

〈主 題〉

퍼지 기술 연구 동향

이 광 형 · 이 건 명
(한국과학기술원)

■ 차 례 ■

- | | |
|------------------|------------------|
| I. 기본 이론 연구 | IV. 실제 응용을 위한 연구 |
| II. 수학기론에의 적용 연구 | V. 결 론 |
| III. 방법론 및 응용 연구 | |

1965에 자데 교수에 의해 제안된 퍼지이론은 이론면과 응용면에서 괄목할 만한 발전을 해왔다. 본고에서는 퍼지이론과 응용에 대한 최근 연구 동향에 대해서 살펴보고자 한다. 1장에서는 퍼지 이론의 기본 이론에 대한 연구 동향, 2장에서는 퍼지이론을 기존 수학기론에 적용하여 기존 수학적 개념을 확장하려는 연구에 대해서 간단히 본다. 3장에서는 퍼지이론의 방법론과 응용에 대한 연구 동향에 대해서 알아본다.

I. 기본 이론 연구

퍼지이론의 기본이 되는 퍼지집합(fuzzy set)의 정의 및 해석, 퍼지집합에 대한 연산자(operator), 퍼지관계(fuzzy relation), 정보의 애매함에 대한 척도(measure), 가능성 이론(possibility theory), 심리적 또는 경험적 입장에서의 모델링 방법에 대한 연구가 이루어지고 있다.

1.1 퍼지집합

원소의 소속정도(membership degree)가 구간 $[0,1]$ 의 값을 갖도록 정의한 퍼지집합의 개념을 확장하여, 형태 n 퍼지집합(type n fuzzy set), 레벨 퍼지집합(level fuzzy set), 구간 퍼지집합(interval-valued fuzzy set), 확률적 집합(probabilistic set), L -퍼지집합, LT -퍼지집합, toll set 등의 새로운 개념의 퍼지집합이 제안되고 있고, 이들에 대한 집합론적(set-theoretic) 입장에서의 연구가 진행되고 있다.

1.2 퍼지집합 연산자

합집합으로 대표되는 t -conorm 연산자, 교집합으로 대표되는 t -norm 연산자, t -conorm 연산자와 t -norm 연산자의 중간 성질을 갖는 compensatory 연산자에 대한 새로운 제안, 연산자들에 대한 특성 분석 및 응용 등에 대한 연구가 진행되고 있다.

1.3 퍼지관계

퍼지관계에 대한 유사성(similarity), 퍼지 partial ordering 등 모델링 및 특성에 대한 연구, 퍼지관계 방정식(fuzzy relation equation)의 해법에 대한 연구, 퍼지관계의 대수적 특성에 대한 연구가 이루어지고 있다.

1.4 정보의 척도(information measure)

정보의 애매함이나 불확실함을 측정하기 위한 연구가 진행되고 있는데, 특히 엔트로피(entropy)를 이용하는 방법에 대한 연구가 활발하다.

1.5 가능성 이론(possibility theory)

관찰된 증거를 이용하여 가능성 분포를 구성하거나, 가능성 척도를 구하는 것, 다른 척도와의 상관관계 연구 등 가능성 이론에 대한 연구가 진행되고 있다.

1.6 경험론적 연구

심리적, 경험적 측면을 고려하여 관찰을 통해 얻어

진 데이터를 이용하여 퍼지 집합의 소속함수(member-ship function)를 생성하는 등의 연구가 되고 있다.

II. 수학기론에의 적용 연구

퍼지이론은 수학분야에 적용되고 기존 수학 이론에 퍼지 개념이 추가되어 새로운 수학 이론을 구축해 가고 있다. 퍼지이론이 적용되는 대표적인 분야로는 척도론, 위상기하학, 대수학, 논리학 등이 있다.

2.1 척도론(측도론 : measure theory)

퍼지이론에서의 가능성 척도 등의 비가산적(nonadditive) 척도를 척도론에서의 척도(measure)에 추가한 퍼지척도(fuzzy measure)와 이에 관련한 여러 척도에 대한 연구, 퍼지적분(fuzzy integral)에 대한 연구가 진행되고 있다. 한편, 퍼지사건(fuzzy event), 퍼지 확률변수(fuzzy random variable), 가능성(possibility)와 확률(probability)에 대한 척도론적 입장에서 의 연구가 되고 있다.

2.2 위상기하학(topology)

위상기하학의 공간(space)이나 사상(mapping) 등에 퍼지 개념을 추가하여 기존 이론에 대한 확장 및 일반화 연구가 진행되고 있다.

2.3 대수학(algebra)

lattice 이론, group 이론 등에 퍼지 개념을 부여하고 이에 대한 성질에 대한 연구 등이 되고 있다.

2.4 논리학(logics)

고전적인 논리학을 벗어난 것으로 퍼지논리(fuzzy logic)를 비롯하여, multiple-valued logics, intuitionistic logic, modifier logic, modal fuzzy logic, default logic, non-monotonic fuzzy logic 등 다양한 연구가 진행되고 있다.

III. 방법론 및 응용 연구

본장에서는 퍼지 이론의 응용 분야와 방법론에서의 연구 경향에 대해서 살펴본다.

3.1 인공지능(artificial intelligence)

3.1.1 근사추론(approximate reasoning)

규칙(rule)과 사실(fact)에 퍼지값을 허용하는

Generalized Modus Ponens 추론을 위한 여러 추론 방법에 대한 제안, 상호비교 및 성능향상을 위한 연구가 진행되고 있다. 특히 퍼지규칙에 대한 퍼지추론이 다 단계(multi-step)로 발생할 때의 추론방법, 퍼지추론에 의한 결과의 통합(combination)에 대한 관심이 크다.

한편, 퍼지추론이 아닌 기존의 추론 방법의 관점에서 애매함이나 불확실함을 처리하기 위해 퍼지 방법론을 이용하려는 연구가 있다.

3.1.2 전문가시스템(expert system)

전문가시스템에서 지식의 애매함이나 불확실함을 다루기 위한 방법으로서 근사추론 및 퍼지논리 관점에서의 많은 연구가 진행되고 있다. 한편, 퍼지 전문가시스템의 효율적인 개발을 위한 개발도구(shell)의 설계 및 구현에 대한 작업이 활발하다.

3.1.3 계산언어학(computational linguistics)

단어에 내재된 애매함을 나타내기 위해 퍼지 집합을 사용하고, 단어간의 불확실한 관계를 퍼지관계로 나타내어 계산언어학의 여러 분야에 이용하려는 연구가 진행되고 있다.

3.1.4 지식표현(knowledge representation)

퍼지 집합 및 퍼지규칙의 표현 및 관련된 연산을 이용하여 애매한 지식표현을 하려는 연구가 진행되고 있다.

3.1.5 정리증명(theorem proving) 및 논리프로그래밍(logic programming)

퍼지논리를 이진논리(binary logic, classical logic)에 기반한 정리증명 방법 및 논리프로그래밍 방법에 적용하려는 시도가 되고 있다.

3.1.6 학습(learning)

애매하거나 불확실한 데이터를 이용한 학습 방법에 대한 연구, 퍼지규칙으로 구성된 지식베이스(knowledge base)의 소속함수 조정을 위한 자기조정(self tuning) 학습에 대한 연구가 활발하다. 한편 퍼지 이론과 신경회로망 이론을 접목시켜, 신경회로망을 이용하여 퍼지규칙을 학습하려는 연구와, 퍼지기법을 이용하여 신경회로망을 학습시키려는 연구 등이 진행되고 있다.

3.1.7 정성추론(qualitative reasoning)

정성추론에서 물리적 시스템(physical system)의 변수와 변수의 미분치값에 대해, 퍼지값을 이용하여 이산화(discretization)하고 퍼지비교연산을 적용하려는 연구가 되고 있다.

3.1.8 다원 데이터 통합(multiple data fusion)

여러 센서(sensor)를 통해 받아들여진 데이터를 통합하기 위해 퍼지적분을 이용하는 방법, 퍼지이론과 신경회로망을 함께 이용하는 방법 등이 연구되고 있다.

3.2 정보 처리(information processing)

3.2.1 데이터베이스(databases)

애매한 정보를 데이터베이스에 저장하기 위한 방법, 기존의 데이터베이스에 대한 애매한 질의(query) 처리 방법, 애매한 정보를 보유한 데이터베이스에 대한 애매한 질의 처리 방법에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 애매한 정보를 데이터베이스에 표현하기 위한 데이터 모델(data model)과 질의언어 생성 및 처리에 대한 연구가 활발하다.

3.2.2 정보 검색(information retrieval)

융통성있는 정보 및 문서 검색을 위한 퍼지 인덱스(index), 퍼지 시서러스(thethaurus)의 생성, 퍼지 질의에 대한 정보의 적합도 계산 척도 등에 대한 연구가 활발하다.

3.2.3 프로그래밍 언어에서의 퍼지집합처리

프로그래밍 언어에서 퍼지집합의 표현과 퍼지집합에 대한 연산을 제공하는 연구가 진행되고 있다.

3.2.4 인간-기계 통신(man-machine communication)

사용자와 시스템 간의 인터페이스를 퍼지값으로 표현되는 상용언어로 하는 연구가 진행되고 있다.

3.3 패턴 분석(pattern analysis) 및 분류(classification)

3.3.1 패턴 인식(pattern recognition)

필기 문자인식, 음성인식, 화상인식 등 표준패턴에 대해 실제 데이터의 변형이 다양한 인식문제에서 정확도 계산, 표준패턴 기술(description) 및 패턴 분류

(classification)를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

3.3.2 클러스터링(clustering)

FCM(fuzzy c-means) 알고리즘 등 다양한 클러스터링 알고리즘의 제안 및 개선에 대한 연구가 되고 있다.

3.3.3 영상처리(image processing) 및 컴퓨터 비전(computer vision)

분할(segmentation), 영역(region) 표현, 영역 레이블링(labeling), 경계선(boundary) 감지 및 표현, 물체 인식에 다양한 퍼지 기법의 사용에 대한 연구가 진행되고 있다.

3.4 시스템(system)

3.4.1 퍼지 시스템(fuzzy system)

퍼지 동적 시스템(dynamic system), 피드백(feed-back) 퍼지 시스템, chaotic 퍼지 시스템, 퍼지 선형 시스템, 퍼지 비선형 시스템 등 다양한 퍼지 시스템이 제안되고, 이들에 대한 특성의 분석 및 응용에 대한 연구가 되고 있다.

3.4.2 퍼지제어(fuzzy control)

퍼지제어는 현재 산업계에서 성공적인 사례를 많이 보이는 분야로서 다음의 사항들이 중점적으로 연구되고 있다.

환경의 변화에 적응하도록 퍼지규칙을 변경시켜가는 적응 퍼지제어 방법에 대한 연구, 제어를 위한 퍼지추론 방법과 비퍼지화(defuzzification) 연산의 새로운 제안 및 비교연구, 추론 속도 향상을 위한 연구, 신경회로망과 결합시켜 제어에 이용하려는 연구 등이 있다.

3.5 의사결정(decision making)

퍼지 목적함수(objective function), 퍼지 가중치(weight), 퍼지 투표, 퍼지 유용도(utility), 퍼지 사건, 퍼지 평가치 등의 개념을 이용한 의사결정 분야의 연구가 진행되고 있다.

여러 평가기준에 대한 평가치를 퍼지이론 측면에서 통합(aggregation)하는 방법, 평가기준에 대한 퍼지 평가치를 통합 등에 대한 다기준 평가(multiple criteria evaluation)가 진행되고 있다.

사회 그룹에서의 각 의견을 모아 여론 평가, 그룹에서의 의견일치를 도달하기 위한 그룹 의사결정

(group decision make)에 대한 연구, 퍼지조건, 퍼지 정책(strategy)에 기반한 게임이론(game theory)에 대한 연구가 진행되고 있다.

3.6 수리계획법(mathematical programming)

수속함수 형태의 퍼지 목적함수와 퍼지 제한조건(constraint)을 갖는 퍼지 선형계획법(fuzzy linear programming)과 퍼지 비선형(nonlinear) 계획법의 해법을 구하기 위한 여러 방법이 연구되고 있다.

퍼지 목표(fuzzy goal)과 퍼지 인수(parameter)를 갖는 다중 목적(multi-objective) 수리계획법의 해법에 대한 연구도 되고 있다.

3.7 통계(statistics) 및 자료분석(data analysis)

퍼지 관측(observation) 자료에 대한 추정자(estimator)를 정의하고, 분석하는 통계적 방법 연구, 퍼지 자료에 대한 정성적(qualitative) 자료 분석 등의 자료 분석 방법 연구, 퍼지점(fuzzy point)들에 대한 회귀분석(regression analysis) 방법 연구 등이 되고 있다.

3.8 신뢰도(reliability) 분석

신뢰도 분석에 있어서 자료 부족으로 시스템의 확률적인 고장율(failure rate)이나 오류율(error rate)을 알 수 없는 경우, 자료의 수치에 의한 표현이 곤란한 경우에 가능성 분포를 이용하는 퍼지 신뢰도 분석 방법이 연구되고 있다.

3.9 하드웨어

퍼지추론, 퍼지집합 연산 등을 신속히 처리하기 위해 VLSI화한 하드웨어의 설계 및 구현에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이들 연구에서는 퍼지값을 저장하기 위한 기억장치, 퍼지관련 연산을 위한 퍼지 프로세서의 연구 등 궁극적으로 퍼지컴퓨터 개발을 목표로 하고 있다.

3.10 퍼지 신경회로망

퍼지이론과 신경회로망 이론을 접목시키려고 시도되고 있다. 이들 연구에서는 신경회로망에 퍼지 개념을 부여하여 새로운 인공 뉴런(neuron) 모델 및 신경회로망에 대한 연구, 신경회로망을 하위 부분에 사용하고 퍼지추론을 상위 처리에 사용하는 방법, 퍼지추론을 신경회로망에 의해 구현하는 방법, 퍼지이론을 이용하여 신경망을 학습시키는 방법, 퍼지 입력을 받

아들이는 신경회로망 개발 등 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다.

IV. 실제 응용을 위한 연구

퍼지이론의 기법들은 실제 산업현장의 제어분야에서 괄목할 만한 성과를 얻고 있으며, 다양한 분야에서 전문가 시스템을 통한 응용, 퍼지 정보가 주어진 환경에서의 정보처리에 널리 사용되고 있고, 그 응용 분야는 계속 개척되어 가고 있다.

다음은 현재 퍼지기법이 적용되고 있는 분야를 나열한 것이다.

- 공학분야
 - * 생산 / 공정관리(production / process control)
 - * 결합 검출 및 진단(fault detection and diagnosis)
 - * 로봇틱스(robotics)
 - * 토목 및 지구과학(earth science)
 - * 화학공(chemistry)
 - * 수송(transportation)
- 의학(medicine)
- 경영(management) 및 경제(economics)
- 행동과학(behavioral science) 및 사회과학(social science)
- 기상학(meteorology)
- 군사적 응용(military applications)

V. 결 론

본고에서는 퍼지이론에서 현재 연구되고 있는 분야에 대해 간단히 기술했다. 퍼지이론의 응용연구는 산업 기반기술로서 자리를 확고히 하고 있으며, 앞으로의 산업발전에의 기여가 크게 예상된다.

참 고 문 헌

1. Proceedings of IEEE International Conference on Fuzzy Systems 1992 San Diego, 1450pp., 1992.
2. R.Lowen, M.Roubens, IFSA '91 Brussels Artificial Intelligence(eds.), 229pp, 1991.
3. R.Lowen, M.Roubens, IFSA '91 Brussels Engineering(eds.), 262pp., 1991.
4. R.Lowen, M.Roubens, IFSA '91 Brussels Computer, Managements & System Science, 290pp. 1991.

- 5. Int. J. of Fussy Sets and Systems, North Holland.
- 6. 이광형, 오길록, 퍼지 이론 및 응용 I, II, 홍릉과학출판사, 1991.



이 광 형



이 건 명

- 1978년 : 서울대학교 공과대학 산업공학 학사
- 1980년 : 한국과학기술원 산업공학 석사
- 1982년 : 프랑스 INSA 전산학 석사(DEA)
- 1985년 : 프랑스 INSA 전산학 공학박사
- 1988년 : 프랑스 국가박사(전산학: INSA-LYON 1대)
- 1985년부터 한국과학기술대를 거쳐 한국과학기술원에서 부교수로 근무중

※ 관심분야 : Fuzzy systems, Expert systems, Software engineering 등

- 1990년 2월 : 한국과학기술원 과학기술대학 전산학과 학사 취득
 - 1992년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 석사취득
 - 1992년~현재 : 한국과학기술원 전산학과 박사과정
- ※ 관심분야 : 퍼지시스템, 전문가시스템, Petri nets, 신경회로망