

# 회귀분석과 ANFIS를 활용한 면직물의 시각적 질감에 대한 해석 비교 — 온난감을 중심으로\*

## Comparison of the Explanation on Visual Texture of Cotton Textiles using Regression Analysis and ANFIS — on Warmness

주정아\*\*\* · 유효선\*\*

Jeong-Ah Ju\*\*\* · Hyo-Seon Ryu\*\*

서울대학교 의류학과\*\*

Dept. of Clothing & Textiles, Seoul National University

**Abstract** : The regression analysis and Adaptive -Network based Fuzzy-inference system (ANFIS) were applied to the explanation on human's visual texture of cotton fabrics with 7 mechanical properties. The ANFIS uses the structure with fuzzy membership function and neural network. The results obtained by the statistical analysis through the coefficient of correlation and regression analysis showed that subjective texture had a linear relationship with mechanical properties. But It had a relatively low coefficient of determination and was difficult that the statistical analysis explained other relationship with the exception of a lineality and interaction among mechanical properties. Comparing the statistical analysis, the ANFIS was an effective tool to explain human's non-linear perceptions and their interactions. But to apply ANFIS to human's perceptions more effectively, it is necessary to discriminate effective input variables through controlling the properties of samples.

**Key words** : ANFIS, regression analysis, visual texture, mechanical properties

**요약** : 본 연구의 목적은 적응신경망퍼지추론시스템(ANFIS)과 회귀분석을 활용하여 7가지 역학적 특성치를 갖는 면직물의 시각적 질감을 해석하고 두 가지 방법을 비교하는 것이다. ANFIS는 퍼지 소속 함수와 신경망 구조를 갖는 것으로 인간의 비선형적 감성예측에 유용한 도구이다. 상관관계 및 회귀 분석의 통계분석은 7가지 역학적 특성치가 주관적 질감과 선형의 관계가 있음을 나타내었지만 설명력이 높지 않았고, 선형 이외의 관련성과 변수들 간의 상호작용을 표현하기 어려운 문제가 있었다. 통계분석과 비교하여, ANFIS는 변수들 간의 비선형적인 관련성과 상호작용을 가시적으로 보여주는데 설명력 있는 유용한 도구였으나, 입력 변수 중 출력 변수에 영향력이 있는 변수를 변별하지 못하여, 생성된 규칙의 수가 복잡한 문제가 있었다. 따라서 ANFIS의 해석이 단순하고 의미

\* 본 논문은 2004학년도 서울대학교 생활과학연구소의 일부 연구비 지원으로 수행되었음.

† 교신저자 : 주정아(서울대학교 의류학과)

E-mail : jajoo111@naver.com

TEL : 042-483-8307, 019-608-8314

있는 모델을 구성하기 위해서는 영향력 있는 출력 변수를 추출하고 나머지 변수를 유사하게 통제하는 실험 모델의 구성이 필요하다.

**주제어** : 적응신경망기반퍼지추론시스템, 회귀분석, 시각적 질감, 역학적 특성

## 1. 서론

현재는 기능과 성능만을 중요시하는 상품이 아닌 고객의 감성에 맞는 제품의 개발이 필요한 시대이다. 감성은 여러 가지로 정의되지만 일반적으로 자극 또는 자극의 변화에 대해서 감각을 일으키는 기능 또는 대상에 따라 유발되는 감각. 지각을 일으키는 감각 기관의 능력, 또는 감각. 지각에 따라 불러 일으켜지는 심적 체험을 가리킨다. 그러나 이러한 감각은 주관적, 상황 의존적이고 감성의 기술과 표현은 다의적 또는 애매하게 되기 쉽다[2].

그러나 다양한 감성은 객관적 해석이 용이하지 않지만 상품의 개발과 기획의 측면에서 소비자의 감성 예측은 매우 중요한 사항이다. 따라서 현재 의류 소재의 많은 연구들은 소재에서 느끼는 소비자의 주관적 개념을 신뢰성 있는 자료로서 객관화시키려는 노력이 진행되고 있다.

대표적으로 Kawabata(1980)는 KES system의 역학적 특성치를 측정하여 전문위원들의 관능실험에 의해 확립된 기본 태 stiffness, softness, smoothness 와 fullness 등에 대한 값을 회귀분석을 이용하여 나타내었다[12]. 그러나 Kawabata의 연구는 일본의 전문위원을 대상으로 한 결과로서 나라와 문화에 따른 주관적 개념을 보완하고자 우리나라에서도 다양한 연구가 시도되고 있다. 홍경희 등은 여성용 춘추복지의 태에 대한 한국의 전문가와 비전문가 집단을 대상으로 태에 대한 평가차원을 개발하였으며[11], 박성혜는 54종의 마직물의 대상으로 역학적 특성치와 주관적 태와 선호도의 영향을 회귀 분석을 통해 설명하였다[6].

그러나 앞선 연구는 주관적 태와 감성의 해석의 방법으로 주로 중회귀분석 등 통계적 방법이 사용

되어 왔는데, 이런 통계적 방법의 단점은 모델이 선형적이거나 또는 선형 모델을 사용하지 않을 경우 구체적으로 적합한 모델을 설정해 주어야 한다는 문제가 있다[10].

따라서 주관적 감각과 감성의 비선형성과 애매모호성, 그리고 많은 변수가 내재해 있는 문제점을 해결하기 위해 최근에는 퍼지이론이나 신경망이론 등을 이용하여 사람의 지능과 유사하게 판단, 분석하는 연구가 이루어지고 있다. 전봉수와 양철곤의 연구에서는 9가지 원면의 특성치를 통해 면방직사의 강도 예측을 하기 위해 회귀 분석과 신경망을 사용하여 비선형적인 거동에 신경망 분석이 유효하다는 결론을 얻었다[10]. 또한 이정순 등의 연구에서는 폴리우레탄 코팅포의 촉감을 예측하는 방법으로 회귀분석에 의한 것보다 신경망 분석을 사용한 것이 주관적 평가치와 예측치의 상관계수가 더 높게 나타나 신경망의 이용이 효과적이라는 것을 밝히고 있다[7].

신경망 이론은 비선형 입출력 관계 표현에 용이하고 학습능력이 뛰어나 환경이 동적으로 변화하여도 모델링이 가능한 장점이 있다. 그러나 학습상태나 결과를 명시적으로 표현할 수 없는 단점이 있다. 반면, 퍼지이론은 선형 및 비선형 입출력 관계를 표현하는데 장점이 있으나 환경 변화에 대한 적응성이나 학습성이 부족하며, 따라서 두 이론의 상호 보완적 개념으로 퍼지의 규칙과 신경망을 융합한 구조를 가진 시스템의 하나로 알려진 적응 신경망기반 퍼지추론 시스템(ANFIS : Adaptive Network based Fuzzy Inference System)이 인간의 주관적 감각, 감성을 해석, 예측하는 도구로 사용되고 있다[13]. 이창훈 등의 연구에서는 여성추동복 140종을 조사하여 그 중 선호도 상·하위 각각 30종을 추출

하여 그 중 54종을 학습자료로 나머지 6종을 검정 자료로 사용하여 역학적 특성치와 태평가치의 관계를 ANFIS를 적용하여 태 산출식을 만든 결과, 계산치와 실측치에서 높은 상관관계를 보여 ANFIS의 적용이 인간의 감성 예측에 적합한 모델을 구성할 수 있다고 하였다 [8,9]. 그러나 실제적으로 구성 변수들이 주관적 특성에 미치는 영향을 ANFIS를 통해 해석하는 시도는 없어 실제 통계분석과 다른 어떤 결과를 얻었는지에 대한 보고는 없었다.

따라서 본 연구에서는 역학적 특성치 등 객관적 특성이 주관적 질감에 미치는 영향을 해석하는데 있어 선행연구[4]에서 사용한 기존의 상관분석 및 이외의 회귀분석 방법을 통한 해석과 ANFIS를 적용한 방법을 비교하여 해석상의 차이점을 밝히고, 또한 기존의 통계적 분석을 주로 한 연구에서 사용한 실험 설계를 사용하였을 경우 ANFIS의 활용이 가능한지를 분석하여 ANFIS를 의류 소재 감성 분야의 연구에 활용이 가능한지 검토하여 비선형적인 주관적 특성의 해석을 보다 명확하게 하는 데 도움을 주고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 시료

본 실험에서 사용된 시료는 12가지의 면직물로 그 특성은 선행연구[4]와 같다. 색채의 차이에서 오는 감각의 변화를 통제하고자 C.I Reactive Blue 220을 제조장의 처방에 따라 농도를 달리하여 염색하고 색차계 (spectrophotometer CM 3500 D, Minolta, Japan)으로 측색하여 색차( $\Delta E$ )의 값을 계산하였다. 미국 국가 표준국에서 제정된 N.B.S 단위에 의해 육안으로 거의 구별할 수 없는 색차를 '미약하다'의 0.5로 정의하였기 때문에, 시료간 색차를 0.5이하로 조정하였다.

### 2.2 주관적 평가방법

면직물의 주관적 시지각 평가를 조사하기 위해 감각형용사 19개, 감성 형용사 21개, 총 40개의 문항으로 12개의 시료에 대해 100명의 전문가를 대상으로 조사하였다. 조사 방법은 시료 7 X 6cm를 회색 종이에 부착한 후 시각만을 이용하여 문항에 응답하도록 하였다.

### 2.3 역학적 특성치의 평가

시료의 역학적 특성치는 KES-FB시험기를 사용하여 굽힘, 표면 특성, 두께, 무게의 4개 항목에 대해 7개 특성치를 측정하였고, 시료의 크기는 20\*20cm로 하였으며 측정 방법은 선행연구[12]에 따랐다.

표 1. Description of mechanical properties.

Symbol		Description	Unit
Bending	B	Bending rigidity	gf · cm/cm
	2HB	Hysteresis	gf · cm/cm
Surface	MIU	Coefficient of friction	-
	MMD	Mean deviation of MIU	-
	SMD	Geometrical roughness	micron

### 2.4 상관관계 및 회귀분석

본 연구에서는 시각적 질감과 역학적 특성치의 영향을 분석하고자 사용된 설문항목 40개 중에서 질감형용사 19개에 대해 SPSS 10.0의 프로그램을 사용하여 요인 분석을 실시하였다. 이때 요인의 추출은 고유값 1 이상인 것을 기준으로 하였고 varimax 직교회전을 실시하였다. 이렇게 추출된 질감 요인 3개와 7가지 역학적 특성치와의 관련성을 보기 위해 Pearson의 상관관계 분석과 선형을 가정한 단순 및 다중회귀분석을 실시하였다. 추출된 6개의 질감과 감성 요인값에 대한 대푯값은 같은 요인에 속한 형용사 문항의 평균값으로 계산하였다.

2.5 적응 신경망 기반 퍼지 추론 시스템(ANFIS)

2.5.1 ANFIS의 구성

ANFIS는 기본적인 모델로 퍼지 추론 시스템을 사용하지만 퍼지 규칙의 구조와 퍼지추론의 계산 과정의 일부를 신경망화한 것이다(8,9).

그림 1은 두 개의 입력 변수를 갖는 ANFIS의 퍼지모델과 구조를 나타낸 것이다. 여기에서 x, y값은 입력 변수를, f는 출력 변수를 의미한다. 이 모델에서 퍼지의 추론은 가중평균법을 사용하였고 퍼지규칙의 후반부는 아래의 규칙과 같이 선형식으로 된 퍼지 if-then 규칙을 갖는다고 가정하였다.

Rule 1

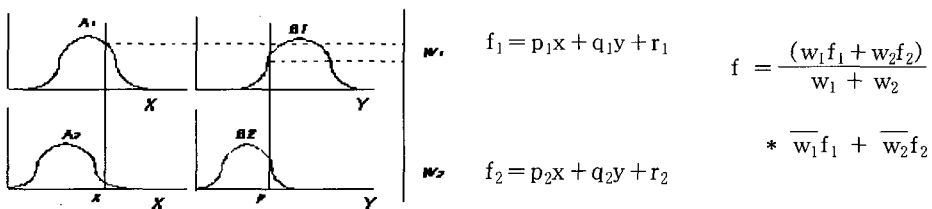
: If x is  $A_1$  and y is  $B_1$ ,  
then  $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

Rule 2

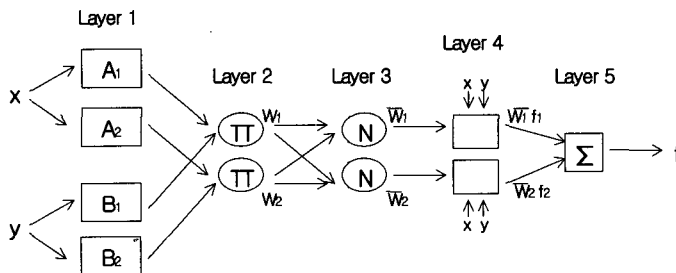
: If x is  $A_2$  and y is  $B_2$ ,  
then  $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

아래 그림 1의 (a)는 sugeno type의 퍼지 모델이

고 (b)는 ANFIS의 구조를 나타낸 것이다. 여기서 입력변수는 x,y로 출력은 f로 표시하였고 후반부  $f_i$ 은 선형식으로 표현된다. Layer1은 퍼지 소속함수와 관련한 언어변수로 입력과 입력변수의 유사도를 나타내며 layer 2는 입력된 규칙의 적합도를 나타내며 layer 3은 각 규칙에서 얻은 적합도를 전체 적합도에 대한 가중치를 계산하고 layer 4는 각 규칙으로부터의 결과에 가중치를 곱하게 된다. 마지막으로 layer 5에서는 각 규칙에서 얻은 추론의 결과의 합으로 입력에 대한 최종 결과치를 얻게 된다. 이렇게 입력 변수를 퍼지 소속 함수로 표현한다는 것은 기존 퍼지 모델에서 사용한 것과 같으나 부분적으로 신경망 이론이 활용되는데, 적응 신경망의 적용은 layer 1에서 소속함수의 파라미터와 layer 4에서 후반부 선형식의 파라미터를 오차 역전파 학습법 (error back-propagation)으로 조정하는데 사용한다. 이것은 출력값과 기댓값의 비교 후 차이를 줄이도록 연결강도를 조절하고 다시 반복하는 작업을 정지 규칙에 도달할 때까지 반복하는 학습법을 말한다.



(a) Fuzzy Model of 2 inputs and 1 output



(b) Structure of ANFIS

그림 1. Fuzzy Model and Structure of ANFIS

## 2.5.2 ANFIS의 실행

ANFIS는 Matlab 6.1 프로그램을 사용하여 실행하였다. 퍼지 뉴럴 모델 생성시 클러스터링을 하였고 멤버십 함수의 종류(membership function type)은 gaussian type, 학습차수는 5. 퍼지멤버십 함수의 폭은 0.5이었다.

본 연구에서 모델 생성을 위해 사용한 ANFIS의 퍼지 추론에 필요한 연산의 속성은 다음과 같다.

표 2. 퍼지추론에 필요한 연산의 속성

type	sugeno(TSK)
and	product
or	propabilistic or
defuzzification	weighted average
implication	min
aggregation	max

## 3. 결과 및 논의

본 논문에서 분석한 시각적 질감은 강경감, 온난감, 평활감의 3가지 요인으로 분석되었고 요인 분석 결과는 선행연구[4]와 같다. 기존에 촉각을 사용한 질감의 분석에서 신축성, 수분특성 등이 중요한 요인으로 도출되었으나 시각만을 사용한 질감 평가에서는 제외되어 나타났다. 따라서 선행연구[6]에서 KES-F의 역학적 특성치 중 도출된 3가지 질감 요인과 상관이 가장 높은 것으로 나타난 무게, 두께 및 표면특성의 MIU, MMD, SMD와 굽힘 특성의 B, 2HB의 7가지 특성을 측정하였고 각각 시료에 대한 값은 표 3과 같다.

본 연구에서는 7가지 역학적 특성치가 이들 요인에 영향을 미치는 경향을 파악하여 해석하고자 하며, 이때 상관 및 회귀분석의 통계적 방법과 ANFIS를 각각 활용한 경우와 두 가지 방법을 보완적으로 사용하였을 경우를 비교하고자 한다.

## 3.1 상관 및 회귀 분석

### 3.1.1 Pearson의 상관관계 분석

실험된 7개 역학적 특성치와 시지각 요인에 대한 Pearson의 상관 분석을 실시한 결과 표 3과 같은 결과를 얻었다. 이 결과 감성 요인에 가까운 화려함, 클래식, 캐주얼에 비해 질감 요인인 강경감, 온난감, 평활감이 대부분의 역학적 특성치와 높은 상관을 나타내었다. 특히 온난감은 다른 요인에 비해 높은 상관을 보였고 특히 MIU와 두께에 대한 상관이 높아 마찰계수가 크고 두꺼울수록 온난함이 크다고 해석할 수 있다.

그러나 Pearson의 상관계수는 독립변수와 종속

표 3. Mechanical properties of samples

	MIU	MMD	SMD	B	2HB	Thickness (mm)	Weight (g/m <sup>2</sup> )
1	0.13	0.017	8.10	0.38	0.49	0.45	283.7
2	0.15	0.014	3.94	0.07	0.12	0.53	204.4
3	0.16	0.023	14.08	0.35	0.54	0.73	288.1
4	0.17	0.059	14.86	0.08	0.17	0.71	235.5
5	0.35	0.024	11.43	0.19	0.30	1.76	308.7
6	0.17	0.025	7.35	0.81	1.07	1.04	427.2
7	0.19	0.036	8.84	0.21	0.34	0.69	242.9
8	0.15	0.033	9.06	0.15	0.22	0.37	205.1
9	0.14	0.018	4.23	0.08	0.08	0.21	124.6
10	0.19	0.024	7.56	0.03	0.07	0.36	118.6
11	0.32	0.018	8.81	0.16	0.35	0.91	299.1
12	0.31	0.016	11.48	0.04	0.21	0.68	219.0

표 4. Correlation Coefficients of visual texture and mechanical properties

	강경감	온난감	평활감
두께	-0.017	0.499**	-0.303**
무게	0.280 **	0.351**	-0.214**
B	-0.122**	-0.132**	0.011
2HB	0.008	0.075	-0.073
MIU	-0.265**	0.614**	-0.162**
MMD	0.187**	-0.141**	-0.383**
SMD	0.267**	0.314**	-0.422**

\* p < 0.1, \*\*p < 0.01

변수 사이의 직선적 상관만을 표현하는 제한적인 분석으로 일정한 패턴을 가지고 있으나 선형성이 약한 것은 그 관계의 정도를 표현할 수 없는 한계가 있다.

### 3.1.2 회귀분석

통계학에서 상관관계 해석 이외에 일반적으로 사용되고 있는 방법으로 관능량과 물리량의 관계를 수식으로 나타내기 위한 것이 회귀분석이다 [1]. 회귀분석은 독립변수 하나와 종속변수 하나 사이의 단순한 관계를 보는 단순회귀와 두 개 이상의 독립변수의 영향을 보는 다중회귀 분석이 대표적이다. 이때 선형 이외의 관련성을 보기 위해 비선형성을 가정하여 2차, 3차 및 로그항을 사용하여 회귀분석한 결과, 선형을 사용한 것보다 설명력이 높지 않았기 때문에 1차식을 사용하여 단순 및 다중회귀 분석을 실시하였다.

표 4와 5는 앞서 상관관계 분석 결과, 상관이 높게 나타난 두께와 MIU에 대한 온난감 변수 사이의 단순회귀 및 다중회귀 분석을 실시한 결과를 나타낸 것이고, 실험에서 조사된 7가지 역학적 특성치를 모두 변수로 사용하여 다중회귀 분석한 결과는 표 6과 같다.

MIU와 두께를 온난감에 대해 단순회귀 분석한 결과, 두 변수가 온난감에 대해 선형성이 가장 강한 변수임에도 결정계수가 0.280과 0.377로 설명력이 크지 않았다. 두 변수를 중회귀 분석한 경우에는 결정계수가 0.396으로 MIU를 단순회귀 한 경우에 비해 크게 높아지지 않았다. 그러나 표 6의 결과에서는 7가지 변수에 대해 단계별 입력 방법을 선택하여 다중회귀 분석한 결과, 최종 MIU, 2HB, B의 3가지 변수를 포함한 모형으로, 결정계수 0.494로 나타났다. 즉 변수의 수가 증가할 경우 다소 설명력이 증가하는 회귀식을 얻을 수 있었다.

그러나 회귀 분석을 통해서 변수 각각의 주 효과에 대한 관련식을 얻을 수 있으나 두 가지 이상의 변수들의 상호작용을 설명하는 것이 어렵고 또한

관련된 식에 의해 가시적인 형태로 이해하기 어려운 단점이 있다.

표 5. Simple Regression analysis of MIU or thickness on Warmness

모형	독립변수	비표준화계수		표준화계수	R2
		B	표준오차	베타	
1	상수	-1.731	0.099		0.377
	MIU	8.523	0.461	0.614	
2	상수	-0.951	0.073		0.280
	두께	1.349	0.091	0.529	

표 6. Multiple Regression analysis of thickness and MIU on Warmness

독립변수	비표준화계수		표준화계수	R2
	B	표준오차	베타	
상수	-1.697	0.098		0.396
MIU	6.634	0.636	0.478	
두께	0.495	0.117	0.194	

표 7. Step-wise Regression of Warmness

모형	독립변수	비표준화계수		표준화계수	R2
		B	표준오차	베타	
1	상수	-1.731	0.099		0.377
	MIU	8.523	0.461	0.614	
2	상수	-2.162	0.103		0.461
	MIU	8.854	0.431	0.637	
	2HB	1.099	0.117	0.291	
3	상수	-1.922	0.107		0.494
	MIU	6.350	0.584	0.457	
	2HB	6.114	0.827	1.618	
	B	-6.487	1.060	-1.366	

## 3.2 ANFIS에 의한 해석

### 3.2.1 규칙의 생성

ANFIS에 의한 주관적 질감의 해석을 위해 6개의 주관적 요인 중 7가지 역학적 특성치와 상관이 가장 높게 나타난 온난감 요인을 중심으로 분석하여 그림 2와 같은 12개의 규칙을 얻었다.

각각의 규칙에서 퍼지 멤버쉽 함수 그래프는 입

력 변수와 입력치의 유사 정도를 표현하는 것이다. 예를 들어 첫 번째 규칙은 MIU값은 작고 MMD와 SMD는 중간정도이고 나머지 값은 중간 이하 정도의 값을 가지는 규칙을 의미하며, 전체적으로 12개의 규칙이 있음을 의미한다. 그래프에서 색이 칠해져 있는 부분은 입력 변수가 현재 지정된 값을 가질 때 각각의 소속 함수가 영향을 미치는 정도로 예를 들어 MMD값이 현재 0.239의 중간 값을 가질 때 4,5,6,9,11,12에 해당하는 규칙이 각각 유색 부분의 면적에 해당하는 정도의 영향을 미치고 있음을 의미한다.

그러나 12개 규칙의 값을 살펴보면 각각의 규칙이 입력된 12개의 시료의 값을 그대로 반영하고 있음을 알 수 있는데, 예를 들어 첫 번째 규칙은 첫 번째 시료의 값이 그대로 반영되어 시료의 수와 규칙의 수가 일치하는 문제가 있다. 이것은 54개의 시료를 사용하여 규칙을 생성한 이창훈 등의 연구에서도 입력변수가 17개 이상으로, 비교적 많은 시료를 사용했음에도 불구하고 47~50개의 퍼지 규칙이 생성되었다[8].

본 연구에서는 7가지 입력변수가 사용되었는데, 각각 변수의 주효과와 변수들 간에 조합된 경우의 수까지 고려해야 할 변수들의 수가 매우 많음에도 불구하고 시료의 수는 제한적이기 때문에 규칙 생성 시 시료의 값들을 모두 반영한 결과이다. 위와 같이 시료의 경우 수를 그대로 반영하여 생성된 모델은 사용된 시료 범위내의 값에 대한 오차값은 0에 가깝고 설명력은 거의 1에 가까울 정도로 매우 우수하게 나타났으나, 실제로 인간의 감성이 이와 같이 많은 규칙의 경우수를 고려하여 판단하는 것이 불가능하고, 소재의 감성을 예측하여 기획할 경우에도 규칙의 수가 너무 많은 경우 해석이 복잡한 문제가 있으므로 ANFIS를 적용하여 단순화된 규칙을 얻기 위해서는 감성에 영향을 미치는 변수를 변별하여 입력 변수로 사용하는 것이 필요하다.

입력 변수를 단순화하기 위해 통계 방법에서는 상관 분석 및 회귀분석을 통해 직선적 관계가 명확

한 변수에 대한 변별이 가능하나, ANFIS는 입력된 모든 변수를 의미 있는 것으로 고려하여 해석하므로 이와 같이 복잡한 모델이 생성된다. 다만 생성된 규칙에 대해 각각의 변수 값을 변화시키면서 최종적으로 얻어지는 주관적 감각 요인의 값의 변화를 살펴, 변화의 정도가 적은 변수는 그 영향력이 적고 값의 변화가 큰 변수가 영향력이 있다고 판단하는 차선적 방법이 사용될 수 있다.

표 7은 ANFIS의 질감 예측 정도를 확인하기 위해 12가지 시료 중 10개의 시료 자료를 사용하여 모델을 구성한 후, 나머지 2가지 시료를 검정 시료로 하여 온난감에 대한 값을 계산하고 또한 앞선 회귀분석을 통해 계산된 값을 실측치와 비교한 결과이다.

ANFIS에 의한 시료 1과 2의 온난감에 대한 계산값은 각각 4.3과 4.4였으며, 실측값이 4.12와 4.20으로 계산 값이 약간 높게 나타났다. 온난감에 대한 형성사의 평균값을 이용하여 회귀 분석한 결과, 계산된 값은 각각 4.42과 4.53으로 ANFIS의 결과와 비슷한 값을 얻었으나 실측값과의 차이는 다소 크게 나타났다.

### 3.2.2 상호작용의 해석

ANFIS는 판단의 근거가 되는 규칙을 생성함과 동시에, 입력 변수와 출력 변수의 관계를 두 변수 사이의 상호작용에 의한 영향까지 가지적으로 보여줄 수 있는 장점이 있다.

그림 3의 두 가지 그림은 그림 2에서 생성된 규칙에 의해 설명되는 것으로 변수들 중에서 앞선 통계분석 결과, 온난감과 관련이 높은 것으로 나타난 변수인 무게, 두께, MIU에 대해 각각 두께와 무게, 그리고 두께와 MIU의 상호 영향 패턴을 가지적으로 표시한 것이다. (a)번은 무게와 두께가 온난감에 미치는 영향을 나타낸 것으로 무게가 증가할수록 온난감은 거의 직선적으로 변화하고 있지만 두께에 따라서는 변화가 없는 것을 볼 수 있다. (b)번은 두께와 MIU의 영향으로 앞선 상관 분석과 회귀 분석에서는 양적인 선형 관련성이 있는 것으로 설명하

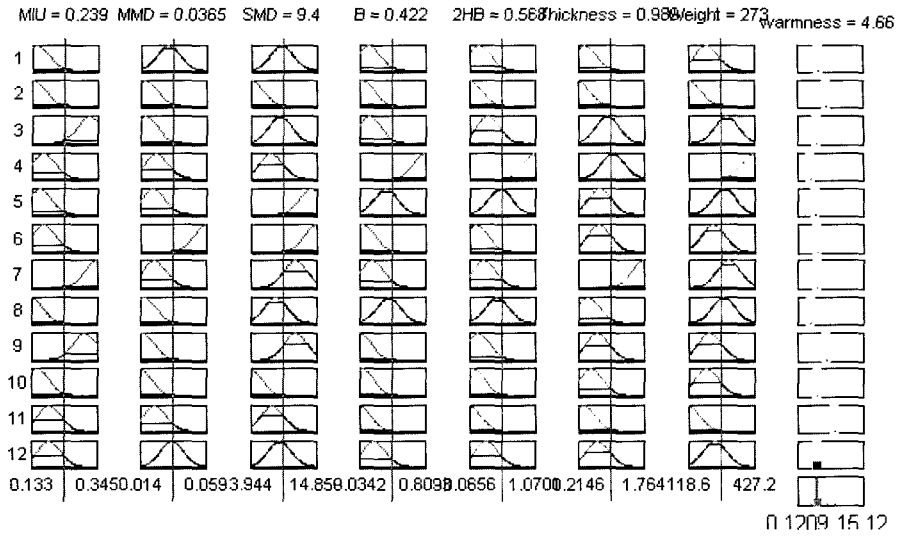


그림 2. Fuzzy rule of warmness (시스템모델오차 SDE= 3.91e<sup>-5</sup>, R=1.00)

(Input : MIU, MMD, SMD, B, 2HB, Thickness and Weight / Output : Warmness)

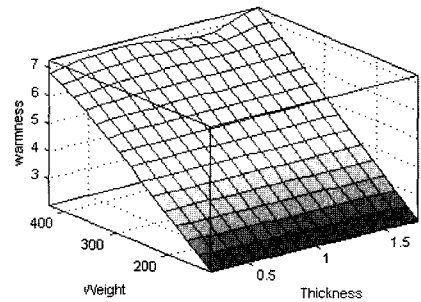
표 9. Calculation of Warmness by ANFIS and regression analysis

	시료 1		시료 2	
	계산값	실측치와 차이	계산값	실측치와 차이
ANFIS	4.30	0.18	4.40	0.20
회귀분석	4.42	0.30	4.53	0.33
실측치	4.12		4.20	

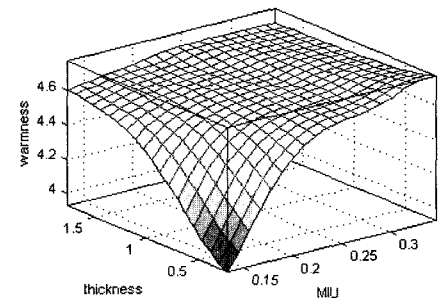
고 있으며 ANFIS의 분석도 같은 결과이나 일정값 이상에서는 값의 변화가 거의 없는 비선형적 관계를 보여준다. 즉, 두께와 MIU값의 증가에 따라 온난감이 직선적으로 증가하나 두께가 두꺼운 경우 MIU의 변화에 따라 온난감의 영향이 적으며, MIU 값이 큰 시료의 경우도 두께 변화에 따라 온난감에 영향이 거의 없는 것으로 해석할 수 있다.

또한 (a)와 (b)의 온난감 값의 범위를 비교하면 (a)에 있어서 무게 변화에 따라 온난감의 값이 2에서 7에 가까운 값까지 변화하나 (b)에서는 온난감의 범위가 4에서 5이하의 적은 변화만을 나타내는 것으로 보아 MIU와 두께에 비해 무게가 영향을 크

게 미치는 것으로 추측할 수 있다.



(a) weight and thickness



(b) MIU and thickness

그림 3. Relationship between two input data



### 3.3 통계 및 ANFIS의 상호 보완에 따른 해석 방법

현재까지 주관적 감각을 해석하는 통계적 방법과 ANFIS에 대해 각각 살펴보았다. 그러나 두 가지 방법은 해석의 차이를 보였으며 활용 시 몇 가지 문제점이 도출되었다.

우선 통계적 방법은 상관분석을 통해 종속 변수에 영향을 미치는 변수를 변별하고 회귀분석을 통해 선형의 관련식을 얻었으나, 설명력이 비교적 낮았고 오로지 선형의 관련성만을 의미하며 변수들 간의 상호작용에 대한 해석이 어려웠다.

ANFIS를 활용한 방법은 7가지 변수에 대한 각각의 영향력이 변별되지 않았고 모두 의미 있는 변수로 인식하여 규칙 생성 시 사용된 시료 수와 동일한 규칙 수를 생성하여 영향력과 관련성을 해석하고 단순화하는데 문제가 나타났다.

따라서 해석이 단순하고 의미 있는 규칙을 얻기 위해서는 입력 변수를 축소하거나 또는 시료의 수를 증가시키는 방법을 사용해야 하는데, 후자의 경우는 실험의 소요 시간이나 노력 등을 고려했을 때 불가능하며 따라서 전자의 방법을 선택하는 것이 타당하겠다. 이를 위해 ANFIS를 활용하기 전 통계 방법을 통해 특정 감각에 영향력 있는 변수를 추출하고, 추출된 변수에 대해 ANFIS를 적용하여 관련성을 해석할 경우 단순하면서 의미 있는 규칙이 생성될 수 있을 것이다.

그림 4는 상관관계 분석 시 온난감에 가장 영향을 미치는 것으로 나타난 두께, MIU 변수를 선택하여 ANFIS를 실행한 결과 생성된 퍼지 규칙으로 4개로 정리되어 앞서 7개의 입력변수를 모두 사용한 경우에 비해 각각의 규칙을 해석하는 것이 용이하다. 그러나 앞서 7개의 역학적 특성치를 모두 입력 변수로 한 경우에 비해 시스템의 표준 오차 값이 0.2095, R값이 0.980으로 설명력이 다소 감소하였다.

그림 5는 사용된 두 가지 입력변수가 온난감에 미치는 상호 작용을 패턴으로 보여준다. 이것은 앞서 7가지 역학적 특성치를 입력 변수로 사용한 경

우 표시된 그림3의 (b)번과 유사한 양상이나 두께가 두꺼운 경우 MIU의 증가에 의해 오히려 온난감이 감소하는 패턴을 나타낸다. 상관관계 및 회귀분석의 결과와 비교하면 MIU와 두께가 단순히 직선의 상관이 높다는 결론 이외에 비선형성 및 상호작용의 패턴을 볼 수 있다는 장점이 있다.

그러나 통계분석을 통해 영향력있는 변수를 추출한 것은 선형을 가정한 것으로 선형이 아닌 다른 형태의 관련성이 있는 변수는 상관이 적다고 판단되어 제거되는 분석상의 문제가 있다.

또한 본 연구에서 사용된 시료는 매우 다양한 특성을 가진 것으로, 여기에서 변수로 사용한 2가지 역학적 특성치 이외의 모든 독립 변수가 동일하게 통제된 시료가 아니므로 온난감에 영향을 미치는 변수가 더 다양하게 존재할 수 있다. 즉 온난감의 값이 오로지 MIU와 두께의 변화에 의한 것이 아니고 이외의 변수들에 의한 영향이 존재하기 때문에 거기에 대한 고려가 없을 경우 완전하지 않은 규칙이 생성되는 근본적 문제를 지니고 있다. 또한 ANFIS를 통해 영향력 있는 변수의 변별이 어려우므로 제한된 시료의 수를 고려할 경우 입력 변수로 사용되는 특성만을 변화시키고 나머지 변수는 같은 조건으로 통제하여 시료를 제작하고 분석하는 것이 주관적 특성의 해석에 가치 있는 모델 구성을 위해 필요할 것이다.

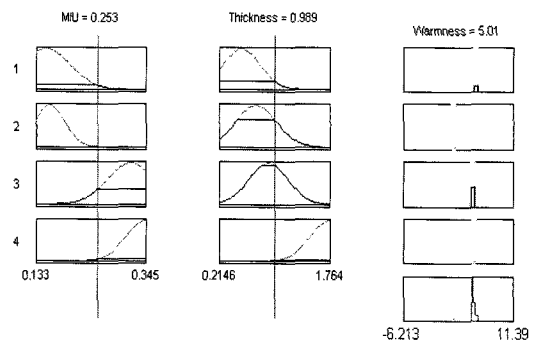


그림 4. Fuzzy rule of warmth on MIU and thickness

(시스템모델오차 SDE= 0.2095, R=0.9809)

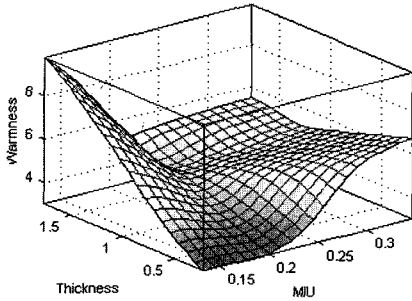


그림 5. Relationship between MIU and Thickness on Warmness

### 4. 결론

면직물의 구성특성이 시지각의 요인 중 온난감에 대한 영향을 통계적 방법과 ANFIS를 적용하여 해석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

통계적 방법 중 선형성이 가정된 Pearson의 상관관계 분석 결과, 온난감에 선형적인 영향력을 갖는 역학적 특성치를 변별할 수 있다. 또한 단순회귀 및 다중회귀 분석을 실시한 결과, 역학적 특성치와 온난감에 대한 선형의 관계식을 얻었으나 설명력이 비교적 높지 않았다.

ANFIS를 사용한 퍼지 모델을 구성하여 역학적 특성치와 온난감의 주관적 특성의 영향을 파악한 결과, 선형 회귀분석과는 달리 설명력이 비교적 높고, 비선형적인 관계와 입력 변수들간의 상호작용 패턴을 가시적으로 나타내주었다. 그러나 입력 변수로 사용한 역학적 특성치를 모두 의미 있는 변수로 인식하여 온난감에 영향력이 있는 변수들을 변별하지 못하고 모델을 구성하기 때문에, 사용된 시료수와 동일한 규칙의 수를 생성하였다. 이것은 사용된 입력 변수인 역학적 특성치의 수에 비해 모델을 단순화하기 위한 시료의 경우수가 매우 부족하기 때문이다.

통계적 방법과 ANFIS를 서로 상호 보완하는 방법으로, 우선 통계 분석을 통해 영향력 있는 변수를 추출하고 이들 변수에 대해 ANFIS를 실행한 결과 좀 더 단순한 모델의 생성이 가능하였으나 입력 변

수의 수가 많은 경우에 비해 다소 설명력은 떨어졌으며, 변수의 변별을 위해 사용한 상관 관계 분석이 선형을 가정한 것으로, 선형 이외의 관련성을 갖는 변수를 제거되는 문제가 있다.

따라서 의류 소재 감성 분야의 연구에 ANFIS를 적용하여 변수들 간의 관련성을 파악하기 위해서는, 연구하고자 하는 변수 이외의 모든 조건이 동일하게 통제된 상태에서 연구 변수만을 변화시킨 시료를 사용하는 것이 조사의 용이성과 가치있는 모델 구성에 필요할 것이다.

### 참고문헌

- [1] 권오경, 김희은, 나영주 (1999). 패션과 감성과학, 교문사. 서울.
- [2] 오군석, 김판구 (2002). 감성 데이터 해석. 홍릉과학출판사. 서울.
- [3] 김춘정 (1999), 건직물의 선호감성과 관련 물질변인 연구 - 넥타이용 직물을 중심으로-, 인하대학교 대학원 석사학위논문
- [4] 노의경, 유효선 (2004). 면직물의 구성특성이 시지각에 미치는 영향과 이미지 스케일에 관한 연구. 한국의류학회지, 28(8), 게재예정
- [5] 문명희, 최석철, 박정환 (2002). 한복지 태의 계량화(2)-지능시스템에 의한 태의 판정-. 한국섬유공학회지, 39(4), 493-502.
- [6] 박성혜 (1999), 마직물의 태에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- [7] 이정순, 신혜원 (2002). 신경망이론을 이용한 폴리우레탄 코팅포 촉감의 예측. 한국의류학회지, 26(1), 152-159
- [8] 이창훈, 유효선, 김은애, 김중준, 이미식, 오경화, 유신정 (2002). ANFIS를 이용한 의류소재의 태 분류. 한국섬유공학회, 한국의류학회, 한국염색가공학회 공동 학술대회.
- [9] 이창훈 (2003). ANFIS를 이용한 태 분류. 의류소재의 태 표준화연구진행보고회.
- [10] 전봉수, 양철곤 (1997). 회귀분석과 신경망을 이

용한 면방적사의 강도 예측. 한국섬유공학회지, 34(11), 731~738.

- [11] 홍경희, 김재숙, 박춘순, 박길순, 이영선, 김재임 (1994). 여성복춘추복지의 태에 관한 연구(제1보) - 태의 주관적 평가척도 개발을 중심으로 -. 한국 의류학회지, 18(3), 327~338.

[12] Kawabata, S. (1980). The Standardization and analysis of hand evaluation (2nd ed). The Textile Machinery Society of Japan.

[13] Seniz Ertugrul, Nuray Ucar. (2000). Predicting bursting strength of cotton plain knitted fabrics using intelligent techniques, Textiles Research Journal, 70(1), 845~851