

## 폐지 추론에 의한 한열 판별

장윤지<sup>1)</sup> · 김영은<sup>1)</sup> · 김철<sup>1)</sup> · 송미영<sup>1)</sup> · 이은주<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup>한국한의학연구원, <sup>2)</sup>한밭대학교 컴퓨터공학과

---

### Abstract

---

#### Distinction of Hot-Cold Using Fuzzy Inference

Yun Ji Jang<sup>1)</sup> · Young Eun Kim<sup>1)</sup> · Chul Kim<sup>1)</sup> · Mi Young Song<sup>1)</sup> · Eun Joo Rhee<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup>*Korea Institute of Oriental Medicine*

<sup>2)</sup>*Department of Computer Engineering, Hanbat National University*

#### Objectives

Recently the fuzzy logic is widely used in the decision making, identification, pattern recognition, optimization in various fields. In this study, we propose the fuzzy logic as the objective method of distinguishing hot and cold, the basis of diagnosis in Korean medicine.

#### Methods

We developed fuzzy inference system to distinguish whether the subjects had hot or cold. The cold and hot questionnaire of Korean traditional university textbook, the pulse rate and the DITI value of face used in the system. These three kinds of information were defined as 'fuzzy sets,' and 54 fuzzy rules were established on the basis of clinical practitioners' knowledge. The fuzzy inference was performed by using the Mamdani's method. To evaluate the usefulness of the fuzzy inference system, 200 cases of data measured in the Woosuk university hospital of oriental medicine were used to compare the determining hot, normal, cold results obtained from the experts and from the proposed system.

#### Results

As a result, 100 cases of "cold", 54 cases of "normal", and 34 cases of "hot" were matched between the experts and the proposed system. This fuzzy system showed the conformity degree of 94%(K=0.853).

#### Conclusions

In this study, we could express the process of distinguishing hot-cold using the fuzzy logic for objectification and quantification of hot-cold identification. This is the first study that introduce a fuzzy logic for distinguish pattern identification. The degree of the heat characteristic of the patients inferred by this system could provide a more objective basis for diagnosing the hot-cold of patients.

#### Key Words

Hot-Cold identification; Fuzzy Inference; Mamdani Method; Quantified value

---

\* 교신저자 : 이은주 / 소속 : 한밭대학교 컴퓨터공학과

TEL : 042-821-1205 / E-mail : ejrhee@hanbat.ac.kr

투고일 : 2015년 11월 25일 / 수정일 : 2015년 12월 17일 / 게재확정일 : 2015년 12월 18일

## I. 서론

한의학 진찰의 기본으로 활용되고 있는 망문문절(望問聞切)의 사진(四診) 방법은 환자의 주관적인 표현 및 한의사의 경험을 바탕으로 하기 때문에<sup>1)</sup> 진단 표준화에 관한 연구들이 지속적으로 시도되고 있다<sup>2)</sup>.

팔강변증(八綱辨證)은 음·양, 허·실, 표·리, 한·열(陰·陽, 虛·實, 表·裏, 寒·熱)로 구성되어 있으며 질병의 변화와 추세를 파악할 수 있는 가장 기본적인 방법으로 사진(四診)을 이용하여 판단한다<sup>3)</sup>. 이 중 한열은 음양을 잘 나타내며 허실이나 표리에 비해 비교적 명확하게 구분된다<sup>4)</sup>.

한열은 발열과 비슷해 보이지만 체온 외에도 환자의 주관적 열감과 생활 습관 등 여러 증(證)을 포함하여 결정된다<sup>5)</sup>. 다양한 변증 가운데 한열은 가장 기본이 되며 치료의 방향 설정과 결과 기능 시 많은 영향을 끼친다고 할 수 있다<sup>6)</sup>.

한열의 판단에는 환자와의 대화를 통한 문진(問診) 방법이 이용되고<sup>7)</sup> 이에 사용되는 문진(問診) 내용을 설문지화하여 정량적으로 활용하고자 하는 연구가 이루어졌다. 김<sup>8)</sup>은 문진(問診)의 정량화를 이루기 위해 한열 관련 설문 문항을 연구하여 한열 변증 설문지를 개발하였다. 배<sup>9)</sup>의 연구에서는 김의 설문지가 한증상에 관한 설문은 잘 되어있지만 열증상에 관한 문항이 부족하다고 판단, 동의보감의 화열에 대한 내용을 추출하여 열증에 관한 증상을 보완해야 한다고 하였다. 유<sup>10)</sup>는 대상이 일반인 위주로 되어 있어서 임상에서의 유의한 항목이 김의 설문지에서는 탈락되었다고 보고, 학계의 공감대 형성과 설문지 접근의 용이성 높여 다양한 환자들에게 활용 가능하도록 하기 위해 한방병원에 내원한 환자를 대상으로 설문지를 적용하였다. 그러나 한열의 판단에는 문진(問診)과 더불어 맥의 지식(遲數)에 관한 절진(切診)과<sup>11)</sup> 안색을 관찰하는 망진(望診)

또한 필요하다.

이에 본 연구에서는 한열을 판단함에 있어 설문지를 통한 문진(問診)과 더불어 망진(望診), 절진(切診)을 함께 활용하고, 전문가의 지식을 반영할 수 있는 퍼지(Fuzzy) 시스템으로 한열을 판단하는 방법을 제안한다. 퍼지 시스템의 퍼지 집합을 이용하면 경계가 모호한 항목들을 평가할 수 있다<sup>12)</sup>. 퍼지 로직은 권<sup>13)</sup>과 신<sup>14)</sup>의 연구에서 사상체질 분류에 관한 방법론으로 활용되어 한의학 변증 방법의 객관화와 계량화가 퍼지 시스템으로 구현 가능성이 증명된 바 있다.

본 연구에서는 한의사가 한열을 판단하는 주관적 기준을 일반화하여 망진(望診)의 방법으로 얼굴색을 계량화하는 대신 환자의 열감이 가장 잘 표현되는 얼굴 정면의 체열값을 활용하였고, 문진(問診)으로 자체 개발한 한열 관련 설문지 결과값, 절진(切診)으로 맥박수를 함께 사용하였다. 열성의 정도에 따라 한열을 “한”, “보통”, “열”의 세 단계로 판별하는 퍼지 시스템을 개발한 후 동일 데이터에 대한 한의사의 한열 판단과 비교하여 시스템의 정확도 검증 실험하였다.

제안한 시스템은 환자의 한열을 판단함에 있어 판단의 주체 별로 결과가 달라짐에 수식을 이용한 결과값을 참고값으로 제시하여 줌으로써 한열 판단의 표준화에 활용될 수 있고, 결과값이 계량화된 수치로 제시되기 때문에 한열의 변이의 추이를 객관적으로 알 수 있어 향후 임상에서 환자의 경과 관찰에 유의하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

## II. 연구 대상 및 방법

본 연구에서는 한의사의 주관적 관점에서 진단하던 기존의 한열 판별 기준 중 문진(問診), 절진(切診), 망진(望診)에 해당하는 ‘한열 설문지 계산값,

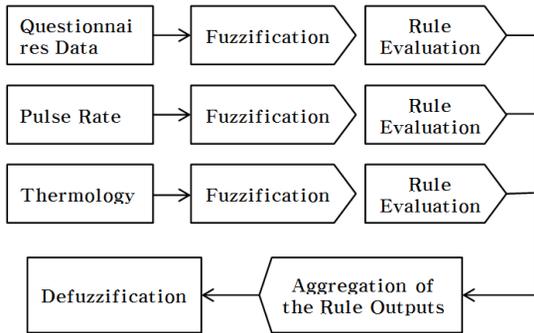


Figure 1. Architecture of distinction system of hot-cold

‘맥박수’, ‘체열’ 세 가지 정보를 입력 변수로 사용하여 한열을 판별하고 객관화된 수치를 출력하는 시스템을 구현하고자 한다. 세 항목의 선정은 임상 경험

5년 이상인 한방내과학 전문가가 임상에서 주로 쓰이는 방법을 병리학 문헌<sup>15)</sup>에 기반하여 채택하였다. 제안한 시스템의 구조는 Figure 1과 같다.

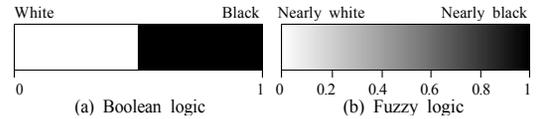


Figure 2. Boolean logic and Fuzzy logic

퍼지 로직은 Figure 2에서 흰색과 검정색 이분법으로 색을 분리하는 불리언 로직과 비교하면 이해하기 쉽다. 퍼지 로직에서는 흰색에 가까운 검정색, 검정색에 가까운 흰색 등 이분법으로 구분하기 애매한 대상을 다룬다<sup>16)</sup>.

Table 1. Questionnaire

No.	Question	Calc.
1	My face is pale.	-1
2	I have generally reddish facial tone.	+1
3	My eyes get easily bloodshot.	+1
4	I drink water frequently since I often feel thirsty.	+1
5	I prefer cold water or cold foods.	+1
6	I prefer warm water or warm foods.	-1
7	I usually have yellow phlegm when I have cold or even when I do not have one.	+1
8	I usually have sticky or curdled phlegm when I have cold or even when I do not have one.	+1
9	I usually have white phlegm when I have cold or even when I do not have one.	-1
10	I usually have clear phlegm when I have cold or even when I do not have one.	-1
11	The size of my meal is smaller than that of others or was reduced unlike before.	-1
12	I feel bloated after meals.	-1
13	I prefer cool. (winter, cold floor, air conditioner)	+1
14	I prefer warm. (summer, warm floor, hand warmer, or warm clothing; usually wears long sleeves except a few days in midsummer; seeking warm places)	-1
15	My hands and feet often get warm or frequently flushed.	+1
16	My hands and feet are cold.	-1
17	I easily get angry.	+1
18	I feel low. My body seems to have no strength.	-1
19	I usually get boils on skin.	+1
20	I usually have hard stools.	+1
21	I usually have soft stools, but they have shape.	-1

The subjects checked their symptoms or habits in the questionnaire themselves, and the score was calculated.

### 1. 연구 대상

실험에 사용한 데이터는 우석대학교 한방병원의 IRB(WSOH IRB 1105-02, 1209-03)를 통과한 200 명의 임상 연구 증례기록서<sup>17)</sup>의 일부이다. 제안한 시스템의 입력 변수로 선정한 ‘한열 설문지 계산값’, ‘맥박수’, ‘체열’ 값을 증례기록지에서 추출하여 사용하였다.

### 2. 연구 방법

퍼지 추론이란 주어진 입력 정보를 퍼지 규칙에 대입하여 결과를 도출해내는 일련의 과정을 말한다<sup>18)</sup>. 그 중 맘다니형 퍼지 추론은 입력 변수를 각각 퍼지화하고 퍼지화 된 변수들을 수립된 규칙으로 평가한 후 결과들을 통합하는 단계를 거쳐 최종적으로 역퍼지화하여 실수값을 출력하는 과정으로 이루어져 있다. 본 연구에서는 선정된 세 가지 정보를 입력 변수로 하는 퍼지 집합을 정의한 뒤 퍼지화하여 맘다니 기법으로 퍼지 추론하였다.

첫 번째 입력 정보인 한열 설문지 계산값은 한의학 전문가들이 진단학 교과서<sup>19)</sup>를 기반으로 선정한 21개의 문항으로 이루어진 설문지<sup>17)</sup> Table 1을 환자가 직접 답하고, 최종 계산하여 나온 결과값을 사용하였다. 설문지는 생활 습성과 건강 상태, 식습관 등 증상에 관한 문항으로 구성되어 있다. 이는 의사

의 문진(問診)과 같은 효과를 지닌다.

절진(切診)에 해당하는 맥진 역시 한열을 판단하는 주요 기준으로<sup>20)</sup>, 객관적 진찰을 위해 맥진기를 이용하였다. 해당 측정은 안정을 취한 후 3분간 맥진기 MAXMAC-27 Plus(주원메디칼社)를 이용하여 측정된 값을 두 번째 입력 정보로 사용하였다.

세 번째는 적외선 체열 진단기 T-1000 HD(메슈메디칼社)를 사용하여 측정된 얼굴 정면의 DITI값이다. 해당 측정은 안정을 취한 후 약 5분동안 시행하였다. DITI는 체온을 가시화하여 환자의 상태를 정량적으로 평가하고 객관화 시킬 수 있는 방법으로 인정받고 있다<sup>21)</sup>.

세 가지 입력 정보와 결과값을 전문가의 지식에 기반하여 퍼지화하기 위해 Figure 3과 같이 퍼지 멤버십 함수를 정의하였다.

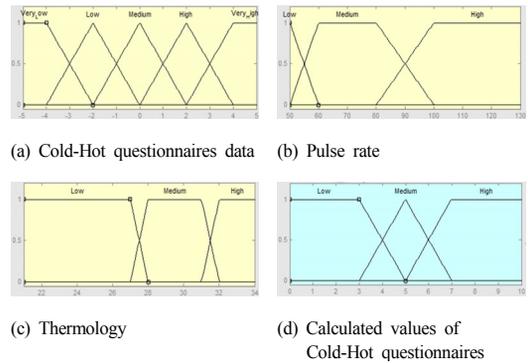


Figure 3. Membership function

Table 2. Weights of input variable proposed by experts.

Experts	Input variables	Hot-Cold Questionnaires Data	Pulse Rate	Thermology
A		0.6	0.3	0.1
B		0.25	0.5	0.25
C		0.33	0.34	0.33
D		0.5	0.2	0.3
E		0.3	0.5	0.2
Average		0.40	0.37	0.23

1	IF Questionnaires Data is Very Low and Pulse Rate is Low and Thermology is Low then Distinction is Cold
2	IF Questionnaires Data is Very Low and Pulse Rate is Low and Thermology is Medium then Distinction is Cold
3	IF Questionnaires Data is Very Low and Pulse Rate is Low and Thermology is High then Distinction is Cold
	...
20	IF Questionnaires Data is Medium and Pulse Rate is Low and Thermology is Medium then Distinction is Cold
21	IF Questionnaires Data is Medium and Pulse Rate is Low and Thermology is High then Distinction is Normal
22	IF Questionnaires Data is Medium and Pulse Rate is Medium and Thermology is Low then Distinction is Normal
	...
43	IF Questionnaires Data is Very High and Pulse Rate is High and Thermology is Low then Distinction is Hot
44	IF Questionnaires Data is Very High and Pulse Rate is High and Thermology is Medium then Distinction is Hot
45	IF Questionnaires Data is Very High and Pulse Rate is High and Thermology is High then Distinction is Hot

Figure 4. Example of fuzzy rule bases

No.	Questionnaires data	Pulse Rate	Thermology	Proposed system	Professional verification	Concord
1	-2	70	28.8	2.02	Cold	Y
2	-1	64	30.3	3.23	Cold	Y
3	0	68	30.6	5	Normal	Y
4	1	54	30.3	4.74	Normal	Y
5	0	54	28.6	2.97	Cold	Y
6	-3	89	31.7	4.87	Cold	N
						...

Figure 5. Example of results concerning hot-cold

또 임상 경험 소유 한방내과학 전문가 5인의 의견을 Table 2와 같이 수렴하여 그 평균값을 입력 변수 간 가중치로 설정하였다. 이는 시스템의 배경이 임상가의 한열 판단 기준과 최대한 근사하여 시스템의 정확도와 신뢰도를 높이기 위함이다.

퍼지 시스템에서 전문가 지식이 함수가 되기 위해서는 각 입력 변수가 'IF- THEN' 조건문으로 정의되어야 한다. 세 가지 입력 변수에 전문가 지식 가중치를 반영하여 퍼지 추론에 필요한 퍼지 규칙을 Figure 4와 같이 수립하였다. 본 연구에서 제안한 퍼지 추론 방식에서는 소속 함수가 다섯 가지인 입력값 한 개와 세 가지인 입력값 두 개, 한 개의 출력값으로 이루어져  $5 \times 3 \times 3 = 45$ 개의 퍼지 규칙을 생성할 수 있다. 생성된 퍼지 규칙은 'and' 조건으로 연결

되어 열성 정도를 수치로 출력한다. 출력함수는 “한” 15개, “보통” 16개, “열” 14개로 구성되어있다.

본 시스템의 성능 검증을 위해 삼성 Pentium(R) Dual core CPU 2.10 GHz, Windows 7 Home Premium K의 환경에서 Matlab R2011b Fuzzy Toolbox를 사용하여 실험하였다. 실험을 위해 완성된 퍼지 멤버십 함수와 퍼지 규칙에 수집된 200건의 데이터를 대입한 후 환자의 한열을 “한”, “보통”, “열”의 세 단계로 판별하고, 맘다니 추론 기법으로 열성 정도를 수치로 출력하는 퍼지 추론 시스템을 구현하였다. 그리고 한의학 전문가의 주관적 관점에서 진행된 한열 판별 결과와 Matlab 출력값의 일치 여부를 비교하는 실험을 시행하였다.

### Ⅲ. 결과

퍼지 시스템과 전문가의 판별을 비교한 200건의 결과는 Figure 5의 형태로 각각 출력된다.

퍼지 시스템의 출력값은 “열” 40건, “보통” 54건, “한” 106건으로 나타났고, 이를 한의학 전문가는 “열” 34건, “보통” 66건, “한” 100건으로 판별하였다. 두 결과 모두 “한”이 100건 이상이었다. 일치 건수 비교 결과 “열” 34건, “보통” 54건, “한” 100건이 일치함을 보여 총 188건이 일치하였다. Figure 6은 판별 결과 건수를 비교한 그래프이다.

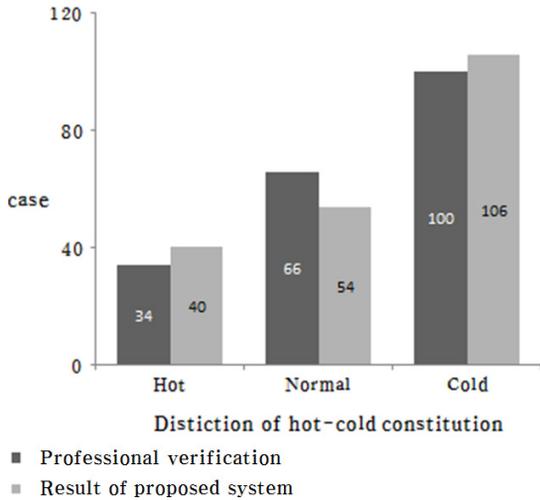


Figure 6. Compare the results proposed system and professional verification

퍼지 시스템의 결과값을 기준으로 비교한 결과는 Table 3과 같으며 일치도 분석 결과 가파값은 0.853이었다. “열”은 40건이었으나 전문가의 판단은 34건으로 6건이 불일치하였다. 전문가는 6건을 “보통”이라 판단하였다. “보통”에서는 12건이 불일치하며 가장 낮은 일치율을 보였는데, 전문가가 “보통”으로 판단한 66건 중 9건을 퍼지 시스템에서는 “한”이라 출력하였고, 퍼지 시스템에서 “보통”이라 출력한 54건 중 3건을 전문가는 “한”이라 판단하였다. 또 “한”은 퍼지 시스템에선 106건이 출력되었지만 전문가는 이 106건 중 97건만을 “한”이라 판단하고, 상기 서술과 같이 퍼지 시스템에서 “보통” 중 3건을 “한”이라 판단하여 6건의 상이한 일치 형태를 보였다.

### Ⅳ. 고찰

본 논문에서는 한의학의 진단에서도 기초적인 팔강변증 중 한열을 객관적으로 판별하는 방법을 제안하였다. 한열 진단 표준화의 부재로 인해 의사의 오감에 의존하던 기존의 변증 방식에 객관적 기준의 필요성이 제기됨에 따라, 주관적이고 모호한 환자의 표현을 정량화할 수 있는 퍼지 시스템에 한열 변증의 판별 기준을 도입하여 실현 가능성을 실험하였다.

환자의 문진(問診) 내용을 설문지화하여 나온 수치와 한열의 교과서적 판단 기준인 맥박수, 얼굴의 열감 정보를 입력 변수로 정의하여 퍼지 집합으로

Table 3. Results of conformity degree analysis

		Professional verification			Total
		Cold	Normal	Hot	
Fuzzy system	Cold	97	9	0	106
	Normal	3	51	0	54
	Hot	0	6	34	40
Total		100	66	34	200

만들고, 전문가 5인의 지식을 기반으로 한열을 판별하는 퍼지 규칙을 수립하였다. 그리고 열성 정도를 계량화하여 퍼지 추론을 통해 “열”, “보통”, “한”으로 판별하여, 전문가의 판단과 비교하는 유용성 평가 검증을 시행하였다.

임상 연구를 통해 수집된 200명의 측정 데이터를 사용하여 실험한 결과 제안한 퍼지 시스템의 결과값과 전문가의 주관적 판단값이 188건 일치하여 일치율 94%를 보이며 본 규칙의 타당성을 검증하였다.

세 가지 입력 정보의 값이 모두 “Low”라면 최종 결과도 “한”으로 출력되고, 입력 정보의 값이 모두 “Medium”이라면 최종 결과도 “보통”, 입력 정보의 값이 모두 “High”라면 최종 결과도 “열”로 출력되는 것은 당연한 결과일 수 있지만 그 외에 세 가지 정보간의 차이가 있는 상당수의 경우 퍼지 규칙을 수차례 수정하고, 퍼지 집합을 조율하여 높은 일치도를 얻을 수 있었다.

불일치한 주요 데이터들을 분석해보면 다음과 같다.

1. “한”에 해당하는 오류들은 설문지 계산값이 최종 결과에 영향을 미치며 그대로 출력되는 형태를 보였다. 이는 설문지 계산값과 맥박수의 가중치가 3% 밖에 차이 나지 않아 생기는 문제로, 입력 정보간 가중치를 세밀히 수정 보완해야 할 것으로 보인다.
2. 가장 낮은 일치율을 보인 “보통”은 해당 집합 범위의 함수를 더 세분화해야 할 것으로 보인다. 이는 일반인을 표본 집단으로 한 한열의 분포는 지나치게 “열” 또는 “한”인 사람보다 “보통”에 해당하는 사람이 더 많아서 그 중 예외 처리에 대한 대비가 부족했기 때문으로 사료된다.
3. “열”에 해당하는 6건의 오류 역시 체열이 높아도 설문지의 결과값이 낮은 경우 “보통”으로 판단되는 경우여서, 최종 결과 함수의 조정이 필요해 보인다.

더욱 완성도 높은 시스템을 만들기 위해 더 많은 표본을 대상으로 실험하며 가중치 수정이 필요할 것으로 보인다. 또한 본 연구에서 진행한 실험은 제안한 시스템의 유용성 평가를 목적으로 데이터를 수집하여 사용한 것이 아니라, 이미 수집되어 있는 데이터를 이용하여 실험한 것이기 때문에 전문가 검증과 병원의 임상 측정이 같은 시기에 이루어진 것이 아니라서 설문지의 내용을 수정할 수 없었다는 한계점이 있다.

시스템을 통해 출력된 열성 정도는 수치 형태이기 때문에 환자의 열성 변이의 추이를 쉽게 알 수 있고, 진단 및 처방의 기초 정보로 활용할 수 있는 등 임상에서 유의하게 사용될 수 있다.

현재까지 한열의 판별에 관한 설문지 개발과 연구가 여러 차례 있었지만 사상체질 분야의 QSCC<sup>22)</sup>와 같이 공신력 있는 설문지로 완성되기에 아직 미흡한 것이 사실이다. 설문지 연구를 위한 연구 표본 집단 및 연구 수행의 주체에 따라 문항 선별에 차이가 있기에 본 연구에서 사용한 설문지 역시 연구 수행 기관인 하나의 한방병원에서 내과학 전문가들이 병리학 교과서를 바탕으로 개발한 것이므로, 한 사람이 동일한 증상을 호소해도 설문 기관에 따라 상이한 결과가 나타날 수도 있다는 불완전함이 있다. 따라서 한열 진단의 표준화 분야에서도 공신력 있는 설문지가 개발된다면 그것을 이용해 더욱 신뢰도 있는 검증 체계를 수립할 수 있을 것으로 기대된다.

그리고 본 연구에 사용된 설문지에는 얼굴색에 관한 질문을 포함하고 있지만, 향후 영상 처리 기기를 활용하여 면색을 자가 판단이 아닌 계량화한 수치로 측정하여 본 연구에서 채택한 입력 정보와 더불어 사용한다면, 망진(望診), 문진(問診), 절진(切診)을 근거로 하는 한방병리학의 한열 진단 기준에 준하는 분명 변별력 있는 기준 근거가 될 수 있을 것으로 사료된다.

또한 과학적으로 검증되기 보다는 의사의 주관적

인 판단에 의존하던 한의학 변증 분야에 인공지능 퍼지 시스템을 도입하여 신뢰도 높은 결과를 얻음으로써, 변증의 객관화와 정량화 가능성을 발견한 것도 본 연구의 의미 있는 수확이다. 본 연구에서 사용한 시스템의 가치가 인정된다면 임상에서 접근하기 쉬운 형태의 시스템이 구축되어야 유용성을 높일 수 있을 것이다.

## V. 결론

한열의 객관적인 진찰을 위한 항목으로 ‘한열 설문지 계산값’, ‘맥박수’, ‘체열’을 선정하고, 모호한 대상을 다룰 수 있는 퍼지 시스템을 이용하여 판별하였다. 임상 데이터 200건으로 퍼지 시스템의 출력값과 한의사의 판단을 비교한 결과 188건이 일치하여 한열 진찰의 자동화와 정량화가 가능함이 드러났다. 그리고 퍼지 시스템에서 수치로 출력되는 열성 정도는 환자의 지속 진료 시 열성 변이의 추이를 관찰하며 기초 자료로 유용하게 사용될 수 있다.

## 감사의 글

본 연구는 한국한의학연구원 ‘고혈압 위험군 예방관리 정보 시스템 구축(K15031)’ 과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

## 參 考 文 獻

1. 김범수, 임정화, 이민희, 윤영주. 한국한의학연구원 개발 변증설문지의 신뢰도 연구. 대한한의진단학회지. 2013; 17(1): 29-44.
2. 송낙근, 김중길, 신선화, 김용호, 황규동, 안규석, 최선미. 설문지 통계분석을 통한 변증진단 객관화 연구. 한국한의학연구원논문집. 2005; 11(1): 127-138.
3. 한방병리학 교재편찬위원회, 한방병리학. 서울, 한의문화사. 2009.
4. 金振鎬. 八綱辨證에 대한 비교 연구 -張介賓·程國彭·江涵暉을 중심으로-. 대한한의학원전학회지. 2013; 26(2): 47-59.
5. 진희정, 김상혁, 동상욱, 장은수, 이시우. 사상의학 병증진단에 있어서 사상의학 전문가의 한열 특성 및 건강상태 평가에 관한 일치도 연구. 사상체질의학회지. 2014; 26(2): 146-155.
6. 안규석. 한의학의 변증체계와 그 내용. 동의병리학회지, 1987; 2(1): 6-12.
7. 최선미, 박경모, 정찬길, 성편제, 안규석.心病證 진단요건의 표준 설정을 위한 연구. 동의생리병리학회지. 2003; 17(4): 845-851.
8. 김숙경, 박영배. 寒熱辨證 設問紙 開發. 대한한 의진단학회지. 2003; 7(1): 64-75.
9. 배노수, 박영재, 오환섭, 박영배. 한열변증 설문지 개발을 위한 한열 고찰. 대한한의진단학회지. 2005; 9(1): 98-111.
10. 유현희, 이해정, 장은수, 최선미, 이성근, 이시우. 한열 변증 설문지 개발에 관한 연구. 동의생리병리학회지. 2008; 22(6): 1410-1415.
11. 신민교. 최신한방임상진료. 서울, 영림사. 1996.
12. 이병룡. 퍼지신경망 제어. 울산, 울산대학교출판부. 2012.
13. 권영준. 퍼지 로직에 기반한 사상체질 분류기에 관한 연구. 한국과학기술원 석사학위논문. 2006.
14. 신상호. 특성함수와 가중치 퍼지분류기를 활용한 사상체질분류. 동의대학교 석사학위논문. 2010.
15. 문준전, 안규석, 최승훈. 동의병리학. 서울, 고문사. 1993.

16. Michael Negnevitsky. *Artificial Intelligence 3rd Edition*. Essex, Pearson Education. 2011.
17. 송미영. 전인시스템 조절을 통한 고혈압 위험군 예방관리 기술 개발. 한국한의학연구원. 2012.
18. EH Mamdani, S Assilian. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *Int Journal of Man-Machine Studies*. 1975; 7: 1-13.
19. 전국한의과대학 진단생기능의학. 생기능의학. 서울, 군자출판사. 2008.
20. 박영배. 맥진기에 의한 맥동 검출과 동서의학적 맥상 해석. 보건복지부. 1998.
21. 장희재, 황덕상, 김진환, 조정훈, 장준복, 이경섭. 적외선 체열 검사를 활용한 국내 최근 연구 동향 분석 - 한의학과 다른 분야의 활용 비교연구. 대한한방체열의학회. 2010; 8(1): 1-6.
22. 김선호. 사상체질분류검사(QSCC)의 타당화연구. 사상체질의학회지. 1993; 5(1): 61-80.