

## 적외선 분광기를 이용한 자동 분석 시스템에 관한 연구

김영섭<sup>†</sup> · 이재현\* · 송응열\*\*

<sup>†</sup>단국대학교 전자공학과, \*단국대학교 컴퓨터과학과, \*\*단국대학교 전자전기공학과

### A study of automatic analysis system using Infrared spectroscopy instruments

Youngseop Kim<sup>†</sup>, Jaehyun Lee\* and Eungyeol Song\*\*

<sup>†</sup>Department of Electronics Engineering, Dankook University

\*Department of Computer Science, Dankook University

\*\*Department of Electronics & Electrical Engineering, Dankook University

#### ABSTRACT

System to urinalysis using FT-IR instruments is presented based on fuzzy logic knowledge. Linguistic expressions of the possibility of infection and the importance were quantified and membership functions were determined based on general quantitative criteria. Diseases considered were Diabetes Mellitus, Proteinuria, Microalbuminuria. Glucose, Protein, Albumin, Creatinine in 30 samples were analyzed by the present system, which resulted in 74% accuracy. The simple mathematical formulation of present system would enable an easy implementation in commercial analysis instruments. Also, the identical fuzzy logic can be applied to similar diagnostic environments in general.

**Key Words** : fuzzy logic, FT-IR, urinalysis, diagnosis system

## 1. 서 론

최근에는 광학 및 분석 기술과 임상 분석기기의 발전으로 세계적으로 많은 진단기기 업체에서 요 분석 시스템을 개발하여 공급하고 있으며, 보다 효율적인 검사가 가능해졌다.

요 검사(Urinalysis)는 각종 내과질환의 조기 진단과 치료 과정의 파악에 흔히 시행되는 검사로 병원에서 일반 혈액검사와 함께 가장 많이 실시되는 검사이다. 일반적인 요 검사로는 dip stick 검사[1]가 가장 많이 사용되는데 이는 요에 함유된 성분들에 의해 변화되는 요 분석용 스트립의 정색반응을 이용하여 소변의 성분 데이터를 대략적으로 판별하는 정성적인 방법이다.

상용화된 대부분의 요 분석 시스템들은 스트립에 일정 파장의 빛을 보내어 반사되는 빛을 분석하여 변화된 색을 측정하는 비색분석법을 적용하고 있으며, 이를 통하여 소변의 성분 별 수치를 정량 값으로 얻어내고

있다[1,2,3].

본 연구에서는 FT-IR장비를 이용하여 정량적 수치로 산출된 소변데이터에 퍼지이론을 적용하여 결과를 분석하는 방법에 대하여 실험하고 적용가능성을 검토하였다.

## 2. 연구 방법

본 연구에서는 일반적인 소변검사와는 별개로 소변의 성분가운데 중요하다고 판단되는 Glucose, Protein, Albumin, Creatinine의 4가지 성분과 소변으로 진단 가능한 질환들 중에 Diabetes Mellitus, Proteinuria, Microalbuminuria 3가지를 선택하여 연구를 진행하였다.

Glucose, Protein, Albumin, Creatinine의 4가지 성분 중 특정 한가지 성분의 수치로부터 특정 질환의 감염 가능성을 나타낼 수 있으며, 질환에 대한 감염을 확인하는 경우 그 값을 1, 감염가능성을 확실히 배제할 수 있을 경우 값을 0으로 수리화 시켜 감염가능성을 Table 1과 같이 0과 1사이의 실수로 퍼지이론의 소속 함수에 대응시킬 수 있다. 수치 값은 소변 내에 존재하

<sup>†</sup>E-mail : wangcho@dankook.ac.kr

**Table 1.** Linguistic expression of disease possibility with values of the membership function.

언어적 표현	감염 가능성
Definite	1.00
highly suggested	0.90-0.99
Suggested	0.75-0.90
Suspicious	0.60-0.75
Likely	0.50-0.60
Probable	0.40-0.50
not likely	0.25-0.40
hardly possible	0.01-0.25
Never	0.00

는 각 성분의 농도로 연속되는 값이기 때문에 연속되는 값에 대응되는 모든 감염가능성을 정의할 수 없어 일상적으로 사용되는 감염가능성의 언어적 표현을 결과치의 일정범위에 대응시켜 수리화 하였다.

질환을 진단하는데 있어서 검사결과에 관계없이 성분 별로 그 중요도가 다를 수 있다. 예를 들어 Glucose는 Diabetes Mellitus 의 진단에는 항상 필수적 이나 Creatinine은 거의 무의미 할 수도 있다. 이처럼 특정 질환을 진단하기 위한 성분의 소속함수 별 중요도가 각각 다를 수 있다. 이러한 성분 별 중요도는 Table 2와 같이 언어적으로 표현이 가능하다. “거의 무의미”한 언어적 표현으로 나타내어지는 성분 이라도 합병증 검출 등 전혀 필요 없는 수치는 아니므로 진단정보로부터 완전히 배제할 수 없어 수치들간의 상대적 중요도가 유지되도록 다음과 같이 검사중요도를 결정하였다.

$$\alpha_k = 1 - m_k \cdot R, \quad k=1, \dots, 7 \quad (1)$$

$$0 \leq R \leq 1$$

식 (1)에서  $\alpha_k$ 는 k번째로 중요한 성분 별 중요도를 의미하고 R은 가장 중요한 성분과 덜 중요한 성분의 중요도의 차이를 나타내는 계수이다.  $m_k$ 는  $\alpha_k$ 가 100% 중요한 성분과 비교해서 얼마나 중요도가 떨어지는가를 나타내는 상수이며 이것을 Table 2에 값으로 나타냈다. “항상 필수”인 성분의 중요도는 1이 되며 “거의 무의미”한 성분의 중요도는 1-R이 된다. 성분의 중요도의 범위가 0-1이면(R = 1)  $\alpha_7 = 0$ 이 되며  $\alpha_k$ 의 값은 중요도의 분포와 같아지고 R이 0과 1사이의 값을 가지는 경우 중요도간의 상대적 차이는 유지되면서 중요도의 범위가 1보다 작게 압축된다[4,5].

본 연구에서는 일반적으로 질환의 검출시 사용되는 성분을 바탕으로 검출에 필수적인 성분만을 사용하여

**Table 2.** Linguistic expression of importance and the corresponding numerical values.

k	언어적 표현	중요도(%)	$m_k$
1	always essential	100	0.0
2	somewhat essential	90	0.1
3	important	75	0.25
4	somewhat important	50	0.5
5	not important	25	0.75
6	somewhat meaningless	10	0.9
7	almost meaningless	0	1.0

**Table 3.** Importance distribution for each disease.

	Diabetes Mellitus	Proteinuria	Microalbuminuria
Glucose	$\alpha_1$	$\alpha_7$	$\alpha_7$
Protein	$\alpha_7$	$\alpha_1$	$\alpha_2$
Albumin	$\alpha_7$	$\alpha_7$	$\alpha_1$
Creatinine	$\alpha_7$	$\alpha_7$	$\alpha_1$

Table 3의 질환별 성분의 중요도 분포를 작성하였다. 예를 들어 Proteinuria의 경우 Protein이 질환의 검출에 “항상 필수적”이고 Albumin과 Creatinine도 “다소 중요”하지만 배제하였다. 소속함수 또한 질환의 검출에 반드시 필요한 성분의 소속함수만을 결정하고 나머지는 0으로 결정하여 가장 기본적인 진단만을 할 수 있도록 하였다[6-9].

$$F_{ij}^{\alpha_k} = \text{MAX}(1 - \alpha_k, F_{ij}) \quad (2)$$

중요도의 적용은 식 (2)의 연산을 그림 4에 도시하여 적용하였다. 이때 식 (2)의  $F_{ij}$ 는 i번째 성분( $X_i$ )이 j번째 질환( $D_j$ )에 속하는 소속함수를 뜻한다. i번째 성분  $X_i$ 의 결과치가  $x_i$ 일 때 j번째 질환  $D_j$ 에 해당하는 소속함수 값은  $F_{ij}(x_i)$ 이며 이는  $D_j$ 에 감염될 가능성을 나타낸다,  $\alpha_k = 1$ 의 경우

$$F_{ij}^{\alpha_k} = \text{MAX}(0, F_{ij}) = F_{ij} \quad (3)$$

식 (3)과 같으므로 “항상 필수”인 성분의 소속함수는 중요도의 영향을 받지 않는다. 하지만 중요도가 낮아질수록 식 (2)에 의해서

$$F_{ij}^{\alpha_k} \geq F_{ij} \quad (4)$$

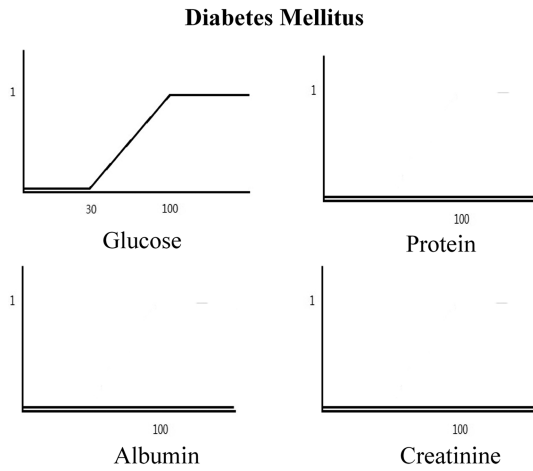


Fig. 1. Disease possibility membership function of Diabetes Mellitus.

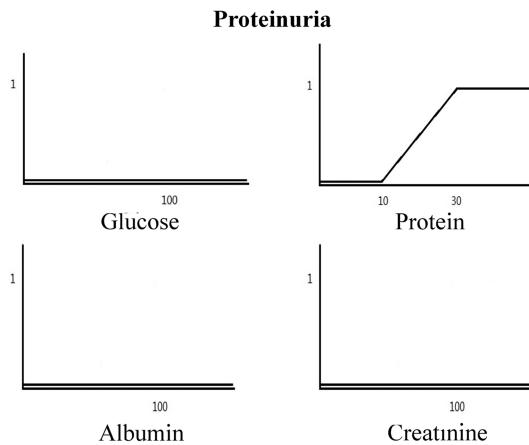


Fig. 2. Disease possibility membership function of Proteinuria.

식 (4)가 되고 중요도가 작아질수록 소속함수 값은 큰 값으로 산출된다.

중요도가 고려된 소속함수로부터 계산된 감염 가능성이

$$\mu_{ij} = F_{ij}^{a_k}(x_i) \tag{5}$$

식 (5)일 때 질환별 감염 가능성은

$$E_j = \text{MIN}(\mu_{1j}, \dots, \mu_{4j}) \quad j=1, 2, 3 \tag{6}$$

식 (6)과 같이 계산하였다. 식 (6)에서 최소치를 취한 이유는 4가지 성분수치로부터 질환별 감염 가능성을

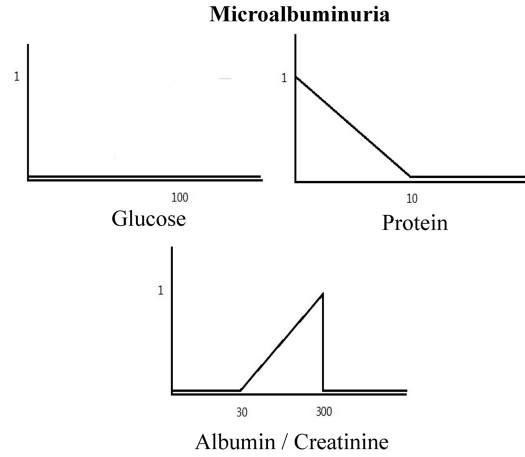


Fig. 3. Disease possibility membership function of Microalbuminuria.

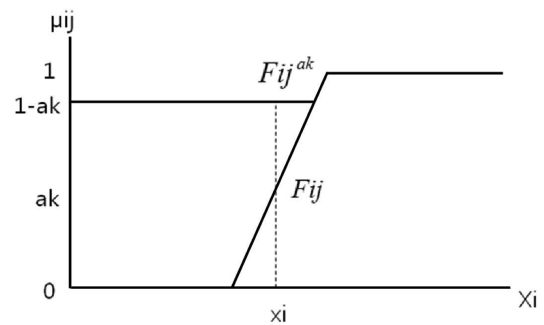


Fig. 4. Membership function with the importance considered.

가장 안전하게 계산하기 위함이다. 식 (6)은 질환별로 감염 가능성을 제공해주며 이들을 종합하여 Table 1의 언어적 표현을 적용, 최종적인 질환을 판정하였다 [4, 5].

### 3. 결 과

임의로 상황을 조절한 30개의 샘플을 본 연구의 알고리즘에 적용하였다. 중요도의 범위(R)는 0부터 1까지의 값을 0.1씩 증가시켰다. 샘플과 판정질환이 일치하는 진단의 비율을 적중률로 계산하였다. 중요도를 전혀 고려하지 않은 경우(R=0, ak=1) 약 71%의 적중률을 보였고 중요도를 최대로 하였을 때 (R=1, a1=1, a7=0) 약 67%의 적중률을 보였으며 중요도가 중간 정도일 때(R=0.5) 가장 높은 적중률이 대략 74%를 보였다.

#### 4. 결 론

퍼지이론을 이용하여 분광기를 사용하여 정량적 수치를 측정할 수 있는 요 분석 장비에 적용할 요 분석 시스템을 제안하였으며 30개의 샘플에 적용하여 약 74%의 적중률을 얻었다. 정량적인 수치를 측정하는 연구가 활발히 진행되고 있음에도 불구하고 아직까지 대부분의 요 분석은 정성적인 측정이 많이 사용되고 있으며 정량적 수치에 관한 자료가 적어 본 연구에서는 미흡한 기준들과 다소 낮은 적중률을 보였다. 하지만 본 시스템은 연산이 간단하여 진단 기준만 제시된다면 검사 기기에 손쉽게 구현할 수 있으며 사람의 판단 체계와 유사한 판단을 할 수 있어 향후 정량 수치에 대한 연구가 더 진행된다면 진단을 하는데 유용한 수단이 될 수 있다고 예상된다.

#### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT 융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2011-C6150-1101-0001)

#### 참고문헌

1. 전계록, 김기련, “요분석 시스템의 분류기 설계에 관한

- 연구”, 의공학회지 제24권, 제3호, pp.193-201.
2. 윤길원, 김혜정, “타 성분 영향을 고려한 요당과 요단백의 흡수분광학 진단”, 한국광학회지 제20권 제6호 pp.346-353.
3. 이정우, “적외선 분광법을 이용한 요당 분석의 임상적 유용성”, 석사학위논문, 동국대학교.
4. Sanchez E, “Fuzzy logic knowledge system and artificial neural networks in medicine and biology”, 한국 퍼지 시스템 연구회지 제1권, 제1호, pp.9-25.
5. 차은중, 이태수, “퍼지이론을 이용한 임상검사 자동분석에 관한 연구 -간기능검사 결과 자동분석시스템-”, 의공학회지 제14권, 제4호, pp. 341-348.
6. 정민영, “당뇨병 진단, 검사 방법들의 변천사”, 임상당뇨병 제11권 제1호 통권35호 pp.4-9.
7. 김은주, “당뇨병 환자의 미세단백뇨:24시간 요알부민 배설율과 단회 소변의 알부민/크레아티닌 비율 측정의 비교”, 석사학위논문, 인하대학교.
8. 이방훈, 김대중, 허우성, 김윤구, 오하영, 강우현, 김범 “크레아티닌 배설량으로 보정한 단회뇨 단백질/크레아티닌 비의 24시간 단백질 평가 지표로서의 임상적 유용성”, 대한신장학회지 제24권 제5호 통권 95호 pp.749-754.
9. 남궁미경, “미세알부민뇨”, 대한소아신장학회지 제11권 제1호 pp.1-8.

접수일: 2011년 9월 1일, 심사일: 2011년 9월 9일,  
게재확정일: 2011년 9월 15일