

객체의 상태 변화를 고려한 퍼지-신경망 추론 시스템

A Study on Fuzzy-Neural Network Reasoning System Considering the State Transition of the Object

김 두 완, 박 미 경, 정 환 목

대구효성가톨릭대학교 전자정보 공학부

Kim Doo Ywan, Park Mee Kyeong, Chung Hwan Mook

Faculty of Electronics & Information Engineering,

Catholic University of Taeguhyosung

요 약

본 논문에서는 과거의 상황 및 그 변화 과정의 상태전이를 고려한 퍼지-신경망 추론 시스템을 제안한다. 각 객체의 과거의 상태 전이 관계를 퍼지 시계열에 의한 퍼지 관계식을 도입하여 현재 상태를 추론하고, 퍼지-신경망을 이용하여 다음 상태를 추론한다.

1. 서론

인간의 사고과정은 불완전한 정보의 획득과 그 조작, 근사적 추론, 복잡한 계산의 평가, 불완전한 상황에서의 판단과 사고상황 등에 의해 특징 지을수 있다. 또한 인간의 사고 과정은 각 객체의 현재 상황에서 결론을 도출하는 것이 아니라, 과거의 상황 및 그 변화 과정에 의해, 현재 상황과 과거 상황의 인과관계를 고려하여 결론을 도출하게 된다. 그러나 기존의 연구에서는 그와 같은 과거의 상황을 반영하여 추론에 적용한 연구는 많지 않다[1]. 퍼지 추론과 신경망이란 인간의 지식과 생체의 구조를 모방한 새로운 정보처리 방법이고, 비선형인 입출력 관계를 용이하게 처리할 수 있다. 그러나 최근 신경망과 퍼지이론의 연구가 활성화됨에 따라 양 기술의 장점을 융합시킨 새로운 기술의 연구가 활발하게 이루어져 왔고, 이들 연구의 거의 대부분은 신경망의 학습기능, 비선형성의 특성이 퍼지 시스템에

반영되어지고 있다.

본 논문에서는, 과거의 상황 및 그 변화 과정의 상태 전이를 고려하여 퍼지 시계열을 이용하여 추론하는 퍼지-신경망 추론 시스템(FNRS;Fuzzy Neural Network Reasoning System)을 제안한다.

2. 퍼지-신경망 시스템

2.1 퍼지 추론과 신경망의 융합

퍼지 추론은 인간의 애매한 사고를 컴퓨터로 처리할 수 있도록 하고, 또한 컴퓨터 내의 처리를 인간이 이해하기 쉽게 한다. 한편, 신경망은 학습기능을 가지며, 임의의 비선형 함수의 근사가 가능하다. 신경망에 의해 퍼지추론을 실현하는 최대의 장점은, 퍼지 규칙을 자동 획득할 수 있다는 점에 있다.

여기서는 신경망에 의한 퍼지 규칙의 실현에 중점을 두어, 그 방법론과 응용사례로 결론 연령층의 인구수의 파라미터 설정을 위한

시계열 모델링과 예측시스템에 의한 결혼 연령층의 인구수에 대한 성분비 문제에 관하여 적용한다. 신경망에 의해, 퍼지 규칙을 실현하는 연구는

첫째, 신경망에 바람직한 입출력관계를 학습시켜, 학습 후의 신경망에서 퍼지 추론 규칙을 추출한다. 둘째, 단일 신경망의 결합을 연구하여, 퍼지 추론의 기능을 보존한다. 셋째, 복수의 신경망에 의해 퍼지를 실현시키는 경우로 나눌 수 있다.

여기서는 첫 번째 방법에 의해, 결혼 연령층의 인구수에 적용하는 것을 시도한다. 먼저 퍼지 추론 및 신경망의 융합에 대하여 검토한다.

퍼지 추론은 퍼지 집합으로 나타난 복수의 추론 규칙에서 목적으로 하는 추론 결과를 얻는 것이며, 그 결과는 퍼지 집합, 혹은 복수값으로 나타난다. 이 추론 규칙은 추론하기 위한 대상에 대한 지식을 나타내고 있다. 따라서 적절한 추론을 하기 위한 추론기를 구성하는 데에는 대상에 대한 지식표현을 어떻게 적절히 표현하는가가 문제가 된다.

2.2 신경망에 의한 학습

인간의 뇌를 인공적으로 모의한 수리모델인 신경망은 입출력 패턴을 네트워크에 반복 제시하여 자동적으로 입출력간의 관계를 자기조직화적으로 구축할 수 있다. 즉, 신경망은 학습능력을 가지고 있으며, 이 능력을 이용하여 주어진 입출력 패턴(데이터)에서 지식을 획득할 수 있다. 더욱이, 파라미터들의 오차역전파 학습형 신경망을 전환하여 패턴분류, 패턴인식이나 예측문제에 있어 많은 연구사례가 소개되고 있다. 신경망은 자기학습기능에 의해, 모델의 환경이 동적으로 변화하는 경우라도 비선형적인 입출력 관계를 동정할 수 있다는 특징을 가지고 있지만, 학습기능이나 결과를 명시적으로 표현하는 것이 불가능한 문제가 있다. 그러나, 여기서 시물레이션·시스템의 구축에 있어 시계열적인 각종 파라미터의 설정은 신경망에 의한 학습에 의해 계산하는 것이 요구된다.

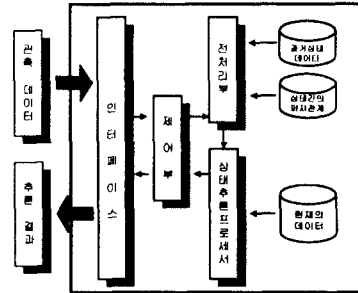
3. 상태 전이에 의한 퍼지-신경망 추론 시스템

3.1 FNRS의 구성

퍼지-신경망 추론 시스템(FNRS:Fuzzy Neural Network Reasoning System)의 구성

을 [그림 1]에 나타낸다.

FNRS는 시계열적 데이터 처리방법을 이용하여, 특징에 따라 주어진 데이터를 그 상태의 전이에 할당하여 시계열적인 데이터의 시간적 변화를 상태의 전이로 사상시켜 추론을 한다.



[그림 1] FNRS의 구성

3.2 퍼지 시계열

퍼지 시계열은 기존 데이터가 언어값인 예측 문제를 다룰 수 있는 개념이다.

정의 1

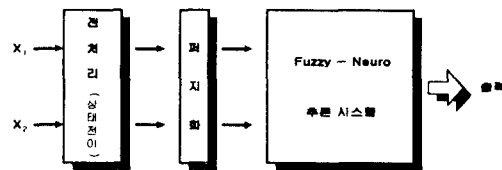
R 의 부분집합 $Y(t) (t = \dots, 0, 1, 2, \dots)$ 는 퍼지 집합 $f_i(t) (i=1, 2, \dots)$ 로 나타내고 $F(t)$ 가 $f_i(t)$ 의 전체집합이다. 따라서 $F(t)$ 는 $Y(t)$ 상의 퍼지 시계열이라 한다.

정의 2

$F(t)$ 를 퍼지 시계열이라 하고, 임의의 t 에 대하여 $F(t) = F(t-1)$ 와 $F(t)$ 가 유한 원소를 갖는다면, $F(t)$ 는 시불변 퍼지 시계열이라 정의한다.

3.3 퍼지-신경망 추론 과정

시계열적으로 주어진 데이터에 퍼지 시계열에 의한 퍼지 관계를 이용한 추론 과정을 [그림 2]에 나타낸다.



[그림 2] 퍼지-신경망 추론 과정

3.3.1 소속함수 생성

전체 집합 U 는 각 언어변수에 대한 구간값

$u_1=[d_1, d_2], u_2=[d_2, d_3], u_3=[d_3, d_4], u_4=[d_4, d_5], u_5=[d_5, d_6], u_6=[d_6, d_7]$ 와 같이 동일한 구간으로 나눈다.

다음으로 전체집합 U 에 퍼지 집합을 정의한다. A_1, A_2, \dots, A_k 의 언어 변수 소속도를 다음과 같이 표현한다.

$$\begin{aligned} A_1 &= \{ u_1/1, u_2/0.5, u_3/0, u_4/0, \dots, u_k/0 \}, \\ A_2 &= \{ u_1/0.5, u_2/1, u_3/0.5, u_4/0, \dots, u_k/0 \}, \\ &\vdots \\ A_k &= \{ u_1/0, u_2/0, u_3/0, \dots, u_{k-1}/0.5, u_k/1 \} \end{aligned}$$

여기서, ' / ' 위의 $u_i (i=1, \dots, k)$ 는 원소이고, 아래의 수는 $A_j (j=1, \dots, k)$ 에 대한 u_i 의 소속도이다.

3.3.2 전처리 과정

퍼지-신경망 추론 과정에서 취급하는 시계열적 데이터의 처리방법으로 전처리 단계에서 퍼지 시계열에 의한 퍼지 관계를 구성하였다. A_i 와 A_{i-1} 사이의 퍼지 집합인 조건에서 퍼지 논리관계 ($A_i \rightarrow A_{i+1}$)를 구한다.

정의 3

과거에 나타난 모든 퍼지 관계 R 은 다음과 같이 정의한다.

$$R_i = A_i^T \cdot A_{i+1} \text{ 일 때, } R = \bigcup_{i=1}^n R_i$$

m 차원의 행 벡터를 Y, Z 라 하고, $C = (c_{ij}) = Y^T \cdot Z$ 라 하면, 행렬 C 의 요소는 $c_{ij} = \min(y_{i1}, z_{1j}) (i, j=1, \dots, m)$ 로 정의한다. 여기서 y_{i1} 와 z_{1j} 는 각각 Y 와 Z 의 i 번째와 j 번째 요소이며, Y^T 는 Y 의 전치행렬이다.

3.4 상태 추론 과정

본 시스템의 상태 추론 프로세서에서 사용되는 지식은 다음과 같다.

- ① 과거 상태에 속하는 관측 데이터로부터 관찰된 데이터
- ② 차기의 상태

현재의 데이터와 과거의 퍼지관계 R 을 합성하여 차기상태를 추론한다.

먼저 I 와 J 를 각각 $F(t-1)$ 과 $F(t)$ 를 위한 인덱스들의 집합이라고 가정할 때, 임의의 $f_j(t) \in F(t) (j \in J)$ 에 대해 $f_i(t-1) \in F(t-1) (i \in I)$ 가 존재한다면, 퍼지 관계 $R_{ij}(t, t-1)$ 와 $f_j(t) = f_i(t-1) \cdot R_{ij}$ 가 존재한다. 여기서 ' \cdot '는 min-max 합성이다.

전 상태에서부터 현재 상태 변화는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f_i(t-1) \rightarrow f_i(t) \text{ 또는 } F(t-1) \rightarrow F(t) \quad (1)$$

상태 추론 과정에서는 전처리 과정에서 유도한 과거의 상태 변화에 관한 규칙들과 현재의 상태가 연산자 ' \cdot '에 의해 차기 상태인 $F(t)$ 를 구한다.

$$F(t) = F(t-1) \cdot R(t, t-1) \quad (2)$$

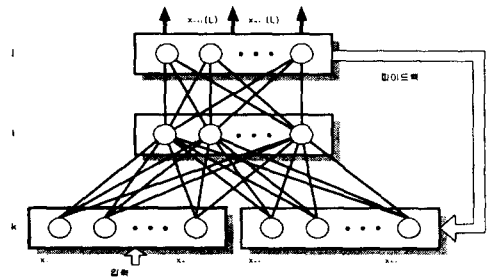
$Y(1 \times m)$ 와 $Z(m \times m)$ 가 행렬 일 때, $D = (d_{ij}) = Y \cdot Z$ 라 두면, 행렬 D 의 요소 d_{ij} 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} d_{ij} &= [y_{11} \ y_{12} \ \dots \ y_{1m}] \cdot \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1m} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & \dots & z_{mm} \end{bmatrix} \\ &= [\max(\min(y_{11}, z_{11}), \min(y_{12}, z_{21}), \dots, \min(y_{1m}, z_{m1})) \\ &\quad \dots \max(\min(y_{11}, z_{1m}), \min(y_{12}, z_{2m}), \dots, \min(y_{1m}, z_{mm}))] \end{aligned}$$

3.5 퍼지-신경망에 의한 추론

퍼지-신경망 모델에서는 퍼지 추론을 위해 현재의 입력과 전건부의 추론 규칙들에 의해 후건부와 합성하여 비퍼지화 하는 부분으로 구성되어 있다.

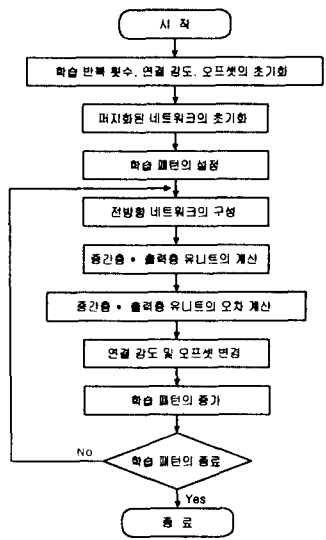
퍼지-신경망 추론은 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 퍼지-신경망 추론

k 층의 뉴런에는 전건부와 입력의 신뢰도가 입력으로 들어오고, 출력 j 층의 뉴런에서는 신뢰도에 따라 후건부가 합성되어 비퍼지화된 것과 같은 값이 출력된다. i 층은 한 개 이상의 은닉층이다. 이 네트워크의 학습에는 오차역전파(Error-Backpropagation) 방법을 사용한다.

퍼지-신경망 추론의 학습 알고리즘을 [그림 4]에 나타낸다.



[그림4] 학습 알고리즘

4. 적용 예

주 결혼 연령층에 따른 남녀의 인구수를 조사하여, FNRS에 의해 과거의 규칙을 고려한 차기의 결혼 연령층의 성분비를 추론하였다.

[표 1]은 각 연도별 주 결혼 연령층의 인구수를 나타낸다.

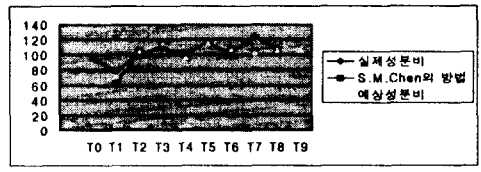
[표 1] 각 연도별 주 결혼연령층 인구

(단위: 여자 100명당)

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
남 자	1.207	1.584	2.093	2.252	2.173	2.273	1.963	1.989	1.778
여 자	1.254	2.015	2.089	2.054	2.172	1.977	1.915	1.612	1.630
성 비	96.2	78.6	100.2	109.6	100.0	115.0	102.5	123.4	109.0

주: T-1 자료는 남자 25-29세, 여자 20-24세를 주 결혼 연령층으로 본 수치
T-2 이후는 남자 26-30세, 여자 23-27세를 주 결혼 연령층으로 본 수치

제안한 퍼지-신경망 추론 시스템을 통하여 얻어진 결과가 실제 데이터를 근사하게 추론해 낼 수 있음을 보였다. 또한 본 논문에서 제안된 방법의 결과와 S. M. Chen의 방법을 [그림5]로 나타낸다.



[그림 5] 퍼지-신경망의 추론 결과

5. 결론

본 논문에서는, 과거의 상황 및 그 변화 과정의 상태전이에 따라 퍼지 시계열에 의한 퍼지 관계를 적용하여 현재 상태를 유도하고, 퍼지-신경망을 이용하여 다음 상태를 추론할 수 있는 퍼지-신경망 추론 시스템(FNRS; Fuzzy Neural Network Reasoning System) 제안한다.

상태 전이의 관계를 기초로 하여 현재 상태를 추론하고, 각 결정에서 다음 단계를 추론한다. 또한 퍼지 규칙으로 기술된 지식으로부터 전건부 퍼지 명제의 소속함수를 구하고, 신경망의 학습 기능을 이용하여 추론할 수 있는 새로운 방법을 제안하였다.

참고 문헌

- [1]. M. Yukihiro, M. Natsuo, "A Study of Fuzzy Decision Support Expert System Considering the State Transition of the Object", 6th Fuzzy System Symposium, pp.101~104, 1990.
- [2]. Q. Song and B.S. Chissom, "Forecasting enrollments with fuzzy time series -Part I", Fuzzy Sets and Systems Vol. 54, pp.1~10, 1993.
- [3]. Shyi-Ming Chen, "Forecasting enrollments bases on fuzzy time series", Fuzzy Sets and Systems Vol. 81, pp.311~319, 1996.
- [4]. R. Masuoka, N. Watanabe, A. Kawamura, Y. Owada, K. Asakawa "NEUROFUZZY SYSTEM- FUZZY INFERENCE USING A STRUCTURED NEURAL NETWORK", Proceeding of the International Conference on Fuzzy Logic & Neural Networks, pp. 173~177, 1990.
- [5]. Takaomi Kaneko, "A study of managerial planning Simulation Based on Neural Network and Fuzzy Reasoning," 日本人工知能學會研究會, pp.1~8, 1994.