has been used for a long time to be simple and convenient. The urine test method is using a color that appears depending on the change in the ion concentration that reacts over time buried in the standard color test paper(Strips) with a urine sample applied to some reaction reagents. In this paper, it was proposed a neural network algorithm to obtain a suitable and reproducibility and accuracy classifier suitable for the urine analysis system. The experimental results were compared with the visual colorimetric analysis, and the neural network algorithm showed better results.

**Keywords** : Urine, Strip, Neural network, Classification

## I. 서 론

헬스 케어를 위한 체외진단의 기본적인 검사방법으로 사용되는 소변검사는 간편하고 편리하여 오래전부터 사용하고 있다. 소변 검사 방법은 소변 검체를 몇 가지 반응 시약이 적용된 표준 색상 검사지(Strips)에 묻혀 시간에 따라 반응하는 이온 농도의 변화에 따라서 나타나는 색상을 이용하고 있다. 일반적으로 스트립에 나타난 결과는 기준 색상과 시각적으로 비교하는 육안검사

법을 시행하고 있다. 임상 전문가에 의한 육안검사는 비교적 정확하지만 색채 판독에서는 여전히 판독자의 시각적 차이가 발생하고 있다[1]. 이를 해결하기 위하여 스캐너를 이용하여 색상을 읽고 표준 색상과 같이 반사광을 이용하여 정성 및 정량적으로 비교 분석하는 비색 분석법을 사용하고 있다. 그러나 이들 노 스캐너는 입출력의 색 공간 내에서 각각의 장치가 표현할 수 있는 색 영역의 차이와 구성 요소들의 비선형적 특성에 기인하여 색 왜곡현상이 발생하게 된다. 또한 검사의 정확도를 높이기 위해서는 보다 향상된 이미지의 획득과 장비의 재현성을 유지할 요구된다. 따라서 색상 왜곡 현상의 최소화과 분류 신뢰성을 높일 수 있는 노 스트립 분류 알고리즘이 필요하다[2].

인공지능 구현을 위한 기본 알고리즘인 인공신경회로망은 인간 뇌의 병렬 처리를 구현한 것으로 학습을 통하여 파라미터의 분석, 최적화, 분류, 보상 등 다양한 분야에 응용되고 있다. 생체 신호에 신경회로망을 이용하는 다양한 연구가 진행되었고, 최근에는 뇌파 분석이나 의료 영상 분석 등에도 많이 응용되고 있다[3-5].

본 논문에서는 노 스트립의 비색 분석 결과의 재현성과 정확도를 높일 수 있는 신경회로망 분류기를 제안하였다. 노 검사 장비에서 검출된 RGB의 3가지 입력 데이터를 사용하여 6가지 시료에 대하여 정상과 비정상성의 분류를 수행하도록 설계하였다. 실험에 사용된 검체는 표준 시약을 사용하였으며, 육안 검사와 비교하여 신뢰성 및 임상 적용 가능성을 검토하고자 한다.

## II. 본 론

### 2.1. 노 검사와 표준 색상 검사지

임상의 기초검사로서 많은 질병의 예후나 치료 과정에서 환자의 상태를 확인할 수 있는 노에 포함된 여러 가지 성분들은 우로빌리노겐 (urobilinogen ; URO), 포도당(glucose ; GLU), 케톤체(ketones ; KET), 빌리루빈

Received 20 September 2020, Revised 22 September 2020, Accepted 5 October 2020

\* Corresponding Author Sang-hee Eum(E-mail:nyx2k@naver.com, Tel:+82-51-200-3448)

Associate Professor, Department of Early Childhood of Education, Dongju College, Busan 49318, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.10.1394>

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

(bilirubin ; BIL), 단백질(protein ; PRO), 아질산염(nitrite ; NIT), 산도(pH), 잠혈(occult blood ; OBD), 비중(specific gravity ; SG), 백혈구(leukocyte ; LEU) 등이 있다. 이러한 성분들의 각각에 대하여 반응하는 시료가 함유된 스트립이라고 하는 표준 색상 검사지에 의하여 그 농도 분포를 검사하게 된다. 뇨 검사는 뇨에 적혀진 시료가 반응함에 따라 시간적으로 색상이 변화된 정도를 기본적인 임상 데이터로 사용하고 있으며, 뇨 검사 항목과 단계별 이온 농도가 검사 항목별로 2~7단계로 분류될 수 있다. 본 연구에서는 6가지의 항목에 대하여 검토하였으며 Ph의 경우 3가지 결과로 나타남으로 총 8가지 경우를 판단하는 실험을 진행하였다. 실험에 사용한 검사 항목과 정상 표준값은 표 1에 나타내었다.

**Table. 1** The Urine Test Items and Normal Reference Value

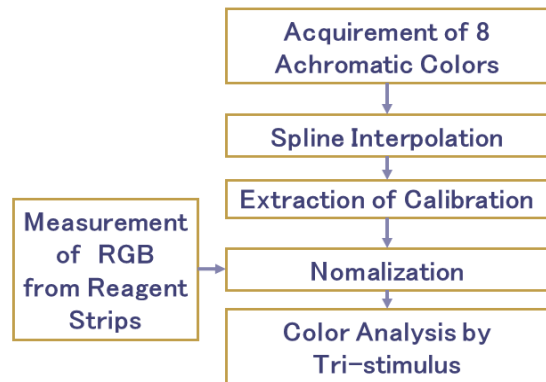
Items	Normal Reference Value
Glucose(GLU)	neg (<30mg/dℓ)
Ketones(KET)	neg (<5mg/dℓ)
Bilirubin(BIL)	neg (0.2mg/dℓ)
Protein(PRO)	neg (<20mg/dℓ)
pH	5, 6, 7
Occult Blood(OBD)	neg

일반적으로 뇨 검사에 대한 정상 표준값에 대한 평가는 전문가의 시각에 의한 육안 비색 분석법을 많이 사용하고 있으며 전문가가 없거나 대용량의 검체를 빠르게 검사하기 위하여 휴대용 뇨 분석 시스템(portable urine analysis system ; PUAS)을 사용하는 기계 비색 분석법이 있다. 육안비색법은 뇨 분석용 스트립의 정색반응을 눈으로 판단하는 방법으로서 전문가가 아니면 정확한 분류가 쉽지 않다. 본 연구에서는 뇨 스트립을 기계 비색 분석법으로 측정된 RGB 값을 신경회로망 알고리즘으로 분류한 결과와 전문가에 의한 육안 비색법 결과와 비교하였다.

**2.2. 뇨 검사를 위한 전처리 과정**

뇨에 함유된 여러 가지 검사 항목들을 정성 및 정량적으로 분류하기 위하여 뇨 분석 장비가 필요하다. 이들 장비들은 입 출력의 색 좌표 내에서 각각의 장치가 표현할 수 있는 색 영역의 차이와 구성 요소들의 비선형적 특성에 기인하여 왜곡 현상이 발생한다[6]. 따라서 보다

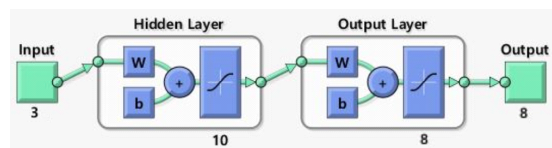
향상된 화질과 개개의 장비간의 재현성을 유지하기 위해서는 보정 과정을 통하여 왜곡 현상을 최소화하여야 한다. 동일 측정 공간에서 표준 뇨 스트립 색상에 대하여 스플라인 보간법을 시행하고 캘리브레이션 커브를 추출하여 정량화 과정을 거친 후 검체가 묻은 스트립의 RGB값과 비교하는 그림 1과 같은 신호 전처리를 수행하였다. 이를 통하여 측정 환경에서의 왜곡현상을 보상하고 선형화 및 장비 독립성을 강화하여 측정 재현성을 보완하였다.



**Fig. 1** The Procedure of Pre-processing for Urine Analysis

**2.3. 인공신경회로망 구조**

휴대용 뇨 분석 시스템의 컬러 정보는 특정한 광원과 관찰자의 조건에 따라 색차를 보이는 조건등색(metamerism) 양상을 보이기 때문에 장비의 재현성 및 정확도를 향상 시키기가 상당히 어렵다. 따라서 본 연구에서는 비선형적 특성에 좋은 결과를 보이는 다층구조의 신경회로망 알고리즘을 뇨 분석에 적용하였다.



**Fig. 2** The Structure of Neural Network for Urine Analysis

뇨 분석을 위한 신경회로망 구조는 그림 2에 나타내었다. PAUS의 포토다이오드에서 검출되고 전처리를 거친 6개의 뇨 색상 정보에 대하여 RGB 3가지 색상의 컬러 정보가 순서대로 신경회로망 입력으로 사용된다. 입력된 정보는 10개의 뉴런으로 구성된 첫 번째 층과 8

개의 뉴런으로 구성된 다층 신경회로망에서 학습과 분류를 수행하여 8가지 결과를 출력하도록 하였다. 신경회로망의 학습은 Scaled Conjugate Gradient 법으로 진행하였다.

### III. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1. 실험 데이터 수집 및 방법

본 연구에서는 표준 시약에 의하여 뇨의 정상 상태 (negative)와 이를 벗어나는 상태를 분류하는 실험을 진행하였고, 뇨 스트립의 RGB 검출은 PUAS를 사용하여 측정하였다. 또한 표준 시약에 의한 데이터를 수집하기 위하여 6가지 검사 항목에 대하여 100회씩 반복 측정하였다. 뇨 검사용 스트립은 PUAS의 측정치를 보정하기 위하여 ISCC-NBS에 기초한 무채색으로 구성된 보정용 스트립이 요구되며, 규정을 만족하는 스트립으로 청도 제약에서 제조한 10L Self-Stik를 사용하였다[7]. 신경회로망 분류기는 Matlab에서 프로그램하였고 100개의 측정 데이터를 입력하여 랜덤으로 70개는 Training에 사용하고 Validation과 Testing에 각각 15개를 사용하였다. 학습 과정은 0.05[RMS]이하의 값에서 중지하였으며 그림 3에 Validation 수행하여 최적의 결과 값을 찾는 과정에 대한 그래프를 나타내었다.

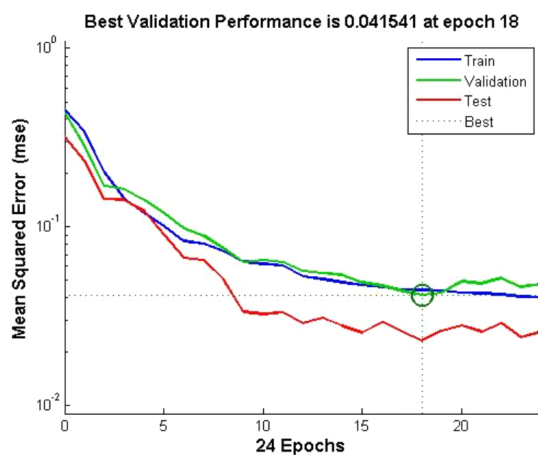


Fig. 3 The Graph of Validation Progress finding Best Performance

#### 3.2. 실험 결과 및 분석

본 연구에서는 뇨 분석 시스템으로 측정하여 신경회로망 분류기로 분류한 결과와 전문가에 의한 육안비색법(visual)으로 관찰하여 분류하는 실험을 진행하였다. 구현된 신경회로망 뇨 분류는 항목별로 약간의 차이는 있었지만 전반적으로 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 전체적인 분류 결과를 표 2에 나타내었으며 6가지 항목에 대하여 신경회로망을 이용한 경우가 평균 97.8%의 분류율로 육안비색법의 97.0%의 분류율보다 다소 높은 결과를 나타내었다.

Table. 2 The Classification rate of Neural Network compared with Visual Method(unit:%)

Items	Neural Network	Visual
Glucose(GLU)	98.0	92.0
Ketones(KET)	99.0	100
Bilirubin(BIL)	96.0	100
Protein(PRO)	94.0	90.0
pH(5,6,7)	100	100
Occult Blood(ODB)	100	100
Average	97.8	97.0

세부 항목별로 살펴보면 산도(pH)와 잠혈(ODB)은 두 경우 모두 100% 판별하였고, 케톤체(KET)의 경우 신경회로망 분류기가 99%로 근소하게 부족하였다. 포도당(GLU)과 단백질(PRO)의 경우 신경회로망이 더 우수한 결과를 보였는데 이것은 이 두 검사 항목이 이온 반응 속도에 따라 몇 초간의 시차를 두고 확인하게 됨으로 동일한 시료에 대하여 전문가의 확인에 시차가 발생하여 반응 정도에 따른 판정 결과에 차이가 나타난 것으로 생각되었다. 빌리루빈(BIL)의 경우 전문가는 100%를 분류하였으나 신경회로망은 96%로 낮게 나타났으며 이것은 시약에 대하여 뇨 색이 변화하는 정도를 판정하는 표준 반응 케이스가 적어서 충분한 정보의 제공이나 학습의 기회를 제공하지 못하였기 때문으로 판단되었다.

### IV. 결론

본 연구에서는 뇨 분석 시스템에 적합하고 재현성과 정확성이 높은 분류기를 얻기 위하여 신경회로망 알고

리즘을 제안하여 전문가에 의한 육안검사 판별과 비교, 분석하였다. 실험 결과 신경회로망을 이용하는 분류기가 근소하게 높게 분류하였지만 일부 항목에서는 분류율이 낮아 보완이 필요하였다. 케톤체, 산도, 잠혈 등의 항목에 대하여는 임상에 사용할 수 있는 정도의 신뢰성 있는 분류 결과를 나타내었다. 신경회로망 분류기는 많은 데이터로 학습을 충분히 시키거나 학습 파라미터의 변화를 통한 여러 가지 실험으로 더욱 높은 정밀도를 구현할 수 있을 것으로 판단된다. 향후 과제로는 판별이 부족한 항목에 대하여 여러 가지 신경회로망 알고리즘을 적용하여 분류 정확도를 높이는 연구가 필요하며 임상에서의 유용성 검증을 위하여 실제 노 검체에 대하여 분류를 수행하여 비교 분석하는 실험이 필요하다.

## REFERENCES

- [ 1 ] R. F. Rahmat, Royananda, M. A. Muchtar, R. Taqiuddin, S. Adnan, R. Anugrahwaty, and R. Budiarto, "Automated color classification of urine dipstick image in urine examination," *2nd International Conference on Computing and Applied Informatics 2017, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 978 012008, pp. 1-8, 2018. doi :10.1088/1742-6596/978/1/012008.
- [ 2 ] A. A. H.Gadalla, I. M. Friberg, A. Kift-Morgan, J. Zhang, M. Eberl, N. Topley, I. Weeks, S. Cuff, M. Wootton, M. Gal, G. Parekh, P. Davis, C. Gregory, K. Hood, K. Hughes, C. Butler, and N. A. Francis, "Identification of clinical and urine biomarkers for uncomplicated urinary tract infection using machine learning algorithms," *Scientific Reports(2019)* 9:19694, pp. 1-11, Dec. 2019. doi.org/10.1038/s41598 - 019-55523-x.
- [ 3 ] A. Pouliakis, E. Karakitsou, N. Margari, P. Bountris, M. Haritou, J. Panayiotides, D. Koutsouris, and P. Karakitsos, "Artificial Neural Networks as Decision Support Tools in Cytopathology: Past, Present, and Future," *Biomedical Engineering and Computational Biology*, 2016:7, pp. 1-18, Jan. 2016. doi:10.413 7/BECB.S31601.
- [ 4 ] J. Pan, C. Jiang, and T. Zhu, "Classification of urine sediment based on convolution neural network," *AIP Conference Proceedings 1955, 040176* pp. 1-5, Apr. 2018. doi.org/10.1063/1.5033 840.
- [ 5 ] A. A. S. Gunawan, D. Brandon, V. D. Puspa, and B. Wiweko, "Development of Urine Hydration System Based on Urine Color and Support Vector Machine," *3rd International Conference on Computer Science and Computational Intelligence 2018, Procedia Computer Science* 135, pp. 481- 489, 2018.
- [ 6 ] H. Kawano, "Measurement Technology Used in the Fully Automated Urine Chemistry Analyzer UC-3500," *Systemx Journal International*, vol. 29, no.2, pp. 56-64, Jul. 2019.
- [ 7 ] *SELF-STIK Reagent Strips Urinalysis Dip and Read Strips for Visual Test*, ChungDo Pharm. Co., Ltd.