
분산 분할 방식의 퍼지 규칙 생성 및 추론 시스템

박건준* · 장태수* · 김성훈* · 김용갑*

*원광대학교

Fuzzy Rules Generation and Inference System of Scatter Partition Method

Keon-jun Park* · Tae-Su Jang* · Sung-Hun Kim* · Yong-kab Kim*

*Wonkwang University

E-mail : bird75@wonkwang.ac.kr

요 약

퍼지 모델링을 하기 위해서는 퍼지 규칙의 생성이 필연적이며 일반적으로 차원이 증가할수록 규칙의 수가 지수적으로 증가하는 문제를 가지고 있다 이를 해결하기 위해 시스템 데이터를 이용하여 입력 공간을 분산 형태로 분할하는 FCM 클러스터링 알고리즘을 기반으로 하여 퍼지 규칙을 생성하고 추론하는 시스템을 소개한다 퍼지 규칙의 전반부 파라미터는 FCM 클러스터링 알고리즘에 의한 소속행렬로 결정되며 퍼지 규칙의 후반부는 다항식 함수의 형태로 표현된다 제안된 모델은 수치 데이터를 이용하여 평가한다

ABSTRACT

The generation of fuzzy rules is inevitable in order to construct fuzzy modeling and in general, has the problem that the number of rules increases exponentially with increasing dimension. To solve this problem, we introduce the system that generate the fuzzy rules and make a inference based on FCM clustering algorithm that partition the input space in the scatter form. The parameters in the premise part of the fuzzy rules is determined as membership matrix by the FCM clustering algorithm and the consequence part of the fuzzy rules is are expressed as a polynomial function. Proposed model evaluated using the numerical data.

키워드

Fuzzy Inference Systems, Rule generation, Scatter form, FCM clustering algorithm

1. 서 론

많은 분야에서 시스템 모델링에 관한 문제에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다 그 중 퍼지 집합 이론은 비선형적이고 복잡한 실 시스템의 특성을 해석하는데 적용함으로써 수학적 모델보다 좋은 결과를 가져왔다. 설계할 시스템의 성능 및 기능의 요구조건에 따라 퍼지 모델은 애매모호한 언어적 변수를 수치적으로 표시할 수 있어서 융통성 있는 시스템 설계를 가능하게 하고 시스템의 기능을 향상시키며 설계를 간단하게 해주는 장점이 있다.[1,2] 그러나 대상 시스템을 모델링하기 위해서는 구조 동정 및 파라미터 동정에 있어서 전문가와 시행착오에 의존해야 하는 어려움이 아직까지 남아있으며, 특히 데이터 특성에

맞는 퍼지 모델을 구축하는데 있어서는 동적으로 변화하는 환경에서 적응적으로 대처할 수 있는 퍼지 모델을 구축하기가 힘들다

본 논문에서는 분산 형태의 입력 공간 분할을 퍼지 규칙을 생성하고 추론하는 퍼지 추론 시스템을 소개한다 이를 위해, 퍼지 규칙은 FCM 클러스터링 알고리즘[3]에 의해 입력 공간을 분산 형태로 분할하여 각각의 분할된 지역 공간이 하나의 규칙을 갖도록 형성한다 후반부 동정에서 퍼지 추론 방법은 간략추론 선형추론을 사용하며, 표준 최소자승법을 사용하여 후반부 파라미터를 동정한다. 제안된 모델은 수치 데이터를 이용하여 평가한다.

II. 퍼지 추론 시스템

2.1 전반부 동정

입력 공간을 분산 형태로 분할하는 방식은 FCM 클러스터링 알고리즘[3]에 의해 수행된다. 이러한 분할 방식은 클러스터의 수만큼 입력 공간이 분할되고, 각 분할된 지역 공간은 규칙 수가 된다. 따라서 분산 형태의 입력 공간 분할 방식에서 퍼지 규칙의 수는 클러스터의 수가 된다.

2.2 후반부 동정

후반부가 단일 상수항만을 가지는 것으로 이와 같은 추론법을 간략 추론법이라 하고 후반부가 일차 선형식으로 표현된 것으로 선형 추론법이라 한다. 제안된 모델은 아래와 같은 형태를 가지는 구현규칙들로 구성된다.

$$R^j: \text{If } x_1 \text{ and } \dots \text{ and } x_d \text{ is } F_j \text{ then } y_j = f_j \quad (1)$$

Type 1 (간략추론) $f_j = a_{j0}$

$$\text{Type 2 (선형추론)} \quad f_j = a_{j0} + \sum_{k=1}^d a_{jk} x_k$$

여기서 R^j 는 $j(j=1, \dots, n)$ 번째 규칙, $x_k(k=1, \dots, d)$ 는 입력 변수, F_j 는 FCM 클러스터링 알고리즘에 의한 j 번째 규칙의 소속 정도, a_{jk} 는 상수이다.

각 규칙의 전반부 적합도는 FCM 클러스터링 알고리즘에 의한 소속 행렬에 의해 얻어지며 추론된 값 y^* 는 가중 평균에 의해 다음과 같다

$$y^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{jp} y_j}{\sum_{j=1}^n w_{jp}} = \sum_{j=1}^n w_{jp} y_j \quad (2)$$

여기서, 각 규칙의 적합도의 합은 1이다.

후반부의 파라미터는 입출력 데이터가 주어졌을 때 최소자승법에 의해 구해진다.

III. 실험 및 결론

Box와 Jenkins가 사용한 가스로 시계열 데이터 [4]를 이용하여, 입출력 데이터인 가스 흐름률과 연소된 이산화탄소 농도의 가스로 공정을 모델링한다. 실험을 위해 입력으로 $[u(t-3), y(t-1)]$ 을, 출력으로 $y(t)$ 를 구성하여 사용한다. 또한 데이터 집합은 학습과 테스트 데이터로 나누어 추론에 의한 모델링을 수행한다.

표 1. 성능평가

클러스터 수	Type	PI	E-PI
2	구조 1	2.268	2.418
	구조 2	0.022	0.338
3	구조 1	1.018	1.473
	구조 2	0.021	0.347
4	구조 1	0.677	1.463
	구조 2	0.020	0.338
5	구조 1	0.664	1.232
	구조 2	0.018	0.316

표 1은 제안된 모델의 성능을 보여준다. 간략 추론 보다는 선형 추론이 더 좋은 성능을 보여준다. 클러스터의 수(규칙의 수)가 증가할수록 일반적으로 성능이 개선되는 것을 알 수 있다. FCM 클러스터링 알고리즘에 의한 모델은 5개의 규칙을 가지고 선형 추론을 이용한 경우가 가장 좋은 성능을 보여준다. 이때의 성능지수는 PI는 0.018 이고 E-PI는 0.316이다.

그림 1은 표 1에서 가장 좋은 성능을 보이는 클러스터의 수가 5개이고 선형추론일 때 입력 공간이 분산 형태로 분할되는 것을 보여준다.

그림 2는 같은 모델인 경우에 있어서 입출력 공간의 특성 평면을 보여준다. 선형 추론의 경우 각 지역 공간에서 선형식의 입출력 특성 보여준다. 또한, 각각의 지역 공간은 지역 공간이 서로 중첩되어 연산된 입출력 특성을 보여준다.

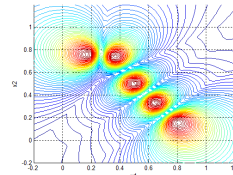
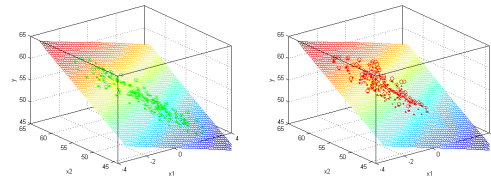


그림 1. 입력 공간의 분산 분할



(a) training data (b) testing data

그림 2. 입출력 공간 평면

본 실험을 통해, 근사화 능력과 일반화 능력이 균형을 잘 잡는 것을 알 수 있었으며, 비선형 시스템을 적은 수의 규칙을 이용하여 모델링 할 수 있었다.

참고문헌

- [1] R.M. Tong, "Synthesis of fuzzy models for industrial processes", Int. J. Gen. Syst., Vol. 4, pp. 143-162, 1978.
- [2] 이승택, 이동광, 안호균, 박승규, 안종건, 윤태성, 박근평, "T-S Fuzzy Identification을 이용한 유도전동기 구현에 관한 연구, 한국정보통신학회논문지, Vol. 16, No. 5, pp. 973-981, 2012.
- [3] J. C. Bezdek, Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms, Plenum Press, 1981.
- [4] G. E. P. Box and G. M. Jenkins, Time Series Analysis, Forecasting, and Control, 2nd edition Holden-Day, SanFrancisco, 1976.