

# 퍼지추론을 이용한 비만평가 시스템

## Obesity Evaluation System using Fuzzy Inference

정 구 범\*  
Gu-Beom Jeong

김 두 완\*\*  
Doo-Ywan Kim

### 요 약

최근 섭취열량의 증가 및 운동부족으로 인한 비만이 사회적인 문제로 되었으며, 여러 가지 성인병의 위험인자로 알려져 있다. 비만을 예방하고 치료하기 위해서는 우선적으로 비만평가가 이루어져야 하며, 이러한 평가에는 BMI, WHR, 허리둘레 등이 이용되고 있다. 본 논문에서는 제안되는 비만평가 시스템에서는 BMI와 허리둘레를 가지고 퍼지추론을 하여 비만을 평가하였다. 이를 위하여 BMI와 허리둘레에 대한 소속함수와 추론규칙을 결정하였으며, 추론 결과는 서술식 문장으로 나타냈다.

### Abstract

It has recently become known that the social issue of obesity, caused by increased caloric intake and lack of exercise, is a risk factor in the cause of various adult diseases. Above all, to prevent or cure obesity, we must accurately evaluate the degree of obesity, and we have used BMI, WHR, and waist measurements for this purpose. In this paper, we propose an obesity evaluation system based on fuzzy inference using BMI and waist measurement. For this purpose, we decided reasoning rule and membership function about BMI and waist measurements. The inference result is presented in a descriptive sentence.

Key Words : obesity, fuzzy inference, BMI, waist measurements

## 1. 서 론

비만(obesity)은 오늘날 세계적인 문제로 인식되고 있으며, 최근 한국에서도 생활여건의 향상과 더불어 섭취열량의 증가 및 운동부족으로 인한 비만 인구가 증가함에 따라 비만이 사회적인 문제로 나타나게 되었다. 비만은 체내에 지방이 과다하게 축적된 상태를 말하며, 당뇨병, 협심증, 심근경색증, 뇌졸중과 같은 여러 가지 성인병의 위험인자로 널리 알려져 있다[5].

비만평가는 주로 BMI(Body Mass Index, 체질량지수;  $\text{kg}/\text{m}^2$ )를 이용하며, 세계보건기구에서는 BMI  $29\text{kg}/\text{m}^2$  이상일 때를 비만으로 분류하고 있으나 아시아 지역에서는 이 기준이 부적합하여

BMI  $25\text{kg}/\text{m}^2$  이상일 때를 비만으로 적용하고 있다[1]. 그러나 최근 BMI가 정상이라도 복부비만이 있으면 비만관련 질병 및 합병증의 발생 위험이 훨씬 증가하는 것으로 밝혀지면서 BMI를 이용한 비만평가에 이견이 제시되고 있다. 이에 따라 복부비만을 평가하기 위하여 WHR(Waist-Hip-Ratio, 허리-엉덩이 둘레비)이나 허리둘레를 측정하여 사용한다. 이중에서도 허리둘레는 임상에서 복부비만 정도를 평가하는 데 현재까지 가장 유용한 도구로 사용되고 있다[2].

비만평가를 위한 대표적인 컴퓨터 시스템에는 체성분 분석기인 InBody 3.0이 있으며, BMI와 WHR을 이용하고 있다. 그 외에도 여러 가지 시스템이 있는데 주로 BMI를 사용하고 있으나, 이러한 시스템에서는 BMI와 복부비만의 상관관계를 고려하지 않기 때문에 비만평가에 한계가 있다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 비만을 평가하기 위해 체중과 키 및 허리둘레를 이용하여 BMI와

\* 정희원 : 상주대학교 컴퓨터공학과  
jgb@sangju.ac.kr(제1저자)

\*\* 준희원 : 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부  
kimdy@amare.ac.kr(공동저자)

복부비만을 함께 평가하며, 평가 결과를 서술식 문장으로 표현하도록 구축하였다. 비만을 평가하기 위해서 아시아 성인의 표준 BMI 지표와 남자의 허리둘레를 평가기준(90cm)으로 하였다[1]. 그리고, 이를 근거로 해서 소속함수를 부여하고, 퍼지추론규칙을 만들었으며, 퍼지추론에 의해 수행된 결과를 서술식으로 평가하도록 하였다. 따라서, 퍼지추론에 의한 평가방법은 비만측정의 정확성을 향상시키고, 평가 결과를 쉽게 이해할 수 있게 한다.

## 2. 퍼지 추론

퍼지추론[7-9]은 대부분의 퍼지이론 응용에서 이용되고 있으며, 지식공학, 제어공학, 의료진단, 패턴인식 및 인문사회과학까지 폭넓게 응용되고 있다. 본 논문에서는 퍼지추론에 IF-THEN 규칙을 퍼지관계로 변형하여 추론결과를 구하는 직접법을 사용하였다. 직접법은 퍼지관계의 합성을 이용하여 추론하며, 퍼지제어 등에서 많이 사용되는 방법으로 다른 추론에 비하여 추론 속도가 비교적 빠른 편이다. 추론과정은 다음의 4단계로 처리된다.

- [1단계] 주어진 입력에 대해 각 규칙의 전건부의 적합도를 구한다.
- [2단계] 1 단계에서 구한 적합도를 기초로 각 규칙의 추론결과를 구한다.
- [3단계] 각 규칙의 추론 결과에서 최종적인 추론 결과를 구한다.
- [4단계] 추론결과를 비퍼지화한다.

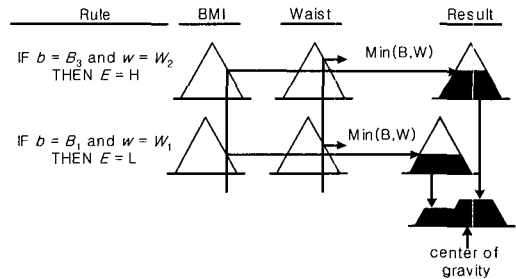
퍼지추론을 위한 합성규칙에는 Max·Min, Min·Max 등이 있으며, Max·Min 합성규칙은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \mu_{R \cdot S}(x, z) &= \max_{y \in Y} [\min \{ \mu_R(x, y) \circ \mu_S(y, z) \}] \\ &= \max_{y \in Y} \{ \mu_R(x, y) \wedge \mu_S(y, z) \} \quad (1) \end{aligned}$$

비퍼지화 과정에는 무게중심법, 최대평균법 등이 있으며, 본 논문에서 사용되는 무게중심법은 다음과 같이 정의된다.

$$M = \frac{\sum(x_i \times u_i)}{\sum x_i} \quad (2)$$

이러한 추론과정을 그림으로 나타내면 다음과 같다[4].

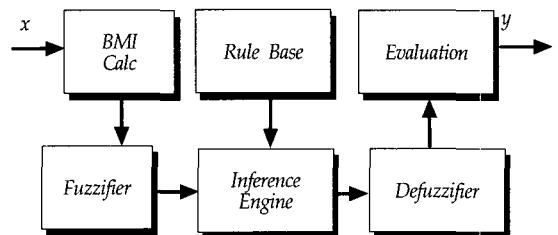


(그림 1) Max·Min 퍼지추론

## 3. 퍼지추론을 이용한 비만평가

### 3.1 비만평가 시스템의 구성

퍼지추론을 이용한 비만평가 시스템은 그림 2와 같이 모두 6 개의 모듈로 구성되어 있다. 이 시스템의 특징은 언어적 형식의 추론규칙으로 구성되어 있고, BMI와 허리둘레의 상관관계를 고려한 비만평가를 퍼지추론으로 처리한다는 점이다.



(그림 2) 비만평가 시스템의 구조

- **BMI Calc:** 비만평가 시스템의 입력모듈이며, 피검자의 체중, 키 및 허리둘레를 입력받아 BMI를 계산한다.
- **Fuzzifier:** 퍼지화 모듈로써, BMI와 허리둘레 이에 대응하는 전체집합으로 사상시키고, 적절한 언어 값으로 변경시킨 다음 소속함수로 변환시킨다.
- **Rule Base:** 규칙베이스 모듈로써, 비만평가를 위한 추론규칙을 가지고 있다. 즉, BMI와 허리둘레의 상관관계를 고려하여 만들어진 언어적 추론규칙을 정의한다.
- **Inference Engine:** 추론엔진 모듈로써, Max·Min 합성 연산으로 추론결과를 구하게 된다.
- **Defuzzifier:** 비퍼지화 모듈로써, 추론결과인 퍼지 값을 무게중심법을 사용하여 비퍼지화한 값으로 변경한다.
- **Evaluation:** 최종 출력 모듈로써 비퍼지화된 값을 그에 상응하는 비만평가 문장으로 전환시켜 출력한다.

### 3.2 비만의 판정

최근 임상에서 비만의 판정에 BMI가 널리 사용되고 있음에 따라, 본 시스템에서는 BMI Calc 모듈에서 피검자의 키와 체중을 입력받아 BMI를 계산하도록 하였다.

$$BMI = \frac{\text{체중}(kg)}{\text{키}(m)^2} \quad (3)$$

허리둘레는 남성일 경우에 90cm 이상에서 동반질환의 위험도가 증가하며, 우리나라에서는 표 1과 같은 지침을 이용하여 비만을 평가하고 있다[1].

### 3.3 소속 함수

비만평가 항목인 BMI와 허리둘레는 측정 결과에 따라 일정한 구간 값으로 분류되어 정상, 비만

(표 1) 동양인 성인에서 BMI와 허리둘레에 따른 동반 질환 위험도

BMI	분류	동반질환의 위험도(허리둘레)	
		≤ 90cm(남) ≤ 80cm(여)	>90cm(남) >80cm(여)
18.5 이하	저체중	낮다 (다른 임상질환의 위험)	보통
18.6~22.9	정상	보통	증가
23.0~24.9	과체중	증가	중등도
25.0~29.9	비만	중등도	고도
30.0 이상	고도비만	고도	매우 고도

등의 신체 상태를 나타낸다. 퍼지추론을 위해서는 이러한 구간 값에 대한 퍼지 양자화(fuzzy quantifier)가 필요하며, BMI와 허리둘레 등에 대한 퍼지 양자화는 표 2에서와 같이  $B_1 \sim B_5$ ,  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $E_1 \sim E_5$ 인 언어변수 형태로 나타내게 된다.

(표 2) 언어변수에 대한 소속구간

평가항목	Fuzzy Quantifier	Numerical Interval	비고
BMI (b)	$B_1$	$b < 18.5$	저체중
	$B_2$	$18.5 \leq b < 23.0$	정상
	$B_3$	$23.0 \leq b < 25.0$	과체중
	$B_4$	$25.0 \leq b < 30.0$	비만
	$B_5$	$30.0 \leq b$	고도비만
허리둘레 (w)	$W_1$	$w \leq 90$	정상
	$W_2$	$90 < w$	복부비만
비만평가 (y)	$E_1$	$y \leq 1$	저체중
	$E_2$	$2 < y \leq 4$	정상
	$E_3$	$4 < y \leq 6$	성인병 가능
	$E_4$	$6 < y \leq 8$	성인병 높음
	$E_5$	$8 < y \leq 10$	성인병 매우 높음

다음으로는, 퍼지 양자화된 언어변수를 정량적으로 나타내기 위해 소속함수를 결정하게 되며, 이때 각 언어변수가 갖고 있는 구간 값들 간의

상관관계를 고려해서 결정해야 한다. 표 2의 BMI 를 나타내는  $B_1 \sim B_5$ 의 구간 값에서 경계면에 있는 값(예를 들면, 18.5, 23.0 등)에 대한 정확한 분류는 사실상 곤란하다. 왜냐하면, BMI가 23이라 할 지라도 피검자의 신체조건에 따라 정상일 수도 있으므로 보다 세분화된 분류가 필요하다. 이를 고려하여 결정한 BMI의 소속함수는 표 3과 같다.

(표 3) BMI의 소속함수

구 분	level	$\mu_i(B_1)$	$\mu_i(B_2)$	$\mu_i(B_3)$	$\mu_i(B_4)$	$\mu_i(B_5)$
$b_0 < 17.5$	0	1.0	0.0			
$17.5 \leq b_1 < 19.5$	1	0.5	0.5			
$19.5 \leq b_2 < 22.0$	2	0.0	1.0	0.0		
$22.0 \leq b_3 < 24.0$	3		0.5	0.5		
$24.0 \leq b_4 < 24.5$	4		0.0	1.0	0.0	
$24.5 \leq b_5 < 25.5$	5			0.5	0.5	
$25.5 \leq b_6 < 29.0$	6			0.0	1.0	0.0
$29.0 \leq b_7 < 31.0$	7				0.5	0.5
$31.0 \leq b_8$	8					1.0

허리둘레는 90cm를 기준으로 하여 5cm의 간격으로 구분하였으며, 이때의 소속함수는 표 4와 같다.

(표 4) 허리둘레에 대한 소속함수

구 분	level	$\mu_k(W_1)$	$\mu_k(W_2)$
$w_0 < 70$	0	1	0
$70 \leq w_1 < 75$	1	1	0
$75 \leq w_2 < 80$	2	1	0
$80 \leq w_3 < 85$	3	0.75	0.25
$85 \leq w_4 < 90$	4	0.5	0.5
$90 \leq w_5 < 95$	5	0.25	0.75
$95 \leq w_6 < 100$	6	0	1
$100 \leq w_7 < 105$	7	0	1
$105 \leq w_8$	8	0	1

비만평가를 위한 소속함수는 표 5와 같다.

(표 5) 평가결과에 대한 소속함수

구 분	level	$\mu_m(E_1)$	$\mu_m(E_2)$	$\mu_m(E_3)$	$\mu_m(E_4)$	$\mu_m(E_5)$
$y_0$	0	1	0			
$y_1$	1	0.5	0.5			
$y_2$	2	0	1	0		
$y_3$	3		0.5	0.5		
$y_4$	4		0	1	0	
$y_5$	5			0.5	0.5	
$y_6$	6			0	1	0
$y_7$	7				0.5	0.5
$y_8$	8				0	1

### 3.4 규칙 베이스

규칙 베이스에는 비만평가를 위하여 추론규칙을 정의하고 있으며, 주로 관련분야 전문가의 지식이나 경험에 의해서 만들어지게 된다. 추론규칙은 IF-THEN 형식의 언어적 규칙으로 구성되며, 비만평가 시스템의 입력변수와 평가요소 및 출력변수를 추론 규칙으로 나타내면 다음과 같다.

Rule : IF  $b$  is  $B_j$  and  $w$  is  $W_i$  THEN  $y$  is  $E_n$

전건부의 변수  $b$ 는 BMI 값을 나타내며,  $w$ 는 허리둘레를 나타낸다.  $B_j$ 는 BMI의 언어변수이며  $B_1$ (저체중),  $B_2$ (정상),  $B_3$ (과체중),  $B_4$ (비만),  $B_5$ (고도비만)로 분류된다.  $W_i$ 는 허리둘레의 언어변수로서  $W_1$ (정상)과  $W_2$ (복부비만)로 분류된다. 또한, 후건부의 출력변수  $E_n$ 은 BMI와 허리둘레의 상관관계에 따른 평가 결과로써  $E_1$ (저체중),  $E_2$ (정상),  $E_3$ (성인병 가능),  $E_4$ (성인병 높음) 및  $E_5$ (성인병 매우 높음)로 분류된다. 따라서, 규칙베이스에 포함되는 비만평가에 대한 추론규칙은 이러한 평가요소들을 조합한 결과이며, 다음과 같이 구성된다.

- $R_1$  : IF  $b_i$  is  $B_1$  and  $w_k$  is  $W_1$  THEN  $y_m$  is  $E_1$
- $R_2$  : IF  $b_i$  is  $B_1$  and  $w_k$  is  $W_2$  THEN  $y_m$  is  $E_2$
- $R_3$  : IF  $b_i$  is  $B_2$  and  $w_k$  is  $W_1$  THEN  $y_m$  is  $E_2$
- $R_4$  : IF  $b_i$  is  $B_2$  and  $w_k$  is  $W_2$  THEN  $y_m$  is  $E_3$
- $R_5$  : IF  $b_i$  is  $B_3$  and  $w_k$  is  $W_1$  THEN  $y_m$  is  $E_3$
- $R_6$  : IF  $b_i$  is  $B_3$  and  $w_k$  is  $W_2$  THEN  $y_m$  is  $E_4$
- $R_7$  : IF  $b_i$  is  $B_4$  and  $w_k$  is  $W_1$  THEN  $y_m$  is  $E_3$
- $R_8$  : IF  $b_i$  is  $B_4$  and  $w_k$  is  $W_2$  THEN  $y_m$  is  $E_5$
- $R_9$  : IF  $b_i$  is  $B_5$  and  $w_k$  is  $W_1$  THEN  $y_m$  is  $E_4$
- $R_{10}$  : IF  $b_i$  is  $B_5$  and  $w_k$  is  $W_2$  THEN  $y_m$  is  $E_5$

### 3.5 추론

Fuzzifier 모듈로부터 BMI와 허리둘레가 입력되면 규칙 베이스에서 대응되는 규칙을 추출한다. 이 규칙은 퍼지 관계로 변환되는데 Mamdani 변환 방법을 사용하였다. 즉, "IF  $b$  is  $B$  and  $w$  is  $W$ , THEN  $y$  is  $E$ " 규칙은 다음과 같이 변환된다.

$$\mu_R(b, w, y) = \mu_B(b) \wedge \mu_W(w) \wedge \mu_E(y) \quad (4)$$

비만평가를 위한 추론규칙은 입력 데이터의 특성상 다중 퍼지규칙이 적용된다.

- $R_1$ : IF  $b_i$  is  $B_1$  and  $w_k$  is  $W_1$  THEN  $y_m$  is  $E_1$
- $R_2$ : IF  $b_i$  is  $B_1$  and  $w_k$  is  $W_2$  THEN  $y_m$  is  $E_2$

⋮

- $R_n$ : IF  $b_i$  is  $B_i$  and  $w_k$  is  $W_i$  THEN  $y_m$  is  $E_n$

결론:  $y$  is  $E$

이러한 다중 퍼지규칙은 다음의 퍼지관계로 변환된다.

$$R = \bigcup_n R_n \quad (5)$$

비만평가 시스템의 추론 결과는 퍼지관계와 수식 (1)의 합성규칙 추론을 이용하며, 다음과 같은

Max-Min 방법에 의하여 구해진다.

$$\mu_O(m_i) = \text{Max} \cdot \text{Min} \\ ((\mu_{b_i}(W_i'), \mu_{w_k}(W_i'), \mu_y(E_m))) \quad (6)$$

### 3.6 비퍼지화 및 비만 평가문장

Inference Engine 모듈에서 추론된 비만 평가 값은 퍼지 값이며, Evaluation 모듈에서 사용되기 위해서 비퍼지화가 필요하다. 본 시스템에서는 수식 (2)의 무게중심법을 비퍼지화의 과정으로 사용하였다. 비퍼지화에 의해 산출된 값을 표 6에 대응시켜 평가 문장을 생성한다. 표 6은 비퍼지화 시킨 결과 값에 사상되는 구간과 각 구간에 정의된 비만 평가문장을 나타낸다.

(표 6) 결과 값에 사상되는 구간 및 평가문장

Fuzzy Quantifier	Numerical Interval	평가문장
$m_1$	$0 \leq x \leq 1$	저체중이며, 다른 임상질환의 가능성이 높다
$m_2$	$2 < x \leq 4$	정상
$m_3$	$4 < x \leq 6$	과체중
$m_4$	$6 < x \leq 8$	비만으로 심혈관질환의 위험도가 있다
$m_5$	$8 < x \leq 10$	고도비만으로 심혈관질환의 위험도가 매우 높다

### 4. 모의실험

BMI Calc 모듈에 입력되는 값이 키=169cm, 체중=71kg, 허리둘레=82cm라고 한다면, BMI=24.9kg/m<sup>2</sup>가 되며, BMI( $b$ )와 허리둘레( $w$ )의 소속함수는 다음과 같다.

$$b_5 = (0.0, 0.0, 0.5, 0.5, 0.0), \\ w_4 = (0.75, 0.25, ),$$

그리고  $b_6$ 는  $B_3, B_4$ 를,  $w_4$ 는  $W_1, W_2$ 인 언어변수를 포함하고 있으므로 Rule Base에서 이에 해당되는 규칙들을 추출하면 다음과 같다.

$R_5$  : IF  $b_5$  is  $B_3$  and  $w_4$  is  $W_1$  THEN  $y_m$  is  $E_3$

$R_6$  : IF  $b_5$  is  $B_3$  and  $w_4$  is  $W_2$  THEN  $y_m$  is  $E_4$

$R_7$  : IF  $b_5$  is  $B_4$  and  $w_4$  is  $W_1$  THEN  $y_m$  is  $E_3$

$R_8$  : IF  $b_5$  is  $B_4$  and  $w_4$  is  $W_2$  THEN  $y_m$  is  $E_5$

표 2에서 정의된 언어변수의 소속함수를 이용하여 추출한 규칙들의 퍼지관계는 다음과 같다.

- $R_5$  : [0.5/3, 1.0/4, 0.5/5]  $\wedge$   
 [1/0, 1/1, 1/2, 0.75/3, 0.5/4, 0.25/5]  $\wedge$   
 [0.5/3, 1/4, 0.5/5]
- $R_6$  : [0.5/3, 1.0/4, 0.5/5]  $\wedge$   
 [0.25/3, 0.5/4, 0.75/5, 1/6, 1/7, 1/8, ]  $\wedge$   
 [0.5/5, 1/6, 0.5/7]
- $R_7$  : [0.5/5, 1.0/6, 0.5/7]  $\wedge$   
 [1/0, 1/1, 1/2, 0.75/3, 0.5/4, 0.25/5]  $\wedge$   
 [0.5/3, 1/4, 0.5/5]
- $R_8$  : [0.5/5, 1.0/6, 0.5/7]  $\wedge$   
 [0.25/3, 0.5/4, 0.75/5, 1/6, 1/7, 1/8]  $\wedge$   
 [0.5/7, 1/8]

각 규칙에 대한 퍼지관계를 Min 연산을 수행하여 다음과 같이 합성시킨다.

- $R_5'$  :  $0.5 \wedge 0.75 \wedge [0.5/3, 1/4, 0.5/5]$   
 = [0.5/3, 0.5/4, 0.5/5]
- $R_6'$  :  $0.5 \wedge 0.25 \wedge [0.5/5, 1/6, 0.5/7]$   
 = [0.25/5, 0.25/6, 0.25/7]
- $R_7'$  :  $0.5 \wedge 0.75 \wedge [0.5/3, 1/4, 0.5/5]$   
 = [0.5/3, 0.5/4, 0.5/5]
- $R_8'$  :  $0.5 \wedge 0.25 \wedge [0.5/7, 1/8]$   
 = [0.25/7, 0.25/8]

합성된 퍼지관계에 대하여 Max 연산을 수행하여 추론결과를 생성하며, 그 결과는 다음과 같다.

$$\mu_E(m_i)' : [0.5/3, 0.5/4, 0.5/5, 0.25/6, 0.25/7, 0.25/8]$$

추론 결과에 대하여 무게중심법을 이용한 비퍼지화를 수행하면 다음과 같다.

$$M = \frac{3 \times 0.5 + 3 \times 0.25}{0.5 + 0.25} = 4.75$$

모의실험 결과인 비퍼지화된 추론 결과는 실수 값으로 나타나며, 표 6에서 4.75는  $4 < x \leq 6$  구간에 포함되므로,  $m_5$ 에 해당하는 평가 문장인 “과체중”이 출력된다. 표 2에서 허리둘레가 82cm이면 복부비만이 없는 상태이며, BMI가 24.9kg/m<sup>2</sup>이면 “과체중”에 해당되므로 퍼지추론에 의한 결과와 비교하면 동일하다는 것을 알 수 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 퍼지추론을 이용하여 비만의 정도를 평가하기 위한 시스템을 구성하였다. 비만평가에는 BMI와 허리둘레를 사용하였으며, 퍼지화를 수행하기 위하여 BMI와 허리둘레의 상관관계를 고려해서 소속함수를 결정하였다. 또한, 저체중부터 고도비만까지의 경우를 만족하는 추론규칙을 만들었으며, 추론결과는 비퍼지화를 통해 서술식 문장으로 변환시켜 평가결과에 대한 이해를 높이도록 하였다.

향후 비만평가의 정확성과 활용성을 높이기 위해서는 BMI와 허리둘레 이외에도, 섭취 칼로리 분석, 질병 유무, 나이에 따른 차등 적용, 운동량 등을 포함시켜야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김영설, “비만증의 진단과 평가,” 대한비만학

- 회지, 제11권 부록 제2호, pp. 3~8, 2002.
- [2] 박용우, "복부비만의 평가," 대한비만학회지, 제10권 제4호, pp. 297~305, 2001.
- [3] 사공걸·김두완·정환목, "웹 상에서의 퍼지추론을 이용한 서술식 평가 시스템," 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 제13권 제1호, pp. 148~155, 2003.
- [4] 임준식, "학술전문가 선정을 위한 지식기반 언어적 접근," 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 제12권 제6호, pp. 549~553, 2002.
- [5] 조정구, "비만과 체중감량," 대한비만학회지, 9권 1호, pp. 48~54, 2000.
- [6] Nehad N. Morsi and Aly A. Fahmy, "On generalized modus ponens with multiple rules and a residuated implication," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 129, No. 2 pp. 267~274, 2002.
- [7] T. Takagi and M. Sugeno, "Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, Vol. 15, pp. 116~132, Jan. 1985.
- [8] L. A. Zadeh, "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning" Memorandum ERL-M 411, Berkeley, 1973.
- [9] H. J. Zimmermann, "Fuzzy set theory and its applications," Kluwer Academic Publishers, 1991.

## ○ 저 자 소 개 ○



### 정 구 범

1983년 인하대학교 전자계산학과 졸업(학사)  
 1989년 부산대학교 산업대학원 전자계산학과 졸업(석사)  
 1998년 대구가톨릭대학교 대학원 전산통계학과 졸업(박사)  
 1997~현재 상주대학교 컴퓨터공학과 교수  
 관심분야 : 퍼지, 신경망, 러프집합, 전자상거래  
 E-mail : jgb@sangju.ac.kr



### 김 두 완

1997년 경남대학교 수학과 졸업(학사)  
 1999년 대구가톨릭대학교 대학원 전산통계학과 졸업(석사)  
 2001년 대구가톨릭대학교 대학원 전산통계학과 수료(박사)  
 관심분야 : 퍼지, 신경망, 러프집합, MVL  
 E-mail : kimdy@amare.ac.kr