Fuzzy Cognitive Map-Based Simulation Framework for Supporting Electronic Commerce

Kun Chang Lee[1] and Soon Jae Kwon[2]

[1]Professor of MIS, Sung Kyun Kwan University (leekc@yurim.skku.ac.kr)

[2]Graduate School of Business Administration, Sung Kyun Kwan University

Abstract

As the Internet has been used widely in modern firms for gaining competitive advantage in the market, EC (Electronic Commerce) emerged as one of strong alternatives for this purpose. Many researchers and practitioners have proposed a wide variety of EC frameworks that can consider only the structured conditions, but there exists no EC mechanism in which engaged entities can take into account the various unstructured conditions. With the conventional EC framework, the structured EC conditions such as price, quantity, delivery date, etc. can be fully negotiated during the EC process. However, no studies have been conducted on the issue of incorporating those unstructured conditions which are difficult to represent in an explicit form and therefore hard to consider explicitly during the EC process. They are characterized by causal properties. This means that we should have a new EC mechanism which is capable of dealing with causal knowledge. In this sense, we propose a FCM (Fuzzy Cognitive Map)-based simulation framework for EC to resolve the problem of considering the unstructured conditions during the EC process. We experimented our prototype with several illustrative examples and proved that our approach is robust and meaningful.

1. 서론

전문가시스템은 특정분야의 전문지식을 가장 중요한 문제해결의 원천으로 사용한다. 그러나, 이러한 지식은 일반적으로 불확실하고 퍼지한데, 왜냐하면 대부분의 지식은 불확실하고 다양한 많은 개념들의 인과관계로 표현되기 때문이다. 이러한 애매모호함으로 인해 지식습득 (knowledge acquisition)과 지식처리 (knowledge processing)사이에는 상반관계가 존재하기 마련이다. 즉, 지식표현이 애매모호할수록 지식의 습득은 용이하나, 이를 이용한 지식처리 또는 추론과정은 어려워진다. 반면에 지식의 표현이 간단하고 쉬우면 이를 이용한 지식처리, 즉 추론과정은 쉬워지나, 그러한 지식을 구하는 것은 상대적으로 어려워진다. 퍼지인식도 (Fuzzy Cognitive Map: 이하 FCM이라함)는 이러한 지식습득과 지식처리 사이의 상반관계를 어느정도 해결할 수 있는 대안이 된다 (Kosko 1986). FCM이란 비구조적인 의사결정 문제에 포함되는 다양한 개념들간에 존재하는 인과관계를 표현할 수 있는 퍼지그래프 (fuzzy graph) 구조를 말한다. 따라서 특정 의사결정 문제에 존재하는 다양한 개념들간의 인과관계를 FCM으로 표현하면 이를 이용하여 특정 개념의 변화가 전체 문제에 미치는 영향을 쉽게 추론할 수가 있으며, 아울러 그러한 추론과정을 다른 FCM과 연

결시켜 확장시킬 수도 있다. 따라서 이러한 FCM분석을 통하여 기본적으로 해당 의사결정 문제에 존재하는 다양한 인과관계에 관한 모든 추론을 미리 시뮬레이션할 수가 있으므로 보다 심화된 문제해결 과정을 지원할 수가 있다.

여러 학자들이 FCM에 관련된 연구를 수행하였는바, Montazemi & Conrath(1986)는 정보시스템 설계, 특히 요구분석(requirements analysis)에 FCM을 사용하였고, Taber(1991)는 지식공학적인 측면에서 전문가들의 다양한 FCM을 결합하여 하나의 통일된 전문가적 지식을 유도하는 방법에 관하여 설명하였다. 한편, Styblinski & Meyer(1988)는 회로분석을 위하여 FCM을 적용하는 방법을 소개하였고, Zhang(1988)은 그래프 이론을 분석하고 이를 확장하는데 FCM을 이용하였다. 또한 Gotoh (1989) 등은 플랜트 제어에 FCM을 이용하여 좋은 성과를 나타내었다. 본 연구에서는 다양한 개념들이 포함되고 이들 개념간에 복잡한 인과관계가 내재되어 있는 비구조적인 의사결정 문제를 전자상거래 사례에 응용하여 최적의 의사결정 거래 조건을 살펴보기로 한다. 이에 본 연구에서는 전자상거래에 관한 기존 연구에서 지금까지 등한시 해온 전자상거래 당사자의 의사결정을 지원하는 문제를 다루고자 한다.

본 연구에서 대상으로 하는 전자상거래는 기업대 기업간의 상거래를 의미하는 것으로 이때 전자상거래 당사자인 각 기업은 각각 구조적 조건과 비구조적 조건을 갖는다. 구조적 조건이란, 가격, 수량, 품질, 납기일과 같이 상거래상 명확히 하여야 할 조건을 의미한다. 그러나, 이러한 구조적 조건은 노동조합의 반응, 원자재 수급상황, 예산정책 등 각 거래 당사자가 처해 있는 여러 가지 비구조적 조건에 의하여 영향을 받는다. 따라서, 전자상거래 상대방이 제시하는 구조적 조건에 대하여 합리적인 의사결정을 하기 위해서는 현재 처해있는 회사의 여러 가지 비구조적 조건상황이 구조적 조건에 어떠한 영향을 미치는지를 충분히 분석한 후에 수정조건을 제시하거나 또는 거절하거나 하여야 한다. 그러나, 이미 서술한 바와 같이 지금까지의 전자상거래 연구문헌에서는 이러한 의사결정지원의 필요성에 관심을 갖지 않았다. 따라서, 본 연구의 목적을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 전자상거래 최적조건 추론을 위한 인과관계 지식 (causal knowledge)을 구축한다.

둘째, 전자상거래 조건중 구조적 조건과 비구조적 조건간의 상호관계를 인관관계 지식을 활용하여 분석하여 최선의 조건을 산출하는 과정을 제시한다.

2. 기존문헌조사

전자상거래의 출현과 정보기술(Information Technology: IT)의 급격한 보급은 기존 상거래에 혁신적인 변화를 야기시켜 경제 자체를 정보기반의 경제로 변화시키고 있다 (Shaw et al 1997). 인터넷과 관련된 전자상거래에 의한 거래량도 2000년에는 1170억 달러에 이를 전망이다 (Kalakota & Whinston 1996). 특히 1995년을 기점으로 웹의 사용이 획기적으로 증가하였으며 (O'Keefe 1997), 또한 전자상거래를 통해 거래할 수 있는 품목도 꾸준히 증가하고 있다. 이에 따라 현재 운영되고 있는 상업용 웹 사이트만도 250,000여개로 추산되고 있다. 그러나 이러한 전자상거래에 참여한 기업중에서 반 이상의 기업은 성공적인 결과를 얻지 못하고 있다 (Rebello 1996). 실제로 경제의 모든 면에서 근본적인 변화를 야기시킬 이러한 추세에도 불구하고 많은 기업은 웹과 관련된 기술을 명확히 파악하지 못했으며 특히 이러한 기술이 제공할 수 있는 잠재적인 역량을 어떻게 이용할 것인가에 대해서도 전략적인 대응을 못하고 있는 것이 현실이다.

Riggins와 Rhee (1998)는 전자상거래 유형을 4가지로 나누고 이를 다시 인트라넷, 엑스트라넷, 그리고 인터넷에 따라 다시 정리하였다. 이같은 분류기준에 따른 구체적인 사례를 제시하여 전자

상거래의 유형분류의 타당성을 입증하고자 하였다. Kalakota 등은 (1996)은 계량경영학 (OR)의 기법을 활용하여 전자상거래 당사자에게 필요한 의사결정을 지원하고자 하였다. 이들 연구에서는 이를 위한 적정한 의사결정지원시스템 (DSS)을 제시하고자 개방형 DSS 구조를 제시하였는데 이는 인터넷에 기초한 DSS 구조를 가지고 있다. Kalakota등은 이러한 DSS의 성과를 검증하기 위하여 외환거래의 사례에 적용하여 그 타당성을 입증하고자 하였다. 이 연구는 기본 아이디어가 본 연구의 의도와 비슷해 보이나, 이는 단순히 계량경영 모델을 적용하여 문제를 해결하는 것에 그치고 있으나, 본 연구의 경우는 인과관계 지식기반 전문가시스템을 이용하여, 전자상거래 당사자가 가지고 있는 비구조적 조건과 구조적 조건의 관계를 종합적으로 분석하여 적절한 구조적 조건 수립을 위한 의사결정을 지원하는 것이다. 한편, Bailey와 Bakos (1997)의 연구에서는 전자상거래가 오히려 전자중개 (electronic brokerage) 활동을 더욱 활성화 시킬 것이라는 가설을 제시하고 이를 입증하기 위한 구체적인 사례 두 가지를 설명하고 있다. 또한, 중소기업을 위한 웹 마케팅의 가능성과 그 전략적 유효성을 제시하는 연구도 있다 (O'Connor & O'Keefe 1997). 그리고 Shaw 등 (1997)은 전자상거래에 관련된 향후 연구방향을 기업과 소비자간의 인터페이스에 관한 연구, 기업과 관련 기업간의 연결에 관한 연구, 기업내에서의 조정 등 3가지로 정리하고, 이들 각 연구방향의 가능성을 정리하였다.

이밖에도 소비자와 생산자간의 효과적인 연결이나 소비자의 만족 극대화를 위한 쇼핑몰 설계, 소비자들의 소비행동론적 연구도 있다 (Appelgate et al. 1996; Bakos 1998; Strader & Shaw 1997; Whinston 1997). 먼저 전자상거래를 조직간 시스템 관점을 중심으로 바라보는 연구가 있는데 조직간 시스템이란 정보통신 기술을 기반으로 한 일반적인 기업의 범위를 능가하는 범위를 갖는 시스템을 의미한다(Bakos, 1991; Chismar and Meier, 1992; Konskynski, 1993; Kumar and Dissel, 1996). 이러한 조직간 시스템의 출현은 전통적인 기업 환경과는 달리 기업의 분산화 경향과 정보통신 기술의 발전에 크게 영향을 받고 있다. 특히, 인터넷의 발전에 힘입어 원거리에 존재하는 기업들이 거래를 해야할 필요성이 증대함에 따라 전자상거래에서의 조직간의 시스템은 매우 중요한 역할을 차지하게 되었다.

전자상거래를 마케팅의 새로운 매체로 보는 연구도 있는데 Hoffman 과 Novak (1996)은 하이퍼미디어 컴퓨터 중재환경(Hypermedia Computer-Mediated Environments: CME)에서의 마케팅을 소개하면서 인터넷과 같은 대구모 환경에서의 고객의 항해모델을 제시하였다. 또한 Jarvenpaa 과 Todd (1997)는 전자상거래 상에서의 고객의 구매 행위에 영향을 미치는 요인을 실증분석을 통하여 검증하였다. 한편, Lohse 와 Spiller (1998)는 전자상거래를 행하는 쇼핑몰의 유형을 분류하고 이들 쇼핑몰이 갖추어야 할 조건으로 상품(Merchandise), 서비스(Service), 촉진(Promotion), 편리성(Convinience), 지불수단(Checkout), 항해량(Store Navigation) 등을 들었다.

3. 인과관계지식

전자상거래에 있어서 공개적으로 협상의 조건이 되는 제약조건은 구조적인 지식으로 볼 수 있다. 그러나 거래의 조건을 제시하기 위해서는 생산자나 구매자 모두 내부의 비구조적인 제약조건을 고려해야만 한다. 이 내부적인 비구조적인 조건은 공개적인 구조적 조건의 변화에 따라 상당히 민감한 영향을 받으며 미미한 변화가 전체조건에 큰 영향을 미칠 수 있다. 그러나 실시간적이고 온라인상인 전자상거래에 있어서는 빠른 조건제시와 이에 따른 의사결정이 필수적인 조건이므로 기존의 의사결정체제로는 차별적 경쟁력을 위한 고객지원과 서비스를 기대하기 어렵다. 따라서 실시간적으로 구조적 제약조건의 변화에 따른 비구조적 제약조건을 추적, 검토하여 구조적 제약조건에 피드백시키는 유연한 정보흐름이 필요하다. 이러한 구조적, 비구조적 지식의 상호간 영향을 표

현하고 반영하기에는 인과관계지식이 적합하다.

3.1. 인식도

1976년 Axelrod에 의하여 소개된 '인식도' (Cognitive Map:이하 CM으로 약함)는 본래 정치 및 사회과학에서 지식을 표현하는데 이용되었다. 이러한 CM는 주어진 문제영역내의 각 개념들 사이에 존재하는 인과관계 (cause-effect relationship)를 나타내는 유향성 그래프 (directed graph)이다. 즉, CM내의 임의의 두 변수를 택하여 어느 한 변수의 상태가 다른 변수의 상태에 얼마만큼 영향을 주는지를 알아보는 것이다. 예를 들어, [그림 1]에서 보면, 위생시설이 개선되면 질병발생율이 줄어든다. 그러나 위생시설의 개선은 인구유입을 초래하기 때문에 그로 말미암아 쓰레기와 세균을 증가시킬 것이고 이는 결국 위생시설의 증가에 따른 효용을 감소시키거나 또는 상쇄시킬 것이다.(Montazemi and Conrath, 1986)

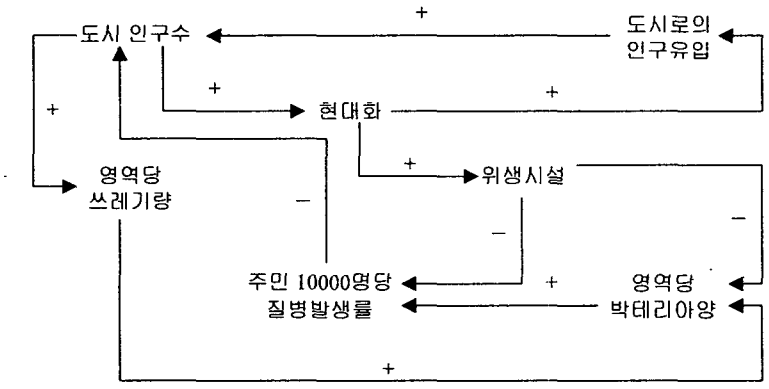
일반적으로 CM는 다음과 같은 세 가지 목적을 위하여 사용될 수 있다.

(1) 정보시스템(IS: Information Systems) 내의 부적합한 개념 또는 관련자료를 확인하기 위해

(2) 특정 의사결정에 관련이 있는 새로운 개념을 찾기 위해

(3) 특정 환경요인의 변화에 따른 연쇄변화의 흐름을 제공하는 인과관계 지식베이스 (causal knowledge base)를 구축하기 위해 (Taber, 1991)

[그림 1] 계획을 위한 CM



의사결정 분야에서 이러한 CM를 사용하는 주요이유를 살펴보면, 첫째 CM을 통하여 문제에 접근하면 의사결정환경의 구조를 한눈에 파악할 수 있으며, 둘째 의사결정환경에 대한 포괄적인 정보를 확보하여 그 이해를 쉽게 할 수가 있다. 마지막으로 포함된 여러 개념들의 상대적인 정보가치를 파악하여 의사결정에 활용할 수 있다 (Montazemi & Conrath 1986). 이러한 특징을 갖는 CM는 다음과 같은 세단계를 거쳐 완성된다.

(1) 먼저 CM 작성시 그 작성목적을 분명히 하여야 한다. 만약 이 목적이 불분명하면 결과적으로 CM에 불필요한 개념들이 포함되어 그 규모가 필요이상으로 커지기 때문에 CM 석시 정확한 인과관계해석이 어려워지기 때문이다.

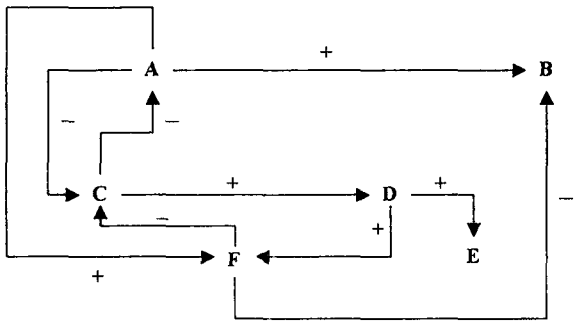
(2) 사용목적에 알맞는 개념을 찾아야 한다. 즉, 목적적합적인 개념으로 CM를 구성하여야 비로서 인과관계를 파악할 수가 있는 것이다.

(3) 개념들 사이에 존재하는 인과가중치를 결정한다. 이러한 인과가중치를 결정하는 방법은 의사결정자의 주관적인 판단에 기초하거나 (Axelrod 1976; Eden, Jones, and Sims 1979), 설문

서를 작성하여 그 결과를 종합하여 결정하거나 (Montazemi and Conrath 1986) 또는 인공신경망 (Neural network)을 이용한 학습방법을 적용하는 방법 (Caudill 1990) 등이 있다.

이해를 돕기 위하여 [그림 2]를 살펴보자. [그림 2]에는 6개의 개념들 사이에 존재하는 인과관계가 도시되어 있다.

[그림 2] 가상적인 CM



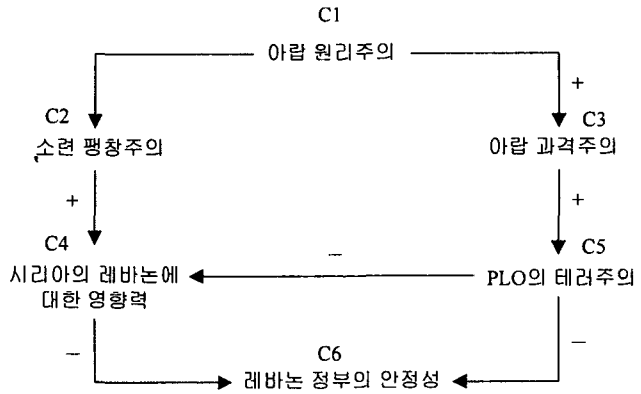
우선 첫째 사용목적을 설명하여 보자. 정보시스템내의 부적합한 자료는 해당 의사결정의 결과에 아무런 영향을 미치지 못하는 개념과 관련된 자료를 의미한다. CM내에 나타난 개념간의 인과관계를 분석하면 의사결정자는 특정개념과 관련된 자료가 주어진 전략계획 의사결정에 적합한지 아닌지를 쉽게 파악할 수 있다. 예를 들어 어느 의사결정자가 개념 F의 상태에 관심을 갖고 있다고 하자. [그림 2]를 보면 A와 D가 F에 직접적으로 영향을 주고 C는 D를 거쳐서 F에 간접적으로 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 반면에 B나 E는 F에 전혀 영향을 주고 있지 못함을 알 수 있다. 이 같은 결정은 CM 분석이 아닌 직접적인 질문이나 또는 관찰로는 파악하기 어렵다.

두번째 사용목적에 대해서 알아보자. 우리는 이렇게 질문을 던져 볼 수 있다. "CM에 기초한 인과관계 지식이 시스템 전체적으로 보아 제대로 작동을 하고 있는가?". 만약 A와 D가 상대적으로 낮은 상태임에도 불구하고 F가 상대적으로 높은 값을 보일때 이는 CM에 나타나 있는 인과관계와는 괴리된 것이다. 즉 CM에 의하면 A와 D가 낮은 값을 보이면 F도 낮아져야 하는 것이다. 따라서 이는 예측하였던 바가 아니며 이는 F에 영향을 주는 또 다른 개념이 존재한다는 것을 의미하는 것이다. 따라서 우리의 관심사는 그러한 개념을 찾아서 이를 반영하는 새로운 CM를 만들어 상황변화에 따른 CM 분석의 효과를 극대화할 수 있다. 이는 두번째 형태의 CM 사용가능성이다.

세번째 형태의 CM사용은 특히 전문가시스템의 영역에서 매우 흥미롭게 적용될 수 있다. 즉, CM를 지식추출 (knowledge extraction)을 위한 도구로써 활용하므로써 전문가 시스템이 사용되어지는 환경의 변화를 인지하여 그 불확실성을 감안하는 효과적인 전문가 시스템을 구축할 수가 있다. 이러한 인식하에 Kosko (1986)는 인과가중치 (Causation weights)가 -1에서 1까지의 값을 갖는 보다 일반화된 퍼지인식도를 제시하였다.

본 연구에서 관심이 있는 사용목적은 세번째 목적으로서 이를 위한 기본작업중의 하나로서 인식도 행렬 (CM matrix) 또는 인접행렬 (adjacency matrix) 개념을 소개하기로 한다. 이를 위해 또하나의 예를 들어보자. 1982년 여름 로스엔젤레스 타임즈에실린 헨리 키신저 박사의 중동평화에 관한 기고에 기초하여 CM을 도시하면 다음 [그림 3]과 같다 (Kosko 1986).

[그림 3] 중동평화 정책을 위한 인식도



[그림 3]의 인식도에는 6개의 개념이 나타나 있다. 즉, C_1은 '아랍 원리주의'이고 C_2는 '소련의 팽창주의', C_3는 '아랍 과격주의', C_4는 '시리아의 레바논에 대한 영향력', C_5는 'PLO의 테러주의', 그리고 마지막 C_6는 '레바논 정부의 안정성'을 나타낸다. 그리고 각 개념간의 인과관계가 잘 나타나 있다. 이와 같은 인식도를 기초로 하여 인접행렬 (adjacency matrix)를 만들 수 있는데 이를 이용하면 각 개념간의 '개념적 집중도'(conceptual centrality)를 구할 수 있다. [그림 3]에 대한 인식도 행렬 (CM matrix) 또는 인접행렬인 $\underline{\mathbf{E}}$를 구하면 [그림 4]와 같다.

[그림 4] 중동평화 정책을 위한 인식도 행렬

$$\mathbf{E} = \begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array}$$

이와같은 인식도 행렬을 수리적으로 표현하여 보자. C_1, C_2, ..., C_n를 인과관계가 있는 개념들이라 하고, $e_{ij} = e(C_i, C_j)$를 인과 edge 함수값으로 C_i가 C_j에게 주는 인과관계 크기의 양이라고 하자. 주어진 인식도에서 인과 edge값들의 행렬인 인식도 행렬을 $\underline{\mathbf{E}} = (e_{ij})_{1<i,j<n}$ 라 하면 이는 CM상에서의 모든 one-edge 경로를 열거한 것이다. $\underline{\mathbf{E}}^2 = [e_{ij}^{(2)}] = \underline{\mathbf{E}} \times \underline{\mathbf{E}}$ 는 CM 상의 모든 two-edge 경로를 나타낸다. 한편, 인과관계 개념 노드 C_i의 개념적 집중도는 $CEN(C_i)$로 나타내며 다음과 같이 정의된다 (Kosko 1986).

$$CEN(C_i) = IN(C_i) + OUT(C_i),$$

여기서, $IN(C_i) = \sum_{k=1}^{n} \overline{e_{ik}}$, $\quad OUT(C_i) = \sum_{k=1}^{n} \overline{e_{ki}}$

절대값들의 열의 합 $IN(C_i)$ 는 개념 C_i에 인과관계의 영향을 미치는 개념들의 수를 의미하고, 절대값들의 행의 합 $OUT(C_i)$는 개념 C_i가 인과관계로 영향을 미치는 개념들의 수를 의미한다. 그러므로 개념적 집중도 $CEN(C_i)$는 CM 상에서 인과관계 흐름에서의 개념노드 C_i의 중요도를 나타낸다. [그림 4]에서의 인식도 행렬에서 각 개념노드의 개념적 집중도를 산출하면 다음과 같다.

$CEN(C_1) = IN(C_1) + OUT(C_1) = 0 + 2 = 2$
$CEN(C_2) = IN(C_2) + OUT(C_2) = 1 + 1 = 2$
$CEN(C_3) = IN(C_3) + OUT(C_3) = 1 + 1 = 2$
$CEN(C_4) = IN(C_4) + OUT(C_4) = 2 + 1 = 3$
$CEN(C_5) = IN(C_5) + OUT(C_5) = 1 + 2 = 3$
$CEN(C_6) = IN(C_6) + OUT(C_6) = 2 + 0 = 2$

이와 같이 [그림 3]에서 표현된 6개의 개념 노드중 C_4(시리아의 레바논에 대한 영향력)와 C_5(PLO의 테러주의)가 상대적으로 중요한 개념이라고 볼 수 있다. 이는 결국 이 두개념에 대한 변화에 주의와 관심이 요구된다는 것을 의미한다. 그러나 일반적으로 우리가 접할 수 있는 대부분의 개념들은 그 자체가 퍼지한 개념이므로 따라서 개념간의 인과관계 역시 퍼지할 수밖에 없다. 따라서 주어진 의사결정 문제에 대한 효과적인 인과관계 지식베이스를 구축하기 위해서는 이와 같은 개념 및 인과관계를 퍼지화하여야 하며 이와 같이 퍼지화된 CM을 FCM이라 한다. 다음 3.2 장에서는 FCM에 대한 일반적인 내용을 소개하기로 한다.

3.2 퍼지인식도

전술한 CM을 좀더 일반적인 퍼지인식도로 확장이 가능한데, 즉 FCM은 피드백이 가능한 퍼지한 양 또는 음의 부호가 있고 방향이 있는 그래프로서 개념들의 집합과 개념간의 인과관계로서 현실문제를 모형화 한다. 즉, 인과관계함수 e_{ij}가 퍼지하다고 가정하면, (즉, -1과 1 사이값을 가짐) 퍼지 인식도 행렬 (FCM matrix)도 CM의 경우와 같이 구할 수 있으며, 아울러 FCM내에 포함된 개념들의 개념적 집중도 역시 CM에서와 같이 구할 수 있다. Kosko(1986)에 의해 소개된 처지인식도, 즉 FCM은 1976년 Axelrod에 의하여 소개된 인식도(Cognitive Map: CM)를 확장한 것이다. CM은 주어진 환경내의 각 개념들 사이에 존재하는 인과관계(cause-effect relationship)를 나타내는 부호가 있는 유향 그래프로서 한 변수의 상태가 다른 변수의 상태에 얼마만큼 영향을 주는지를 나타낸다. 이 때 노드(node)는 개념변수를 나타내고 연결선은 두 개념간에 존재하는 인과적 접속관계를 나타낸다. 개념노드 A에서 B로의 플러스(+) 부호가 있는 연결선은 A가 B를 인과적으로 증가시킴을 나타내고 A에서 B로의 마이너스(-)부호가 있는 연결선은 A가 B를 인과적으로 감소시킴을 나타낸다. Kosko(1986)는 인과관계의 정도와 개념변수의 발생강도를 표현할 수 있는 FCM을 제시하였다. FCM은 개념노드 C_i, C_j를 퍼지집합을 포함하는 퍼지개념으로 표현하며 이 퍼지개념사이의 인과관계 또한 퍼지인과 관계로 본다. 이를 도식화하면 다음과 같으며 a는 퍼지개념사이의 퍼지인과 관계이다.

$C_i, \longrightarrow C_j$

a

할인정책의 향상 $\longrightarrow$ 납품업자 선호도의 증가

+

노사분규의 증가 $\longrightarrow$ 구매담당자의 구매욕구

-

여기서 향상, 증가 등이 방향을 나타내는 퍼지집합이고 + 는 양의 인과관계를 나타내며 - 는 음의 인과관계를 나타낸다. 또한 퍼지인과관계 또한 퍼지집합처럼 소속의 정도를 수치로 표현 할 수 있으므로 다음과 같이 퍼지인과관계의 소속함수값만 나타내기도 한다.

할인정책의 향상 $\longrightarrow$ 납품업자 선호도의 증가

0.8

노사분규의 증가 ———▶ 구매담당자의 구매욕구

-1.0

예를 들어, [그림 3]에서 제시된 키신저 박사의 중동평화에 관한 인과관계 지식을 다시 한번 살펴보면 FCM에는 인과관계 피드백 순환루프가 여러 곳에 있을 수 있다. 그러한 피드백 때문에 전문가는 자유롭게 문제에 대한 인과관계 경로를 그릴 수 있고, 표본 데이터로부터 인과관계 경로를 추론하기 위한 인과관계 적응규칙을 생성할 수도 있다. 본 논문에서는 FCM을 동적시스템(dynamic system)으로 보고, 시간이 경과함에 따라 특정한 균형상태 (stable state)로 수렴한다고 가정한다. 따라서 주어진 외부자극에 대해서 FCM으로 표현된 인과관계 동적시스템은 반응하며 이를 시간의 경과에 따른 "전방향 진행추론" (forward-evolved inference)이라고 한다 (Kosko 1992). [그림 3]에서의 인과관계 지식을 이용하여 FCM에 의한 전방향 진행추론을 살펴보자. 이러한 추론을 하기에 앞서 우선 개념들로 구성된 '개념노드 벡터' (concept node vector)를 가정하자. [그림 3]에는 6개의 개념노드가 있다. 따라서 우리는 개념노드 벡터 $\underline{C}$를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$\underline{C} = (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6)$

이때 각 개념노드는 [그림 3]의 개념을 의미한다. 예를 들어 아랍 원리주의 (Arab Fundamentalism)가 미치는 영향을 분석하려면 C_1을 1로 둔 다음과 같은 개념노드 벡터를 전제하여야 한다.

$\underline{C}_1 = (1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0)$

이를 그림 14에서의 인식도 행렬 $\underline{E}$와 곱하면

$\underline{C}_1 \times \underline{E} = (0\ -1\ 1\ 0\ 0\ 0) \longrightarrow (1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0) = \underline{C}_2$

와 같이 계산된다. 이때 화살표는 1/2 임계치 기준을 적용한 것으로서 1/2보다 크면 1, 작으면 0으로 간주한 것이다. $\underline{C}_2$는 첫번째 요소를 1로 하고 있는데 이는 첫번째 개념노드인 '아랍 원리주의'의 영향을 보고자 하기 때문이다. 같은 방법으로 $\underline{C}_2$에 인식도 행렬을 곱하면,

$\underline{C}_2 \times \underline{E} = (0\ -1\ 1\ 0\ 1\ 0) \longrightarrow (1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0) = \underline{C}_3$

이 되고, 우리는 여기에서 다섯번째 개념노드가 1로 수정된 것을 볼 수 있다. $\underline{C}_3$에 인식도 행렬을 다시 곱하면,

$\underline{C}_3 \times \underline{E} = (0\ -1\ 1\ -1\ 1\ -1) \longrightarrow (1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0) = \underline{C}_3$

우리는 $\underline{C}_3$가 [그림 3]에서 주어진 인식도의 균형상태임을 알 수 있다. 균형상태에서 보면 결국 아랍 원리주의가 계속 견지되는 한, 아랍 과격주의 (세번째 개념노드)가 일어날 것이며 이는 다시 PLO의 테러주의를 부채질할 것임을 쉽게 예측할 수 있다. 아울러 소련의 팽창주의는 오히려 감소되나 레바논 정부의 힘이 그만큼 약해져서 레바논내의 정치적 불안이 초래될 수 있음을 알수 있다. 결국 우리는 아랍 원리주의가 중동평화에 전체에 미치는 복합적인 영향이 어느정도인지를 이와 같은 전방향 진행추론을 통하여 알 수 있는 것이다. 마찬가지로 이와 같은 FCM 접근법을 경영과학분야의 여러 의사결정 문제에도 적용해 볼 수 있을 것이다.

3.3 기존 FCM 추론방식의 고찰

FCM은 유향성 그래프 형태이므로 FCM에 의한 추론은 FCM을 인접행렬(adjacecy matrix)형태로 바꾼 후(이를 FCM행렬이라 부름) 퍼지벡터와 퍼지행렬간의 연산 형태를 취할 수 있다. 근사추

론(approximate reasoning)에서는 주로 Max-Min 방식을 취하고 있다. 이는 Max 연산은 t-conorm 중에, Min 은 t-norm 중에서 다음 관계식이 성립하는 가장 일반적인 연산방식이기 때문이다(t-conorm과 t-norm 의 특성과 정의에 대해서는 Dubois와 Prade, 1980 참조).

$$t(a,b) \le \mathrm{Min}(a,b) \le \mathrm{Max}(a,b) \le c(a,b).$$

여기서 t(a,b)는 모든 t-norm을 가르키고, c(a,b)는 모든 t-conorm을 가르킨다. 따라서 특별한 사유가 없는 경우 Max 와 Min을 기본 연산으로 선택하게되는 것이다. 그러나 Max-Min 방식은 FCM에 음의 인과관계가 존재하는 경우 그 의미가 전혀 다른 추론결과가 유도됨을 볼 수 있다. Max-Min방식의 추론이 부적합하다는 것을 보이기 위해 다음과 같은 간단한 세 개의 FCM행렬이 있다고 가정하자.

$$A=\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} a & b & c \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0 \end{pmatrix} \end{array} \qquad B=\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} a & b & c \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.7 & 0 \end{pmatrix} \end{array} \qquad C=\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} a & b & c \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array}$$

입력벡터가 (1 0 1)이라고 할 때, 이들 세 개의 FCM행렬을 이용한 출력벡터는 다음과 같다. 여기서 ∘ 는 Max-Min 연산이다.

(FCM행렬 A)

$$(1\ 0\ 1)\circ\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} a & b & c \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0 \end{pmatrix} \end{array} = (0\ 0.9\ 0)$$

(FCM행렬 B)

$$(1\ 0\ 1)\circ\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} a & b & c \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.7 & 0 \end{pmatrix} \end{array}$$

(FCM 행렬 C)

$$(1\ 0\ 1)\circ\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} a & b & c \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array} = (0\ 0.9\ 0)$$

위의 값에서 FCM 행렬 B의 경우 -0.7이 음의 값이므로 일반적인 Max-Min 방식을 쓸 수는 없다. 그러나 이를 양의 값으로 바꾸어 보면 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$(1\ 0\ 1)\circ\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} a & b & c \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0 \end{pmatrix} \end{array} = (0\ 0.9\ 0)$$

이상에서 보듯이 세 개의 FCM은 큰 차이가 있지만, 같은 입력벡터 (1 0 1)에 대해 그 추론결과는 같다는 현상이 발생하였다. 극단적으로 음의 인과관계가 있는 FCM행렬 B의 경우, FCM행렬 C의 경우와 같이 전혀 음의 인과관계가 없는 경우와 다를 바 없다. 또한 Max-Min으로 추론하였을 경우 FCM행렬 A에서 a와 c가 각각 b에 0.9와 0.7로 연결되어 있으나 그 영향력은 둘 중 Max 값인 0.9로 선택된다. 만약 두 값이 0.9와 0.9로 같다고 해도 0.9가 된다. 그런데 FCM행렬 C의 경우는 a만이 b에 0.9로 연결되어 있으나 b의 값은 0.9로 추론된다. Taber(1991)는 FCM의 추론방식으로 대수합(algebraic sum)과 대수곱(algebraic product)을 사용하였다. 즉 대수적 행렬-벡터곱을 사용한다. 그러나 Taber는 이렇게 연산되어 나온 결과값을 개념의 강도로 해석하지 않고 단지 그 개념이 발생했는지 여부만을 취함으로 인해 결과값에 임계치를 적용하여 1 또는 -1 로 대별시킨

다. 즉, 단순히 값이 (+)인 경우는 1로, (-)인 경우는 -1으로 전환하고 0인 경우는 계속 0으로 남게하는 방식을 취한다. Taber의 이러한 추론방식을 위의 3가지 FCM에 다시 적용해 보자. 여기서 ∘ 는 Taber의 연산을 나타낸다.

(FCM행렬 A)

$$(1\ \ 0\ \ 1)\circ\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \end{array}\begin{array}{c}\begin{array}{ccc} a & b & c \end{array}\\ \begin{pmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0 \end{pmatrix}\end{array} = (0\ \ 1\ \ 0)$$

(FCM행렬 B)

$$(1\ \ 0\ \ 1)\circ\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \end{array}\begin{array}{c}\begin{array}{ccc} a & b & c \end{array}\\ \begin{pmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.7 & 0 \end{pmatrix}\end{array} = (0\ \ 1\ \ 0)$$

(FCM 행렬 C)

$$(1\ \ 0\ \ 1)\circ\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \end{array}\begin{array}{c}\begin{array}{ccc} a & b & c \end{array}\\ \begin{pmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}\end{array} = (0\ \ 1\ \ 0)$$

Taber의 방식 또한 앞에서의 Max-Min 방식과 크게 다를 바 없으며 오히려 정교성이 떨어지고 있다. Kosko(1992)는 또 다른 추론방식을 제시하였다. 그는 1/2이란 임의의 임계치를 두어 Taber와 같이 보통의 벡터-행렬곱을 사용하되 그 결과를 1/2 이란 하나의 임계치로 잘라 그 이상은 1, 그 이하는 0으로 간주한다. 이러한 Kosko의 추론방식을 위의 3개의 FCM행렬에 적용하면 Taber의 결과와 일치하지만 사실은 Taber는 2개의 임계치 (0 보다 큰, 0 미만)를 사용한 것이 되므로 Kosko의 방식이 Taber보다 오히려 정교성이 떨어진다고 볼 수 있다. 또한 추론과정에서 (-)값을 도외시하는 결과를 초래한다. 이상과 같은 FCM에서의 추론 방식을 고찰해 본 결과 FCM의 추론을 위해서는 보다 정교하고 인과관계의 의미를 잘 반영해 줄 수 있는 방법이 요청된다.

3.4 FCM 추론원칙

새로운 FCM에서의 추론방법 제시를 위해 본 연구에서는 다음과 같은 다섯 가지 FCM 추론원칙을 제안한다. 이러한 추론원칙의 제시는 특정한 추론방법 자체보다 그 방법에 깔린 논리를 더 중시함으로써 보다 의미있는 추론방법을 채택할 수 있는 근거를 마련하기 위함이다. 또한 이러한 배경논리가 준수된다면 어느 하나의 추론방법을 고집할 필요가 없는 개방성을 제공하는 근거가 될 수 있다.

- 추론원칙 1. 두 개의 인과관계가 같은 결론을 지지하고 있으면 이들 두 인과관계의 결합값은 어느 하나 보다도 커야한다.
- 추론원칙 2. 인과관계 e_{ij}에 또 다른 인과관계 e_{jk}가 순차적으로 연결되어 있으면 그 결합 인과관계값의 절대값은 두 인과관계값의 절대값중 작은값보다는 같거나 작다.
- 추론원칙 3. 각 연결선값의 결합순서에 따라 결과값이 달라져서는 안된다.
- 추론원칙 4. (+) 값은 (-) 값과 대칭되는 강도를 가진다.
- 추론원칙 5. 인과관계 추론 결과값의 범위는 [-1, 1]사이에 있다.

추론 원칙 1은 퍼지 가법(fuzzy additive method)과 같은 맥락을 취하고 있다. 퍼지가법이란 동일한 결론을 두고 여러 증거가 집적될 수 있다면 단순히 그 중에 가장 큰 값(Max)을 취하는 것보다는 축적되는 증거에 따라 결론의 소속함수값을 강화시키는 방법을 말한다(Cox, 1995). 그러나 추론 원칙 1을 그대로 적용하기에 앞서 "지지"한다는 의미를 명확히 할 필요가 있다. 퍼지집합에서는 무모순의 법칙(law of noncontradiction)이 성립하므로 임의의 퍼지집합 A가 있을 때 $A \cap \tilde{}A \neq \phi$이 성립할 수 있다. 그리고 표준여집합 연산자의 경우 $\mu_{\tilde{}A}(x) = \mu_A{}^c(x) = 1 - \mu_A(x)$ 가 성립하므로 0.5 보다 작은 값으로 퍼지집합 A가 된다고 한다는 것은 오히려 ~A 임을 더 강조하는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 추론원칙 1의 "지지"한다는 것은 인과관계의 강도가 0.5이상은 되

어야 한다는 것으로 해석할 수 있다. 이제 우리는 위의 추론원칙을 준수하는 다음과 같은 FCM 행렬-벡터 곱 ⊗ 을 정의한다.

정의 1: FCM행렬 M(nxp)이 있을 때, 입력 퍼지 행벡터(fuzzy row vector)를 A, 출력 퍼지 행벡터를 B라 하면 FCM 행렬-벡터 곱 A ⊗ M = B 에서 j번째 B의 원소 b_j는 다음과 같다.

$$b_j = \mathrm{Min}^*(a_1, m_{1j}) \circ \mathrm{Min}^*(a_2, m_{2j}) \ ,\ldots., \mathrm{Min}^*(a_{n-1}, m_{n-1,j}) \circ \mathrm{Min}^*(a_n, m_{nj})$$

여기서 나타나는 Min^* 함수는 임의의 두 실수 y, z가 있을 때 절대값이 작은 것을 선택하는 함수를 말하나 결과값의 부호는 y × z 에 따른다. 즉 $\mathrm{Min}^*(0.4, -0.7) = -0.4$이다. 위의 식에서 ∘ 는 다음과 같이 정의된다. A와 B를 임의의 퍼지집합 또는 퍼지관계라 하자. 그러면

$$\forall x \in X,\ \mu_{A\circ B}(x) = \eta(\ \mu_A(x) + \mu_B(x) - \delta(\mu_A(x), \mu_B(x)) \times 0.5) \quad \text{이고}$$

여기서 $|\mu_A(x)| + |\mu_B(x)| > 0.5$ 이거나 ,
$|\mu_A(x)| + |\mu_B(x)| = 0$ 이어야 하고,

$$\delta(y, z) = \begin{cases} +1 & \text{if } \zeta(y, z) > 0 \\ 0 & \text{if } \zeta(y, z) = 0 \\ -1 & \text{if } \zeta(y, z) < 0 \end{cases}$$

이다. ζ(y, z)는 y, z 중 절대값이 작은 수를 말한다. 만약 y, z의 절대값이 같을 경우, 부호가 같으면 y나 z가 되고, 부호가 다르면 ζ(y, z)는 0이 된다. 또한 η(y) 는 1이상의 값을 1로, -1 이하의 값을 -1로 절단하는 다음과 같은 함수이다.

$$\eta(y) = \begin{cases} +1 & \text{if } y > 1 \\ y & \text{if } -1 \le y \le 1 \\ -1 & \text{if } y < -1 \end{cases}$$

이때 y, z는 임의의 실수이다.

정의 1의 식의 적용은 $|\mu_A(x)| + |\mu_B(x)| > 0.5$ 이거나 $|\mu_A(x)| + |\mu_B(x)| = 0$인 경우에만 적용되는데 만약 이를 만족하지 못할 때에는 $|\mu_A(x)| + |\mu_B(x)| > 0.5$ 가 되는 형태로 인과관계 값을 바꾸어 쓰면 된다. 정의 1을 이용한 추론 방법의 장점은 추론의 연쇄가 길어도 대수곱을 이용한 방식과는 달리 추론값이 급격히 작아지지 않는다는 것이다. 이 추론방법은 양방향 개념들간의 추론에서만 쓰여진다. 다시 말하면 C_i 를 구성하는 Q_i 와 $\sim Q_i$ 가 모두 존재해야만 한다. 이제 이러한 추론원칙과 연산방법을 이용하여 앞에서와 같은 세 개의 FCM행렬 A,B,C에 적용하기로 하자.

(FCM 행렬 A)

$$(1\ 0\ 1) \otimes \begin{bmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0 \end{bmatrix} = (0\ 1.0\ 0)$$

(FCM 행렬 B)

$$(1\ 0\ 1) \otimes \begin{bmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.7 & 0 \end{bmatrix} = (0\ 0.7\ 0)$$

(FCM 행렬 C)

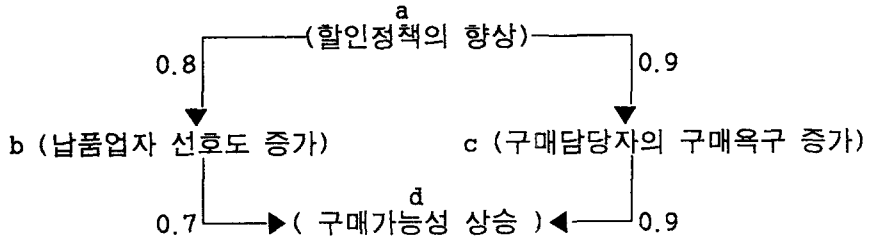
$$(1\ 0\ 1) \otimes \begin{bmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0\ 0.9\ 0)$$

FCM행렬 A의 경우 2개의 양의 인과관계가 합쳐져 추론결과 b의 소속함수값이 1.0이 되었고, FCM행렬 B의 경우 서로 반대되는 인과관계에 의한 상쇄작용에 의해 b의 소속함수값이 0.7로 되었다. 행렬 B의 경우 정리 4를 써서 다음과 같이 행렬 B로 고쳐 보더라도 결과는 같음을 알 수 있다.

$$(1\ 0\ 1) \otimes \begin{bmatrix} 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0 \end{bmatrix} = (0\ 0.7\ 0)$$

이는 0.3 과 같이 약한 양의 인과관계와 결합되면 오히려 원래의 값(0.9)보다 떨어짐으로 해석할 수 있고, 0.3의 입장에서 보면 0.9와 결합되므로 0.7로 강화되었다고 볼 수 있다. 마지막으로 FCM 행렬 C는 하나의 인과관계에 의해 소속함수값이 0.9가 되었다. 이와 같이 정의된 추론방법을 다음의 [그림 5]의 FCM에 적용시켜 보자.

[그림 5] 전자상거래 기업에서의 비구조적 조건간의 인과관계지식의 예



우선 개념노드 벡터 $\underline{C}$를 다음과 같이 정의한다.

$$\underline{C} = (C_1, C_2, C_3, C_4)$$

이때 각 개념노드는 [그림 1]의 개념을 의미한다. [그림 5]에 나타난 FCM에 기초하여 FCM행렬 $\underline{E}$를 구하면 다음과 같다.

$$\underline{E} = \begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0.8 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.7 \\ 0 & 0 & 0 & 0.9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

이러한 FCM 행렬을 토대로 할인정책이 구매가능성에 미치는 미치는 영향을 분석할 수 있는데, 이를 위해서 먼저 $C_1 = 1$로 둔 다음과 같은 개념노드 벡터를 전제한다.

$$\underline{C}_1 = (1\ 0\ 0\ 0)$$

이를 그림 1의 FCM 행렬 $\underline{E}$와 앞 절에서 정의한 FCM 행렬-벡터곱을 적용하면(이하 곱한다는 표현을 쓰겠음),

$$\underline{C}_1 \otimes \underline{E} = (0\ 0.8\ 0.9\ 0) \longrightarrow (1\ 0.8\ 0.9\ 0)$$
$$= \underline{C}_2$$

이때 화살표는 시작개념 노드인 C_1 을 계속 1로 두는 것을 말한다. 이는 할인정책이 결국 어디까

지 영향을 미치는지를 알아야 하므로 다음 연산에서도 계속 1을 유지해야 하기 때문이다. 같은 방법으로 $\underline{C_2}$에 FCM 행렬을 곱하면,

$\underline{C_2} \otimes \underline{E}$ = (0 0.8 0.9 1) ⟶ (1 0.8 0.9 1)
= $\underline{C_3}$

이 되고, $\underline{C_3}$에 FCM 행렬을 다시 곱하면,

$\underline{C_3} \otimes \underline{E}$ = (0 0.8 0.9 1) ⟶ (1 0.8 0.9 1)
= $\underline{C_3}$

로 균형상태에 도달한다. 우리는 $\underline{C_3}$가 FCM행렬 $\underline{E}$에 의한 추론의 최종 균형상태임을 알 수 있다. 즉, FCM은 $\underline{C_1}$이 주어진 What-If 질문에 대하여 FCM내의 각 개념노드의 퍼지 소속함수값, 즉 어느 정도나 각 개념들이 발생할 것이냐 하는 것을 추론한 것이다. 균형상태에서 보면 결국 할인정책이 계속적으로 견지되는 한, 납품업체의 납품선호도가 증가하고 구매자의 구매욕구가 상승하여 이는 결국 구매자의 구매가능성을 향상시키는 것으로 쉽게 예측할 수 있다. FCM을 시간이 지남에 변하는 하나의 동적 시스템(dynamic system)으로서 파악한다면, 결국 FCM에 의한 추론이란 외부의 자극에 대해 FCM으로 표현된 동적 인과관계 시스템이 어떻게 반응하는지를 의미하는 것이다. 이 자극으로 인해 혼동된 시스템 상태가 다음 상태로 이전하는 동작을 말하는 것이라 할 수도 있다.

4. FCM에 기초한 전자상거래 의사결정 분석

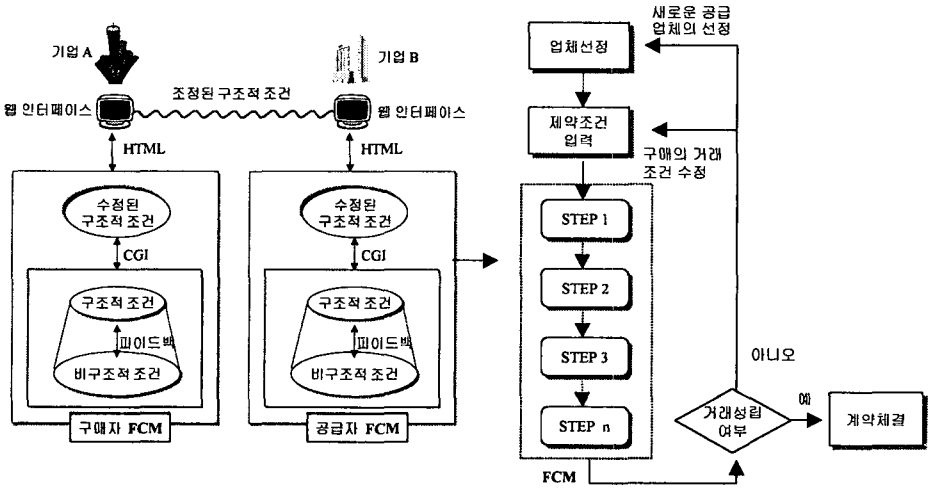
전통적으로 경영과학자들은 관찰되고 측정될 수 있는 객관적인 현상에 관심을 가져왔다. 그러나 인간의 의사결정 과정은 이러한 객관적인 세계에서만 일어나는 것이 아니라 오히려 개개인의 의사결정자들의 주관적인 개념안에서 일어나는 경우가 허다하다. 전술한 바 있는 FCM 기법은 의사결정자들의 이러한 주관적인 인식세계를 모형화할 수 있는 기법중의 하나라고 볼 수 있다. 즉, 의사결정자들의 주관적인 세계안에 존재하는 개념들간의 인과관계를 모형화하므로써 구체적인 의사결정 문제에 대한 보다 구체적인 인과관계 지식을 얻을 수가 있는 것이다. 본 장에서는 지금까지 서술한 FCM 기법을 사용하여 전자상거래의 거래조건에 관하여 의사결정을 하는 예를 고려하여 보자. 이를 위해서 다음과 두단계의 과정으로 분석과정을 설명한다.

1단계: 전자상거래에 관한 전문가들의 의견을 들어서 FCM을 구한다.
2단계: 이를 이용하여 최적의 의사결정을 내리는 거래조건에 대하여 살펴본다.

전자상거래에서는 구매기업과 공급기업이 지역적으로 떨어져 있으므로 거래조건을 문서, 팩스, 전자우편 등을 사용하여 확인함으로 거래체결까지 많은 시간이 소요된다. 또한 거래 당사자들이 거래 협상에 있어 관련된 많은 조건들이 연관되어 있기 때문에 신속한 거래 체결이 어렵다. 따라서, 이러한 다양한 조건들을 유기적으로 반영하여 거래체결 시간을 단축시키기 위해서는 거래 당사자들간의 조건을 신속하게 반영하여 거래체결 여부를 확인시켜주는 메카니즘이 필요하다. 이에 FCM은 이러한 전자상거래의 거래 협상에서도 뛰어난 기능을 보여줄 수 있다. 즉, FCM을 이용함으로써 구매과정에 관련된 구매자와 공급업자간에 의사결정이 이루어지는 과정을 지원할 수 있다.

다음 사례는 FCM을 이용한 전자상거래에서의 협상과정을 소개하고 있다. 전자상거래에서 구매기업과 공급기업이 서로의 계약 조건을 입력하고 각자의 FCM을 활용하여 의사결정에 도달하는 과정을 흐름별로 제시하면 다음 [그림 6]과 같다.

[그림 6] 전자상거래에서의 FCM의 전체구조



본 사례에서 소개하는 전자상거래의 계약 체결과정은 공급기업과 구매기업이 서로의 거래조건을 각자의 FCM 메카니즘에 입력하면서부터 시작된다. 이렇게 입력된 거래조건을 바탕으로 인터넷상에서 FCM에 의한 실시간 협상이 이루어지고 몇 번의 협상을 통하여 계약체결 여부가 결정되어 진다. 이 때, 계약이 체결되지 않을 때에는 거래 당사자들은 자신의 거래 조건을 신속히 변화시켜서 다시 협상에 임할 수 있다. 사례를 적용하여 추론하는 과정을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

첫째, FCM이 적용될 거래의 범위와 거래에서 사용되는 구조적 조건과 비구조적 조건을 확정한 후 독립변인과 종속변인으로 분류하고 이들의 인과관계를 결정한다.

둘째, 추론을 시작하면 추론이 진행되는 스텝에 따라 각 노드의 값이 변화한다. 추론이 끝난 후 보고서를 보면 추론이 진행되는 스텝별로 전체 노드의 값을 볼 수 있다.

일반적으로 구매자는 계약체결을 위해 가격, 수량, 구매일자 등의 구조적 조건과 예산정책, 구매담당자의 구매욕구 등의 비구조적 조건을 통합적으로 고려하여야 한다. 공급업자 역시 구매자가 제시한 가격, 수량, 납기일 등의 구조적 조건과 원자재의 확보가능성, 노동조합의 저항 등의 비구조적 조건을 고려해야 한다. 구매자와 공급업자가 계약체결에 있어서 고려해볼 수 있는 거래조건들을 나타내면 다음 [표 1]과 같다.

[표 1] 구매기업과 공급기업의 거래조건 자료

구매자			공급자		
노드이름	설명	거래조건	노드이름	설명	거래조건
구매가격	구매자가 원하는 가격	구조적	공급가격	공급자가 원하는 가격	구조적
할인정책	대량구입여부, 결재수단에 따른 할인정책여부	구조적	할인정책	대량구입여부, 결재수단에 따른 할인정책여부	구조적
환불제도	환불제도의 실시여부	구조적	납기일	거래조건에 대한 공급일자 준수여부	구조적
AS 정도	반품여부	구조적	거래실적	구매자와의 이전거래여부	구조적
구매수량	구매자가 원하는 구매수량	구조적	원재료확보 가능성	공급수량에 대한 원재료의 확보가능성	비구조적
구매일자	구매자가 원하는 구매일자	구조적	공급수량	공급자가 원하는 공급수량	구조적
지불방법	구매자 지불조건	구조적	노동조합저항	노동조합의 저항	비구조적
구매욕구	조직내 구매담당자의 구매욕구	비구조적	운송수단	운송수단 확보여부	비구조적
공급자 신뢰성	거래조건에 대한 공급자의 신뢰여부	비구조적	결재결제	구매업자의 결재수단	구조적
			구매자신용	거래조건에 대한 구매자의 신뢰여부	비구조적
예산정책	거래에 대한 구매자의 예산집행여부	비구조적	공급욕구	조직내 구매담당자의 구매욕구	비구조적
관세문제	구매되는 물건의 관세부과정도	구조적	관세문제	공급되는 물건의 관세부과정도	구조적
계약체결	계약체결여부	비구조적	계약체결	계약체결여부	비구조적

[표 1]을 살펴보면 공급기업은 계약의 체결을 위하여 원재료, 노동력확보, 수량, 가격, 거래날짜, 공급수량정도, 신용정도, 운송수단확보, 노동조합, 공급자 관세 등의 조건을 통합적으로 고려하고 있다. 구매기업 역시 공급기업에서 제시한 수량, 가격, 거래날짜, 구매수량정도, 공급자신뢰성의 조건에다 관세, 지불조건, 예산집행 등의 조건을 고려하여야 한다. 이러한 거래조건들을 인과관계의 지식으로 표현하기 위해서는 조건들의 인과관계를 제시하고 이들의 관계형태를 정의하여야 한다. 따라서 [표 1]에 제시되어 있는 구매기업과 공급기업의 조건들을 FCM에 입력될 인과관계의 값으로 다시 정리하면 다음 [표 2(a)] [표 2(b)]와 같다.

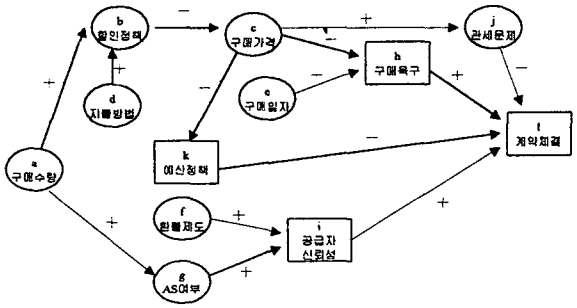
(a) 구매기업의 거래관계 및 FCM 입력자료

구매자		
노드이름	관계이름	인과관계 값
a. 구매수량	ab (수량-할인정책)	0.7
	ag (수량-AS여부)	0.4
b. 할인정도	bc (할인정책-구매가격)	-0.6
c.구매가격	ch (구매가격-구매욕구)	-0.7
	ci (구매가격-예산정책)	-0.6
	cj (구매가격-관세문제)	0.2
d. 지불방법	db (지불방법-할인정책)	0.6
	dk (지불방법-예산정책)	-0.3
e. 구매일자	eh (구매일자-구매욕구)	-0.4
f. 환불제도	fi (환불제도-공급자신뢰성)	0.3
g. AS 여부	gi (AS여부-공급자신뢰성)	0.5
h. 구매욕구	hl (구매욕구-계약체결)	0.8
i. 공급자 신뢰성	il (공급자신뢰성-계약체결)	-0.3
j. 관세문제	jl (관세문제-계약체결)	-0.3
k. 예산정책	kl (예산정책-계약체결)	-0.7
l. 계약체결	최종 노드	-

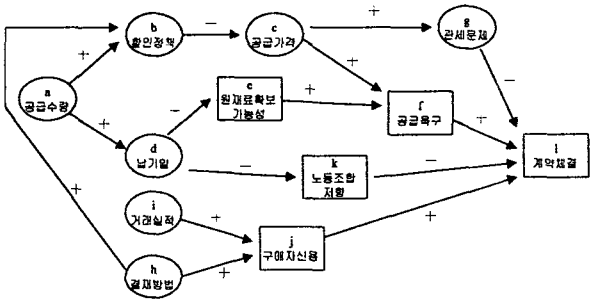
(b) 공급기업의 거래관계 및 FCM 입력자료

공급자		
노드이름	관계이름	인과관계 값
a. 공급수량	ab (수량-할인정책)	0.6
	ad (수량-납기일)	0.3
b. 할인정책	bc (할인정책-공급가격)	-0.6
c. 공급가격	cg (공급가격-관세문제)	0.3
	cf (공급가격-공급욕구)	0.8
d. 납기일	de (납기일-원재료확보가능성)	0.7
	dk (납기일-노동조합저항)	-0.6
e. 원재료확보가능성	ef (원재료확보가능성-공급욕구)	0.6
f. 공급욕구	fl (공급욕구-계약체결)	0.8
g. 관세문제	gl (관세문제-계약체결)	-0.3
h. 결재방법	hj (결재방법-구매자신용)	0.3
	hb (결재방법-할인정책)	0.5
i. 거래실적	ij (거래실적-구매자신용)	0.5
j. 구매자신용	jl (구매자신용-계약체결)	0.3
k. 노동조합저항	kl (노동조합저항-계약체결)	-0.7
l. 계약체결	최종노드	-

구매기업과 공급기업은 각각 [표 1]과 [표 2]에 나타나 있는 정보를 기초로 하여 [그림 6]과 [그림 7]과 같이 인과관계 지식 FCM을 작성하고 각자 최선의 거래조건 산출을 위한 의사결정을 지원받을 수 있도록 한다. [그림 7]을 살펴보면 각 노드는 서로의 인과관계에 의하여 연결되어 있다.



(a) 구매기업의 인과관계 지식 FCM



(b) 공급기업의 인과관계 지식 FCM

우선, 구매자는 가격, 납기일을 정하고 FCM을 이용하여 이 조건이 각 구조적, 비구조적 조건에 미치는 영향을 파악하고 최종적으로 계약체결에 얼마나 유리한 조건인지를 검토한다. 만약 FCM을 통한 추론결과가 부정적이라면 가격, 납기일의 조건을 재조정해야 한다. 이러한 과정을 통해 정해진 구매조건을 공급업자에게 제시한다. 공급업자는 이 조건을 FCM을 이용하여 검토한 후 계약여부를 결정한다. FCM의 추론결과가 부정적이라면 공급업자 역시 조건을 수정하면서 FCM이 긍정적인 추론결과를 보이는 조건을 찾는다. 그리고 이 조건을 다시 구매자에게 제시한다. 구매자는 공급업자에 의해 수정된 이 조건을 FCM을 이용하여 검증하며 추론결과가 긍정적이면 계약이 성립된다. 만약 추론결과가 부정적이라면 그 조건을 거부하고 다시 수정하여 추론해 보는 과정이 반복될 것이다. 그러면 실제 실험에 사용된 데이터를 가지고 FCM의 추론결과를 살펴보기로 하자. 구매자와 구매자의 거래 중에서 가격과 납기일 결재수단의 변화에 따른 노드값은 [표 3]과 같다.

[표 3] 거래당사자의 조건별 퍼지값

구매자						공급자					
가격 (원)	노드값	납기일	노드값	지불방법 (신용카드)	노드값	가격 (원)	노드값	납기일	노드값	결재방법 (신용카드)	노드값
4,000	-0.2	10	-0.2	15일	0.7	4,000	-0.9	10	-0.8	15일	0.8
5,000	-0.4	15	-0.3	30일	0.5	5,000	-0.6	15	-0.7	30일	0.5
6,000	-0.5	20	-0.5	60일	0.4	6,000	-0.4	20	-0.6	60일	0.4
7,000	-0.6	25	-0.6	90일	0.3	7,000	-0.3	25	-0.4	90일	0.3
8,000	-0.8	30	-0.7	120일	0.2	8,000	-0.2	30	-0.3	120일	0.2

먼저 구매자가 가격 5000원, 납기일 20일의 조건을 정한 후 FCM에 입력한다. [표 3]에 따라 가격의 노드값은 -0.6, 납기일의 노드값은 -0.7로 입력한다.

5. 향후 연구방향

본 연구에서는 FCM을 이용한 지식 공학적인 측면에서 퍼지 인과관계의 새로운 의미를 발견하고, 특정 문제영역에 대한 전문가들의 다양한 FCM을 결합하여 이러한 지식베이스를 기초로 수행

되는 개선된 추론방식을 아울러 제시하였다. 본 논문은 Kosko(1986) 이후의 FCM에 대한 연구들이 인공신경망의 일부로써 FCM을 다루고자 하는 경향을 탈피하여 퍼지집합의 개념에 충실하여 FCM을 분석하였으며, 또한 논리적 암시에 기반을 둔 근사추론 (approximate reasoning)의 일부로써 FCM에 대한 시각도 논리적 암시와 FCM에서 사용되는 인과관계의 커다란 차이점을 제시함으로써 FCM은 근사추론의 한 방법론이 아님을 밝혔다.

향후연구방향으로는 이를 이용하여 전자상거래 사례를 검증함으로써, 본 연구가 전자상거래상에 있어서 구조적, 비구조적 조건을 모두 통합하여 최상의 의사결정을 지원함을 증명하는 것이다. 이는 거래의 최적화 뿐만 아니라 생산과 마케팅등 부서간의 갈등 및 의사결정에 소요되는 시간을 최소화하는 기능도 한다. 또한 거래의 경험이 내부에 축적될수록 더욱 많은 지식과 효율적인 규칙을 갖추어 내부의 비구조적인 제약조건을 최대한 만족시키며 최선의 거래를 유도할 것이다.

Reference

김연민, "모호인식도를 이용한 생산전략의 수립", 한국시뮬레이션 학회논문지, 3권, 2호 (1994), 37-47.

김현수, "Building Knowledge Based Simulator for Ill-Structured Dynamic Domain Using Cognitive Map: An Application to Stock Market Prediction," 정보시스템 연구, 2권, 1호 (1993), 127-140.

김현수, 이건창, "Knowledge Processing with Multi-Leveled Fuzzy Cognitive Maps in Stock Investment Analysis," 경영연구, 7호 (1993), 197-223.

이건창, "퍼지 의사결정," 정보과학회지, 10권, 1호 (1992), 23-37.

이건창, 주석진, 김현수, "퍼지인식도를 이용한 다수 전문가지식 결합 알고리즘 개발에 관한 연구," 한국경영과학회지, 19권, 1호 (1994), 17-40.

이건창, 주석진, 김현수, "SOBA: 퍼지인식도 결합을 통한 지식 추출 알고리즘," 정보과학회 가을학술 발표논문집, 20권, 2호 (1993), 257-261.

이건창, 주석진, 김현수, "퍼지인식도에 기초한 인과관계 지식베이스 구축과 양방향 추론방식에 관한 연구," 한국전문가시스템학회지, 창간호 (1995), 1-22.

이광형, 오길록, 퍼지이론 및 응용, 1권, 홍릉과학출판사, 1991.

Applegate, L., Holsapple, C., Kalakota, R., Radermacher, F., and Whinston, A., Electronic Commerce: Building Blocks of New Business Opportunity, Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce, 6(1):1-10, 1996.

Arthur, B., Increasing returns and the new world of business, Havard Bus. Rev. 1996, pp. 100-109.

Axelrod, R., *Structure of Decision.*, Princeton University Press, Princeton, 1976.

Bailey, J., Bakos, Y., An Exploratory Study of the Emerging Role of Electronic Intermediaries, International Journal of Electronic Commerce, Spring, 1997, 1(3), pp. 7-20.

Bakos, J.Y., "Information Links and Electronic Marketplace: The Role of Interorganizational Systems in Vertical Markets", Journal of MIS, 8(2), 1991, pp. 31-52.

Benjamin, R., Wigand, R., Electronic markets and virtual value chains on the information superhighway, Sloan Management Review, Winter, 1995, pp. 62-72.

Chismar, W.G. and J. Meier, "A Model of Competing Interorganizational Systems and its Application to Airlines Reservation Systems", Decision Support Systems, 8(5), 1992, pp. 447-458.

Davidow, W.H., Malone, M.S., The Virtual Corporation, Harper Collins, New York, 1992.

Dempsey, W.A., "Vender Selection and the Buying Process" Industrial Marketing Management, 7, 1978, pp. 257-267.

Dickinson, R.A., Buyer Decision Making, 1967.

Dubois, D. and H. Prade, Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications, Academin Press, New York, 1980.

Edden, C., C. Jones, and D. Sims, *Thinking in Organizations*. Macmillan Press Ltd., London, England, 1979.

Gotoh, K., J. Murakami, T. Yamaguchi, and Y. Yamanaka, "Application of Fuzzy Cognitive Maps to Supporting for Plant Control," (in Japanese) *SICE Joint Symposium of 15th Syst. Sym. and 10th Knowledge Engineering Symposium,* 1989, 99-104.

Hackel, S. "Managing the Information-Intensive Firm of 2001" in The Marketing Information Revolution, R. C. Blattberg, R. Glazer, and J. D. C. Little (eds.), Havard Business School Press, Boston, 1994.

Henkoff, R. "Service is Everybody's Business" Fortune (132:26), June 27, 1994, pp.48-60.

Hoffman, D.L. and T.P. Novak, "Marketing in Hypermedia Computer-Mediated Environments: Conceptual Foundations", Journal of Marketing, 60, 1996, pp. 50-68.

Hornback, R., "Electronic commerce in the 21st century" Journal of Systems Management, pp. 28-33, May/June 1995.

Jarvenpaa, S.L. and P.A. Todd, "Consumer Reactions to Electronic Shopping on the World Wide Web", International Journal of Electronic Commerce, 1(2), 1997, pp. 59-88.

Kalakota, R.A. Whinston, Frontiers of Electronic Commerce, Addison Wesley, Reading, MA, 1996.

Kim, H. S. and K. C. Lee, "Renewals of Fuzzy Cognitive Maps Using Fuzzy Causal Relationship and Fuzzy Partially Causal Relationship," *Proceedings of the 3rd World Congress on Expert Systems,* 1996, pp. 681-688.

Kim, H. S. and K. C. Lee, "Fuzzy Implications of Fuzzy Cognitive Map with Emphasis on Fuzzy Causal Relationship and Fuzzy Partially Causal Relationship," *Fuzzy Sets and Systems,* vol. 97, 1998, 303-313.

Konskynski, B.R., "Strategic Control in the Extended Enterprise", IBM Systems Journal, 32(1), 1993, pp. 111-142.

Kosko, B., "Fuzzy Cognitive Maps," *International Journal of Man-Machine Studies,* Vol. 24, 1986, pp. 65-75.

--------., *Neural Networks and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence*, Prentice-Hall, 1992.

Kotler, P., Marketing Management, Analysis, Planning, Implementation and Control, 1988.

Kumar, K. and H.G. Dissel, "Sustainable Collaboration: Managing Conflict in Interorganizational Systems", MIS Quarterly, September, 1996, pp. 279-300.

Lederer, A., Mirchandani, D., K. Sims "The Link Between Information Strategy and Electronic Commerce" Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce 7(1), 1997, pp. 17-34.

Lee, K. C., S. C. Chu, and H. S. Kim, "Fuzzy Cognitive Map-Based Knowledge Acquisition Algorithm : Applications to Stock Investment Analysis", *Proceedings of the 1st International Conference on POM/MIS,* 1993, pp. 129-142.

Lee, K. C., H. S. Kim, "A Fuzzy Cognitive Map-Based Bi-Directional Inference Mechanism: An Application to Stock Investment Analysis," forthcoming in *Intelligent Systems in Accounting Finance & Management*, 6(1), 1997, pp. 41-57.

Lohse, G.L. and P. Spiller, "Electronic Shopping", Communications of the ACM, 41(7), 1998, pp. 81-87.

Montazemi, A.R. and D.W. Conrath, "The Use of Cognitive Mapping for Information Requirements Analysis," *MIS Quarterly*, 1986, pp. 45-56.

Novak, J. Markiewicz, P. Setting up shop: the Kaleidospace experience, Internet World, January, 1995.

O'Connor, G., O'Keefe, B., Viewing the Web as a marketplace: the case of small companies, Decision Support Systems 21, 1997, pp. 171-183.

O'Keefe, Marketing and retail on the World Wide Web: the new gold rush, in: Special Management Report on Electronic Commerce, Nikkei Publications, Japan, 1995, pp. 58-65.

Pitt, L., Watson, R., and Kavan, B. "Service Quality: A Measure of Information Systems Effectiveness" MIS Quarterly, June 1995, pp. 173-187.

Rebello, K.L. Armstrong, A. Cortese, Making Money on the Net, Business Week, September 23, 1996.

Shaw J., Gardner M., Thomas, "Research opportunities in electronic commerce", Decision Support Systems 21, 1997, pp. 149-156.

Strader, T., Shaw, M., Characteristics of electronic markets, Decision Support Systems 21, 1997, pp. 185-198.

Styblinski, M.A. and B.D. Meyer, "Fuzzy Cognitive Maps, Signal Flow Graphs, and Qualitative Circuit Analysis," *Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Neural Networks (ICNN-87)*, vol. II, 1988, pp. 549-556.

Taber, W.R., "Knowledge Processing with Fuzzy Cognitive Maps", *Expert Systems with Applications*, Vol. 2, No. 1, 1991, pp. 83-87.

Whinston, A., Electronic Commerce: A Shift in Paradigm, IEEE Internet Computing, 17-19, Nov/Dec, 1997.

Williamson, O.E., The Economic Institutions of Capitalism, Free Press, New York, 1985.

Zadeh, L.A., "The Role of Fuzzy Logic in the Management of Uncertainty in Expert Systems," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 11, 1983, pp. 199-227.

Zhang, W. and S. Chen, "A Logical Architecture for Cognitive Maps," *Proceedings of the 2nd IEEE Conference on Neural Networks (ICNN-88)*, vol. I, 1988, pp. 231-238.