

퍼지 이론 및 동향

한국과학기술원 전산학과 이 광 형*

목	차
1. 퍼지 이론의 출현	3. 퍼지 이론의 응용
2. 퍼지 집합의 개념	4. 참고문헌

1. 퍼지 이론의 출현

오늘날 컴퓨터는 우리 주위에 없어서는 안될 중요한 도구가 되어 있으며 우리가 원하는 많은 일을 대신해주고 있다. 컴퓨터가 일을 하기 위해서는, 우리가 주위 현상을 숫자로 바꾸어 주어야 하고 컴퓨터는 이 숫자를 계산함으로써 우리가 원하는 바를 대신하고 있다. 이때 숫자로 바꿀 때는 '정확한 숫자'로 바꾸어 주어야 한다. 즉 사과 두개 또는 10 등 정확한 숫자로 바꾸어 주어야 계산할 수 있다. 그러나 우리는 일상생활에서 정확한 숫자로 나타내기 어려워 애매한 표현을 하는 경우가 많이 있는 것을 볼 수 있다.

최근 인간과 비슷하게 생각하고, 일하는 컴퓨터를 만들고자 하는 인공지능연구가 활발하게 진행되고 있다. 컴퓨터가 인공지능을 가지고 인간이 원하는 바를 제대로 수행하기 위해서는 인간이 사용하는 숫자는 물론이고 애매한 표현을 처리할 수 있어야 한다. 이러한 인간의 애매한 표현을 처리할 수 있는 이론적인 바탕을 제공하는 것이 바로 퍼지이론(fuzzy theory)이다. 일반 컴퓨터는 앞에서 사용한 애매한 표현, '두어개'라는 값을 이용하여 계산할 수 없다. 그러나 퍼지이론을 이용한 컴

퓨터는 '두어개', '약 두어개' 등의 값을 계산할 수 있다. 즉, 퍼지 컴퓨터는 인간이 사용하는 애매한 표현도 이해할 수 있기 때문에 인간과 좀더 비슷한 일을 한다고 볼 수 있다.

퍼지이론은 현상의 불확실한 상태를 그대로 표현해주는 방법으로서 1965년 미국 버클리대학의 자데(Lotfi A. Zadeh)교수에 의해서 처음 소개되었다. 퍼지이론은 애매하게 표현된 자료를 우리에게 유용한 자료로 만들기 위하여, 퍼지집합(fuzzy set), 퍼지논리(fuzzy logic), 퍼지숫자(fuzzy number) 등의 개념을 포함하고 있으며 수리적인 계산방법도 잘 개발되어 있다. 정확하게 알지 못하는 상황을 표현할 때 전통적으로 확률을 사용하였다. 예를 들던 '내일 비가 올 확률이 70%이다'라고 하는 경우이다. 그러나 일기예보자가 비 올 확률을 정확하게 알지 못할 때에는 70%라고 단정하는 것은 옳게 표현했다고 할 수 없다. 다시 퍼지이론에 바탕을 두어 다음과 같이 표현해 보자. '내일 비가 올 가능성이 매우 많다'. 이것은 예보자의 확실한 느낌을 그대로 나타내었다고 할 수 있다. 물론 이데 애매한 표현인 '매우 많다'의 의미가 미리 정의되어 있어야 한다.

2. 퍼지집합의 개념

어떤 사람이 사과를 사달라고 부탁을 했다 하자. 이때

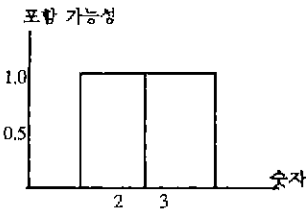
*중심회원

사과 “두개 또는 세개”라고 구체적으로 명시했다면 두개를 사든 세개를 사든 아무 상관없다. 이때 살 수 있는 사과의 갯수를 원소로 생각하여 집합으로 나타내면 {2, 3}이 될 것이다(그림 1). 한편 “사과 두어개”를 사야 한다면 두개 또는 세개를 사면 될 것이다. 좀더 자세히 살펴보자. 사과 두개를 샀을 때와 세개를 샀을 때를 비교해 보자. 심부름을 시킨 사람은 몇 개를 샀을 때 심부름을 잘했다고 할까. 아마도 세개를 사도 되지만 두개를 샀을 때 더욱 만족할 것이다. 이것은 우리가 일상적으로 사용하는 “두어”란 말이 “2 또는 3이지만 2를 강조하는 말”이기 때문이다. 이것을 좀더 수학적으로 나타내면 “2일 가능성이 1.0, 3은 가능성이 0.5”라고 정의할 수 있다. 이와 같이 정의하면 “두어”라는 집합에 숫자 2는 1.0, 3은 0.5의 가능성을 가지고 포함된다고 할 수 있고, 이것을 퍼지집합이라고 한다. 퍼지집합의 경우에는 각 원소가 집합에 포함될 가능성을 붙여 다음과 같이 표시한다(그림 2).

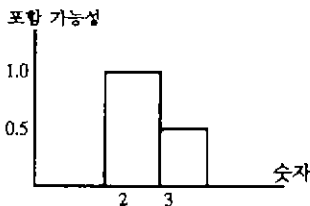
$$\text{“두어”} = \{(2, 1.0), (3, 0.5)\}$$

따라서 보통집합은 각 원소가 포함될 가능성이 1.0인 경우라는 것을 알 수 있고, 앞에서 본 집합은 다음과 같이 나타낼 수 있다(그림 1).

$$\text{“2 또는 3”} = \{(2, 1.0), (3, 1.0)\}$$



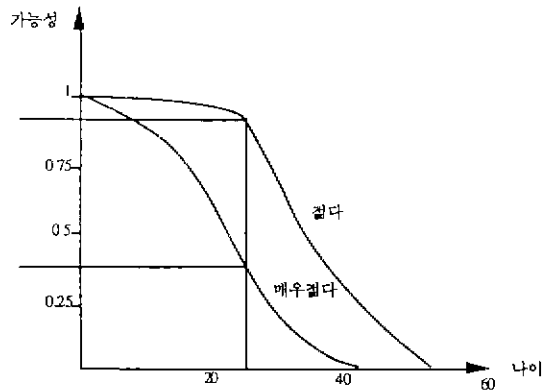
(그림 1) 보통집합 {2, 3}



(그림 2) 퍼지집합 {(2, 1.0), (3, 0.5)}

퍼지이론에서는 불확실한 상황을 표현할 때 숫자보다는 자연어의 구문식 표현을 사용하는 경우가 많다. 예를

들어 “철수는 젊다”라고 했다 하자. 이때 애매상태를 나타내는 구문식 표현은 “젊다”이다. 이 구문식 표현이 나타내는 것은 과연 몇살 정도인가 하는 의문이 생길 것이다. 이를 위해서 미리 “젊다”는 의미는 (그림 3)과 같이 정의해 놓을 필요가 있다. 우리가 “젊다”는 말을 할 때 이 범위에 드는 나이가 있을 것이고, 이 범위에 속하는 “젊은 나이”들을 집합으로 표현할 수 있다. 이 경우의 집합을 퍼지집합(fuzzy set)이라고 한다.



(그림 3) “젊다”와 “매우 젊다”는 의미를 정의하는 퍼지집합

(그림 3)에서 횡축은 나이를 가리키고, 종축은 소속함수(membership function) 값을 나타낸다. 또한 곡선은 퍼지집합에 포함될 가능성(소속함수 값)을 나타낸다. 이때 소속함수 값이란 “젊은 나이”라는 퍼지집합에 포함될 수 있는 정도를 말한다. 바꾸어 말하면 어느 특정한 나이가 “젊은 나이”에 속할 수 있는 가능성을 나타낸다. 예를 들어서 그림에서 정의해 놓은 “젊다”라는 의미대로 한다면, 10세인 사람은 당연히 젊다고 할 수 있을 것이다. 따라서, 10세가 퍼지집합 “젊은 나이”에 포함될 가능성은 1이다. 또한 25세인 사람의 경우에 “젊다”라고 할 수 있는 가능성은 0.87이다. 반면에 50세 이상인 사람을 젊다고 할 수 없을 것이며 따라서, 이 퍼지집합에 포함될 가능성은 0이다.

이제 구문식 표현을 바꾸어서 다음과 같이 말해보자.

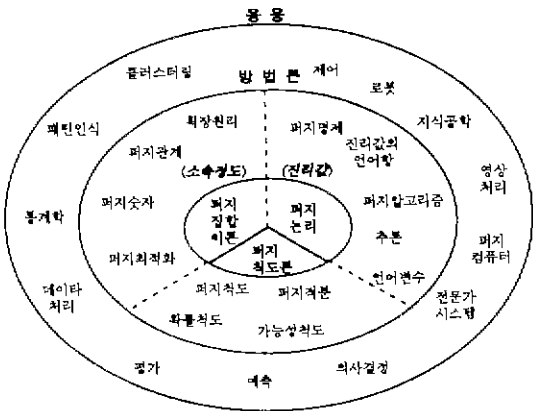
“철수는 매우 젊다”.

이제 구문식 표현 “매우 젊다”는 범위(집합)에 들기 위해서는 나이가 더 적어야 할 것이고, 따라서 그림과 같이 왼쪽으로 이동된 곡선으로 나타낸다고 하자. 이렇게 퍼지집합을 정의하면 40세 이하되는 사람만이 정도

에 따라 퍼지집합 “매우 젊다”에 포함될 수 있다. 이제 25세 되는 사람이 이 집합에 포함될 가능성은 0.36으로 바뀌게 된다.

3. 퍼지이론의 집합

이와 같은 필요성에 의해 개발된 퍼지이론의 응용분야는 매우 다양하다. 주된 응용은 인간이 애매한 자료를 주어도 컴퓨터가 인공지능적인 처리를 하는 분야에 집중되고 있다. 이의 응용을 위하여 연구가 중점적으로 진행중인 분야만 살펴보자.



(그림 4) 퍼지이론의 응용

첫째, 전문가 시스템(expert system)에서 적용 가능하다. 전문가의 지식을 수집할 때 지식에 대한 확신을 100% 가질 수는 없다. 각 지식들의 불확실한 정도를 표현하고, 이것들에서 근사 추론(approximate reasoning)을 하여 새로운 지식을 추론해 낸다.

둘째, 데이터베이스에 적용하기 위해 많은 연구가 있어 왔다. 그 결과로 데이터베이스를 발전시켜 “퍼지 데이터베이스”의 개념이 개발되었다. 예를 들어서 데이터베이스에서 “나이가 40세 이하인 사람”을 찾지 않고 “젊은 사람”을 찾는다면 이에 대응하는 답을 줄 수 있는 처리가 필요하다.

셋째, 여러가지 공학 문제에 적용이 가능하다. 일반적인 제어(control)분야에서 인간은 애매한 구문을 사용할 수 있기 때문이다. 예를 들어 컴퓨터에게 “온도가 낮으면 밸브를 열어야”는 명령을 한다고 할 때 이 애매한 표현 “낮으면”을 처리할 수 있어야 한다.

넷째, 로봇 개발 연구에 응용이 가능하다. 산업용 로봇이 물체를 본 후에 이를 판단하여 정해진 행동을 취할 경우 퍼지이론이 적용될 수 있다.

다섯째, 수학분야에도 적용이 가능하다. 퍼지이론이 수학에 바탕을 두고 있듯이 퍼지행렬이론(fuzzy matrix theory), 퍼지 엔트로피(fuzzy entropy), 퍼지숫자(fuzzy number) 등의 이론이 있다.

여섯째로는 산업공학이나 경영과학분야에도 적용되고 있다. 퍼지 의사결정(fuzzy decision making) 개념이 그 하나이며, 수학적인 모델인 선형계획법, 동적계획법 등에도 이용되고 있다.

일곱째로는 퍼지논리(fuzzy logic)을 이용한 컴퓨터 개발을 들 수 있다. 일반적인 논리는 어떤 사실이 참이면 1, 거짓이면 0의 값을 가진다. 그러나 퍼지논리에서는 값이 [0, 1] 사이의 것을 가질 수 있다. 이러한 퍼지논리를 바탕으로 추론을 할 수 있는 하드웨어로서 퍼지회로와 컴퓨터 구조가 제안되었다.

한편, 퍼지논리를 소프트웨어로 처리하기 쉽도록 퍼지 프로그래밍언어(예 : fuzzy Prolog, fuzzy Lisp)가 제안되어 있고 퍼지 알고리즘 등의 연구가 되고 있다.

또한 패턴인식(pattern recognition)에 많은 이용이 되고 있다. 퍼지이론에 바탕을 둔 퍼지 클러스터링(fuzzy clustering)은 화상인식(image recognition), 음성인식(speech recognition), 문자인식(character recognition) 등에 이용되고 있다.

1965년 소개된 퍼지이론은 1980년 덴마크의 Smidth사의 시멘트 킬른(kiln)에 퍼지 제어 시스템을 실용화한 이후, 여러 방면에서 실용화되고 있다. 예를 들면 지하철의 자동제어운전, 여러 엘리베이터의 통합제어, 정수장 제어, 자동차 속도제어, 퍼지 세탁기, 퍼지 진공청소기, 자동 초점거리 카메라, 퍼지 에어컨 등이 있다.

앞으로 퍼지이론에 대한 연구는 전 세계적으로 더욱 더 가열될 것이고, 그 응용분야 또한 매우 넓게 전개될 것이다. 수많은 연구논문이 쏟아져 나오고 많은 저서가 발간되고 있다. 특히 미국, 프랑스, 일본, 중국 등지에서는 연구전문잡지가 발행되고 있다.

국내에서는 아직 이 분야의 연구가 활성화되어 있다고 할 수 없다. 그러나 최근 들어 퍼지응용에 대한 관심이 대학, 연구소, 기업에서 고조되고 있다. 이에 맞추어 퍼지시스템 연구회도 창립되어 이 분야에 대한 연구가

활성화될 전망이다. 몇몇 대학에서는 퍼지이론에 관한 강의가 개설되기 시작하였으며, 기업체의 특별강의도 비교적 자주 열리고 있다.

(표 1) 퍼지이론 분야의 발전

1965년	Zadeh	퍼지집합이론 제창
1968	Zadeh	퍼지 알고리즘 제안
1970	Bellman & Zadeh	퍼지 의사결정, 최적화 연구
1972	Sugeno	퍼지측도(measure), 퍼지적분 제창
1972	Zadeh	퍼지제어의 가능성 제시
1973	Zadeh	언어변수(linguistic variable) 연구
1974	Mamdani & Assidian	증기기관(steam engine) 제어
1975	Zadeh	근사추론(approximate reasoning)
1976	Sanchez	퍼지관개방정식 해법
1977	Østergaard	시멘트 킬른(cement kiln) 제어 연구
1978	North-Holland사	전문 논문지 Fuzzy Sets and Systems 창간
1983	Yasunobu & Miyamoto	예측(predictive) 퍼지제어 (자동차열차운행시스템)
1984	IFSA	국제퍼지학회(International Fuzzy Systems Association) 창립
1985	Togai & Watanabe	퍼지 칩(Fuzzy chip) 개발
1986	Yamakawa	퍼지 컴퓨터, 제어기(controller) 개발
1990	KFMSS	한국 퍼지 시스템 연구회(Korea Fuzzy Mathematics and System Society)

4. 참고문헌

다음은 퍼지이론 및 응용에 관한 연구결과가 소개되고 있는 전문 논문지(journal), 학술대회 논문집(proceedings), 책 등을 보이고 있다.

4.1 전문 논문지(journal)

- 1) Fuzzy Sets and Systems
- 2) BUSEFAL(Bulletins for Studies and Exchanges on Fuzziness and Its Applications)
- 3) Journals of Fuzzy Mathematics
- 4) International Journal of Approximate Reasoning
- 5) International Journals of Information Science
- 6) IEEE transactions on Systems, Man, and Cybernetics
- 7) Information and Computation

- 8) International Journal of Man-Machine Studies
- 9) Journal of Mathematical Analysis and Application
- 10) IEEE transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence
- 11) International Journal of General Systems
- 12) IEEE transactions on Automatic Control
- 13) Automatica
- 14) IEEE Expert
- 15) 그외 퍼지 관련 논문이 발표되는 학술대회 및 논문집
Japanese Working Group in Fuzzy Systems
Chainese Working Group in Fuzzy Systems
European Working Group in Fuzzy Systems
Indian Working Group in Fuzzy Systems
IEEE System, Man and Cybernetics
IEEE Automatic Control Systems
IEEE Multivalued Logics
Applied General Systems Research

4.2 단행본

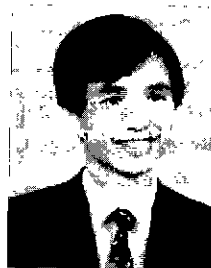
- [Dubois 1980] Dubois, D. and Prade, H., *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*, Academic Press, 393p., 1980.
- [Kandel 1979] kandel, A. and Loe, S. C., *Fuzzy Switching and Automata: Theory and Applications*, Crane, Russak & Company, Inc., 303p., 1979.
- [Kandel 1982] Kandel, A., *Fuzzy Techniques in Pattern Recognition*, John Wiley & Sons, Inc., 356p., 1982.
- [Kandel 1986] Kandel, A., *Fuzzy Mathematical Techniques with Applications*, Addison-Wesely Publishing Company, 274p., 1986.
- [Kaufmann 1973] Kaufmann, A., *Introduciton à la thèorie des sous-ensembles flous: I. Elements thèoriques de base*, Masson: Paris, 424p., 1973.
- [Kaufmann 1975a] Kaufmann, A., *Introduction to the Theory Fuzzy Subsets Vol. I: Fundamental Theoretical Elements*, Academic Press, Inc., 416p., 1975.
- [Kaufmann 1975b] Kaufmann, A., *Introduciton à la thèorie des sous-ensembles flous: II. Applications à la lingusitique, à la logique et à la sèmantique*, Masson: Paris, 235p., 1975.
- [Kaufmann 1975c] Kaufmann, A., *Introduciton à la thè*

- orie des sous-ensembles flous: III. Applications à la classification et à la reconnaissance des formes, aux automates et aux systèmes, au choix des critères, Masson: Paris, 305p., 1975.
- [Kaufmann 1975d] Kaufmann, A., Dubois, D., and Cools, M., *Exercices avec solutions sur la théorie des sous-ensembles flous*, Masson: Paris, 166p., 1975.
- [Kaufmann 1977] Kaufmann, A., *Introduction à la théorie des sous-ensembles flous: IV. Compléments et nouvelles applications*, Masson: Paris, 334p., 1977.
- [Kaufmann 1988] Kaufmann, A. and Gupta, M. M., *Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Mathematical Science*, North-Holland, 338p., 1988.
- [Klir 1988] Klir, G. J. and Folger, T. A., *Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information*, Prentice-Hall: New Jersey, 355p., 1988.
- [Negoita 1985] Negoita, C. V., *Expert Systems and Fuzzy Systems*, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 190p., 1985.
- [Negoita 1975] Negoita, C. V. and Ralescu, D. A., *Applications of Fuzzy Sets to Systems Analysis*, Halsted Press, 187p., 1975.
- [Novák 1989] Novák, V., *Fuzzy Sets and Their Applications*, Adam Hilger: Bristol and Philadelphia, 248p., 1989.
- [Pedrycs 1989] Pedrycs, W., *Fuzzy Control and Fuzzy Systems*, Reserarch Studies Press Ltd., and John Wiley & Sons Inc., 258p., 1989.
- [Zimmermann 1985] Zimmermann, H. J., *Fuzzy Sets Theory and Its Applications*, Kluwer-Hijhoff Publishing, 363p., 1985.
- [Zimmermann 1991] Zimmermann, H. J., *Fuzzy Sets Theory and Its Applications*, 2nd(ed.), Kluwer-Hijhoff Publishing, 363p., 1985.
- [Zimmermann 1987] Zimmermann, H. J., *Fuzzy Set. Decision Making, and Expert Systems*, Kluwer Academic Publishers: Boston, 335p., 1987.
- [박민용 1990] Terano, Asai, Sugeno지음, 박민용, 최항식 역, 회지 시스템의 응용 입문(*Applied Fuzzy Systems*), 대영사, 1990.
- [박민용 1990] 박민용, 최항식, 퍼지 제어 시스템, 대영사, 1990.
- [이광형, 오길록 1991] 이광형, 오길록, 퍼지 이론 및 응용, I 권: 이론. II 권: 응용, 홍릉과학출판사, 1991.
- [김중호, 이형엽 1991] 김중호, 이형엽 편저, 퍼지의 세계, 재미있는 과학산책, 소학사, 1991.
- [전자신문 1991] 向殿政男 지음, 전자신문 출판사입국 옮김, 알기 쉬운 퍼지 이론, 전자신문사, 1991.
- [坂和正敏 1989] 坂和正敏, ファジイ理論の基礎と應用, 森北出版株式會社, 1989.
- [寺野壽郎 1989] 寺野壽郎, 淺居喜治, 菅野道夫, 應用ファジイシステム入門, オーム社, 1989.
- [三矢直城 1989] 三矢直城, 田中一男, C言語による實用ファジイブック, ラッセル社, 1989.
- [廣田薰 1988] 廣田薰, ファジイコンピュータファジー-エキスパートシステム, トリケップス, 1988.
- [本多中二 1989] 本多中二, 大里有生, ファジイ工學入門, 海文堂, 1989.
- [中村雄二郎 1989] 中村雄二郎, ファジイ新しい知の展開, 日刊工業新聞社, 1989.
- [水本雅晴 1989] 水本雅晴. ファジイ理論とその應用, サイエンス社, 1989.
- [山川 烈 1990] 山川 烈, FUZZY(ファジイ)コンピュータの發想(第 6世代 コンピュータ), 講談社, 1990.
- [日本ファジイ學會 1990] 日本ファジイ學會. 講習會「ファジイ理論の基礎」, 日本ファジイ學會, 1990.
- [菅野道夫 1989] 菅野道夫, ファジイ制御, 日刊工業新聞社, 1989.

4.3 논문집

- [Bezdek 1987a] Bezdek, J. C.(ed.), *Analysis of Fuzzy Information Vol. I: Mathematics and Logic*, CRC Press: Florida, 272p., 1987.
- [Bezdek 1987b] Bezdek, J. C.(ed.). *Analysis of Fuzzy Information Vol. II: Artificial Intelligence and Decision System*, CRC Press: Florida, 251p., 1987.
- [Bezdek 1987c] Bezdek, J. C.(ed.), *Analysis of Fuzzy Information Vol. III: Applications in Engineering and Science*, CRC Press: Florida, 269p., 1987.
- [Evans 1989] Evans. G. W., Karwowski, W., and Wilhelm M. R.(eds.), *Applications of Fuzzy Set Methodologies in Industrial Engineering: Advances in Industrial*

- al Engineering*, Vol. 8, Elsevir Science Publishers B. V., 336p., 1989.
- [Gupta 1982] Gupta, M. M., and Sanchez, E.(eds.), *Fuzzy Information and Decision Processes*, North-Holland, 451p., 1982.
- [Gupta 1988a] Gupta, M. M., and Yamakawa, T.(eds.), *Fuzzy Computing: Theory, Hardware, and Applications*, North-Holland, 499p., 1988.
- [Gupta 1988b] Gupta, M. M., and Yamakawa, T.(eds.), *Fuzzy Logic in Knowledge-based Systems. Decision and Control*, North-Holland, 410p., 1988.
- [Gupta 1985] Gupta, M. M., Kandel, A., Bandler, W., and Kiszka, J. B.(eds.), *Approximate Reasoning in Expert Systems*, North-Holland: Amsterdam, 835p., 1985.
- [Gupta 1977] Gupta, M. M., Sridis, G. N., and Gaines, B. R.(eds.), *Fuzzy Automata and Decision Process*, North-Holland: New York, 496p., 1977.
- [Jones 1986] Jones, A., Kaufmann, A., and Zimmermann, H. J.,(eds.), *Fuzzy Sets Theory and Applications*, D. Reidel Publishing Company, 403p., 1986.
- [Karwowski 1986] Karwowski, W.(eds.), *Applications of Fuzzy Set Theory in Human Factors*. Elsevier Science: Amsterdam, 463p., 1986.
- [Mamdani 1981] Mamdani, E. H., and Games. B. R. (eds.), *Fuzzy Reasoning and Its Applications*, Academic Press Inc.: London, 381p., 1981.
- [Sugeno 1985] Sugeno, M.(ed.), *Industrial Applications of Fuzzy Control*, North-Holland, 269p., 1985.
- [Wang 1983] Wang, P. P.(ed.), *Advances in Fuzzy Sets, Possibility Theory, and Applications*, Plenum Press: New York, 421p., 1983.
- [Wang 1980] Wang, P. P., and Chang, S. K.(eds.), *Fuzzy Sets: Theory and Applications to Policy Analysis and Information Systems*, Plenum Press: New York, 413p., 1980.
- [Yager 1987] Yager, Ovchinnikov, Tong, and Nguyen (eds.), *Fuzzy Sets and Applications: Selected Paper by L. A. Zadeh*, Jone Wiley & Sons, Inc., 684p., 1987.
- [Zimmermann 1984] Zimmermann, H. J., Zadeh, L. A., and Gaines, B. R.(eds.), *Fuzzy Sets and Decision Analysis*, North-Holland, 519p., 1984.
- [JNNS 1990] *Proceedings of International Conference on Fuzzy Logic & Neural Networks* Vol. I, II, IFSA JNNS, 1990.
- [Miyamoto 1990] S. Miyamoto(ed.), *Fuzzy Sets in Information Retrieval and Cluster Analysis*, Theory and Decision Library Series D, Kluwer Academic Publishers: Netherlands, 1990.
- [Janko 1990] W. H. Janko, M. Roubens and H. J. Zimmermann(ed.), *Progress in Fuzzy Sets and Systems*, Theory and Decision Library Series D. Kluwer Academic Publishers: Netherlands, 1990.
- [IFSA 1990] *Computer, Management and Systems Science*, IFSA'91, Brussels, 1991.
- [NAFIPS 1991] Proceedings of North American Fuzzy Information Processing Society, May, 14~17, University of Missouri-Columbia, 1991.
- [KFMSS 1991 봄] 한국 퍼지 시스템 연구회 '91 춘계 학술 대회 학술 발표 논문집, 한국 퍼지 시스템 연구회, 봄, 1991.
- [KFMSS 1991 가을] 한국 퍼지 시스템 연구회 '91 추계 학술 대회 학술 발표 논문집, 한국 퍼지 시스템 연구회, 가을, 1991.



이 광 형

- 1978년 서울대학교 공과대학 산업공학 학사
- 1980년 한국 과학원 산업공학 석사
- 1982년 프랑스 INSA 전산학과 석사(DEA)
- 1985년 프랑스 INSA 전산학과 공학박사

1988년 프랑스 국가박사(전산학: INSA-LYON I 대)
 1985년부터 한국과학기술대를 거쳐 현재 한국과학기술원에서 부교수로 근무중
 관심분야: Fuzzy systems, Expert systems, Software engineering 등