

사용자 상호작용에 의한 퍼지 인식도 구축 지원 시스템

Fuzzy Cognitive Map Construction Support System based on User Interaction

신형욱*, 정종문*, 차위핑*, 양형정*, 김경윤**

전남대학교 전자컴퓨터학과*, Dept. of Indust. and Manuf. Eng., Wayne State University, USA**

Hyoung-Wook Shin(ArchLucifer@nate.com)*, Jeong-Mun Jung(amiris@hanmail.net)*
Wooi Ping Cheah(cheahwooiping@gmail.com)*, Hyung-Jeong Yang(hjyang@chonnam.ac.kr)*
Kyoung-Yun Kim(kykim@eng.wayne.edu)**

요약

인과관계의 지식을 모델링하고 표현하며 추론하는 주요 형식화 방법의 하나인 퍼지인식도(Fuzzy Cognitive Map)는 주로 인과지식공학에 많이 사용되고 있다. 인과관계의 자연스럽고 쉬운 의사결정의 이해와 진후관계의 자연스러운 설명이라는 장점에도 불구하고 인과관계의 지식 모델링과 표현은 구현에 있어서 수학적인 적용의 모호함과 복잡한 알고리즘으로 인해 상호작용에 기반 한 구축 시스템을 찾아보기 어렵다. 본 논문에서는 인과지식 추론을 위한 퍼지 인식도의 구축 지원 시스템을 제시한다. 본 논문에서 제안하는 인과관계 추론 시스템은 다중 전문가의 지식을 반영하기 위해 지식을 점진적으로 반영하여 퍼지 인식도를 구축한다. 또한 전문가와의 상호작용을 통해 구현된 퍼지 인식도의 구조를 동적으로 디스플레이 함으로써 사용자 지향적인 환경을 제공한다.

■ 중심어 : | 퍼지인식도 | 인과관계 | 다수전문가지식 | 지식공학 |

Abstract

Fuzzy Cognitive Map, one of ways to model, describe and infer reasoning relations, is widely used in the field of reasoning knowledge engineering. Despite of the natural and easy understanding of decision and smooth explanation of relation between front and rear, reasoning relation is organized with mathematical haziness and complex algorithm and rarely has an interactive user interface. This paper suggests an interactive Fuzzy Cognitive Map(FCM) construction support system. It builds a FCM increasingly concerning multiple experts' knowledge. Futhermore, it supports user-supportive environment by dynamically displaying the structure of Fuzzy Cognitive Map which is constructed by the interaction between experts and the system.

■ keyword : | Fuzzy Cognitive Map | Causal Relation | Multi Expert Knowledge | Knowledge Engineering |

1. 서론

인과관계의 지식을 모델링하고 추론하는 주요 방법

의 하나인 퍼지인식도(Fuzzy Cognitive Map, FCM)는 주로 인과지식공학에 많이 사용되고 있다. 그동안 FCM은 심해 가상 세계의 모델링[1], 주식투자 분석[2],

* 본 연구는 문화관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소(CT)육성사업의 연구결과로 수행되었습니다.

접수번호 : #080813-003

접수일자 : 2008년 08월 13일

심사완료일 : 2008년 11월 17일

교신저자 : 양형정, e-mail : hjyang@chonnam.ac.kr

지리적 정보 시스템의 의사결정 지원[3], 교육내용에 대한 학습자의 이해 분석[4], 항공 회사 서비스의 관리[5] 등 많은 분야에 적용되었다.

퍼지 인식도는 인과요소들의 관계를 가중치와 함께 유향그래프로 나타냄으로써 인과관계의 자연스럽고 쉬운 의사결정의 이해와 전후관계의 자연스러운 설명을 제공한다. 퍼지인식도에서 각각의 노드들은 인과적인 관계로 연결되어 있기 때문에 특정한 노드가 변한다면 그 결과가 다른 노드들에게 영향을 주게 된다. 이런 이유로 퍼지인식도는 각 노드의 변화에 의한 다른 노드들의 결과를 직간접적으로 반영한다.

이러한 퍼지 인식도를 이용하기 위해 많은 퍼지인식도 구축 지원 시스템이 제안되었다[6-9]. 이들 시스템은 퍼지 인식도의 구축을 지원하기 위해 퍼지 인과 요소들을 그래프로 표현될 수 있도록 하고, 배열 구조를 통해 각 관계가 나타나도록 하였다. 그러나 구축과정에서 사용자가 인과 요소들을 추가 하거나 관계의 정도를 변경할 때 이를 동적으로 반영하지 못하고, 다수 전문가 지식을 입력받아 이를 병합하는 구조는 지원하지 못하고 있다.

따라서 본 논문에서는 사용자와의 상호작용에 의해 동적으로 퍼지인식도를 구축할 수 있는 시스템을 제안한다. 본 시스템에서는 사용자 지향적인 환경을 위해 퍼지 인과 관계가 그래프로 표현되고, 다중 전문가 지식을 지원하기 위해 지식을 점진적으로 반영하여 퍼지 인식도를 구축할 수 있도록 지원한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 관련연구를 보이고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 시스템을 이용한 인과 관계 모델 구축, 4장에서는 다수의 전문가의 지식을 결합하는 방법을 제시하고, 5장에서는 FCM 구축 지원 시스템 구현 환경을 보이고, 6장에서 결론과 향후 연구를 제시하고 있다.

II. 관련연구

ABFCM(Agent Based Fuzzy Cognitive Map)[6]은 FCM 구축을 위한 시각화된 툴로서 전형적인 GUI인터

페이스로 구성되어 사용자에게 편리하게 노드들의 관계를 보여준다. 원인-결과 관계는 원인-결과 관계에 관한 정보를 서로 교환하고 있는 에이전트 메세지 커뮤니케이션을 통해 실행된다. 사용자의 편의를 고려한 인과 관계요소들의 상관관계는 화살표로 표현하여 한 인과 관계요소가 어떤 인과관계요소와 관계를 가지는지 명확하게 알 수 있다. 또한 인과관계요소들의 관계행렬을 표현함으로써 인과관계요소 간의 관계 값을 알 수 있다.

그러나 [6]에서는 인과관계요소를 직접 입력할 수 없다. 또한 인과관계요소간의 관계를 보면서 어떤 관계 값을 가지는지 인과관계요소들의 관계행렬을 확인하기 전에는 알 수 없고 관계행렬 또한 명확하게 알기 어렵다. [그림 1]과 [그림 2]는 ABFCM의 인과관계요소들 간의 관계와 인과관계요소들의 관계배열을 표시해주는 그림이다.

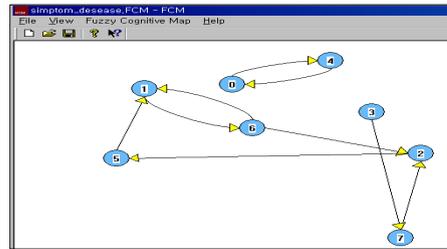


그림 1. ABFCM의 인과관계요소 관계도

[그림 1]은 ABFCM의 인과관계요소 요소들 간의 관계를 그래프를 통해서 표현해준다. ABFCM은 인과관계요소의 생성 순서만 알 수 있고 직접 인과관계요소를 설정해 줄 수 없다.

Step by step FCM changes:							
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0

그림 2. ABFCM의 인과관계요소 행렬

[그림 2]는 ABFCM의 인과관계요소 행렬을 보여준다. 이 행렬은 인과관계요소들이 어떤 관계 값을 갖는지 표현해 주고 있지만 인과관계요소들의 이름이나 속

성이 표현되지 않아 가독성이 떨어진다.

[7]의 Fuzzy Cognitive Map Applet은 대화로그 기반으로 구성된 퍼지인식도 구축 시스템이다. 사용자가 직접 인과관계요소를 지정할 수 있고 인과관계요소간의 레벨을 설정하여 임의적으로 인과관계요소들 간의 상하관계를 지정할 수 있다. 그러나 인과 관계의 그래프 표현을 지원하지 않아 사용하는 데 불편함이 있고 인과관계요소들 간의 관계를 한눈에 파악하기 어렵다. 또한 모든 인과관계요소의 관계를 설정한 후 결과 값을 볼 수 있기 때문에 동적인 확인이 어렵다. [그림 3]은 Fuzzy Cognitive Map Applet의 인과관계 요소를 구성하는 단계를 보여준다. 인과관계요소를 설정하고 총 사이클의 횟수를 지정하여 결과 값을 출력할 수 있는 기능을 제공한다. 이 단계에서 인과관계요소를 추가거나 삭제하는 일련의 행동이 가능하다.

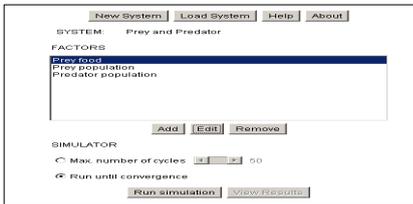


그림 3. Fuzzy Cognitive Map Applet 인과관계요소 구성

[그림 4]는 Fuzzy Cognitive Map Applet의 인과관계 요소의 세부적인 설정을 보여준다. 각 인과관계요소는 파생되는 인과관계요소를 설정하고, 그에 따른 레벨을 설정하여 인과관계요소들 간의 상하관계를 표현한다.

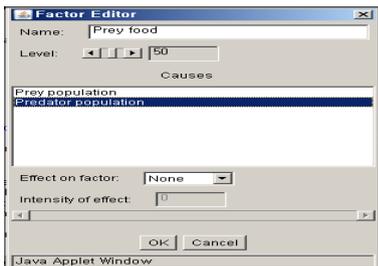


그림 4. Fuzzy Cognitive Map Applet 인과관계요소 설정

[그림 5]는 Fuzzy Cognitive Map Applet의 결과 값을 보여주고 있다. 이 결과에서는 인과관계요소들의 상하 관계와 레벨별 인과관계요소의 수 그리고 실행된 사이클의 수가 표현된다. 그러나 그래프 형태의 표현을 지원하지 않아서 가독성이 떨어지고 결과 값을 출력하기 전에는 인과관계요소들 간의 관계를 파악하기 어렵다.

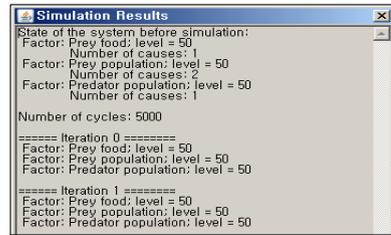


그림 5. Fuzzy Cognitive Map Applet 인과관계요소 설정에 관한 결과

[8]의 Realistic Ecosystem Modelling with Fuzzy Cognitive Maps는 인과관계요소들의 수를 설정하고 그에 따른 관계 값을 설정하여 인과관계요소들의 관계를 행렬과 화살표를 통해서 표현해 준다. GUI기반으로 사용자에게 편의성을 제공하지만, 다수의 전문가의 지식을 결합하는 기능을 제공하지 않고 인과관계요소들 간의 상하관계를 지원하지 않아 어디서 파생된 인과관계 요소인지 알 수 없다.

[그림 6]은 Realistic Ecosystem Modelling with Fuzzy Cognitive Maps의 인과관계요소를 입력하고 그에 대한 세부 설정을 보여주고 있다. 최대 인과관계 요소들의 수를 설정하고 어떤 관계를 갖는지 행렬로 설정을 해주는 기능을 지원한다.

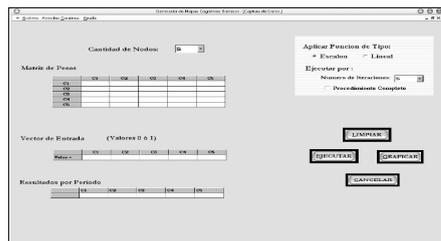


그림 6. Realistic Ecosystem Modelling with Fuzzy Cognitive Maps 인과관계요소 입력

1. 인과관계요소 추출

본 절에서는 문제와 관련 있는 인과관계요소를 추출하는 반복적 방법을 제안한다. 이 과정은 도메인 전문가와 지식 엔지니어의 상호작용으로 이루어진다. 여기서 도메인 전문가는 관련 분야의 전문가를 의미하며 지식 엔지니어는 시스템을 구성한 전문가이다.

질문들은 관련된 모든 인과관계요소를 알아내기 위해 주어지고 다음과 같은 방법으로 수행된다. 첫째, 지식 엔지니어는 인과관계 요소 추출을 위해 첫 번째 목표 인과관계 요소를 정해야 한다. 이에 대해 도메인 전문가는 첫 번째 목표 인과관계 요소에 긍정적이거나 부정적이 되는 요인을 열거한다. 이 요인들이 1단계 인과관계 요소가 된다. 도메인 전문가는 각각의 1단계 인과관계 요소들에 영향을 주는 요인들을 열거하며, 이 요인들은 2단계의 인과관계 요소들이 된다. 이 과정은 도메인 전문가가 더 이상 요인이 없거나 문제를 해결하는데 중요한 요인이 없다고 생각할 때까지 반복된다.

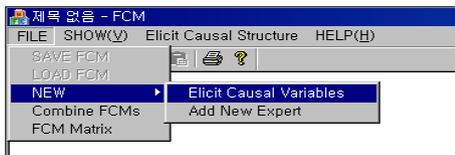


그림 9. 도메인 전문가의 인과관계요소 입력 메뉴

[그림 9]는 새로운 전문가를 추가하고, 인과 관계 요소 추출을 선택하는 화면이다. 위의 메뉴를 실행하면 첫 전문가의 인과관계요소를 추출하는 과정이 [그림 10]과 같이 수행된다.

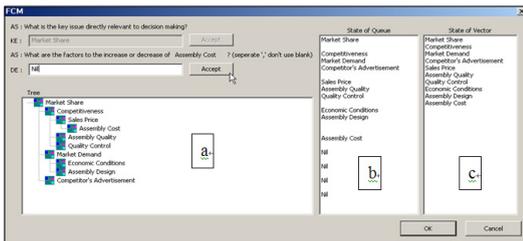


그림 10. 인과관계요소 추출 시스템

[그림 10]은 도메인 전문가가 인과관계요소를 추출하

는 과정을 보여준다. 첫 번째 질문에 대한 인과관계요소를 입력하고 그에 따른 인과관계요소를 열거함으로써 도메인 전문가의 의견을 반영한다. 인과관계요소의 열거는 레벨별로 진행되어 한 레벨을 끝마치고 다음 레벨로 넘어가는 방법을 취하고 있다.

위의 시스템에 대한 답으로 주어지는 계층형 노드들 [그림 10 (a)]은 각각 큐[그림 10 (b)]와 벡터[그림 10 (c)]에 추가된다. 큐는 인과관계요소의 입력 순서를 보여주고 간단하게 인과관계요소들의 상하관계를 보여준다. 벡터는 중복된 인과관계요소를 걸러내는 역할을 하면서 추후 다수 전문가의 지식을 병합할 때 사용된다.

[그림 10]의 단계를 거치게 되면 N개의 인과관계 요소로 구성된 인과관계 요소 집합A, 인과관계 요소들로 이루어진 N×N행렬인 M으로 문제영역에 대한 도메인 전문가의 인과관계 표현을 구축한다.

M(i, j)										A(i)																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Market Share	2	Competitiveness	3	Market Demand	4	Competitor's Advertisement	5	Sales Price	6	Assembly Quality	7	Quality Control	8	Economic Conditions	9	Assembly Design	10	Assembly Cost
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				

그림 11. 인접행렬 M과 인과관계요소배열 A

[그림 11]은 인접행렬 M과 인과관계요소배열 A를 보여준다. N×N 이차원행렬의 원소는 M_{ij} 로 표시하며 $ij=\{1,2,3,\dots,N\}$ 이다. 초기에는 행렬의 각 원소의 값은 0으로 정한다. 이는 인과요소들 간에 인과적 관계가 없다는 것을 뜻한다. 1차원 배열 A는 행렬M의 보조 배열로서 추출된 인과관계요소들로 이루어져 있다.

2. 인과관계 설정

인과관계요소의 추출 후 다음 단계는 도메인 전문가가 인과 요소간의 관계를 설정하는 것이다. 각각의 인과관계요소가 다른 인과관계 요소에게 어떻게 인과적 영향을 주는지 정하는 것이다. 두 인과관계요소 사이의 인과 관계적 방향은 어떤 인과관계요소가 원인이고 결과인지에 의해서 정해진다. 두 인과관계요소가 원인도 되고 결과도 된다면 인과관계 방향이 양방향일 수 있다. 특정 인과관계 방향은 기호와 가중치를 이용해서

더 많은 정보를 포함하며, 기호는 어떻게 두 인과관계 요소간의 관계가 변하는지 나타낸다. 인과적 관계의 결과는 긍정 혹은 증가이거나 부정 혹은 감소일 수 있다. 가중치는 인과관계의 강함 정도를 나타낸다.

FCM에서는 가중치를 언어 변수를 이용하여 표현한다. 언어변수는 전문가가 인과관계 구조를 만들기 전에 지식 엔지니어에 의해 정의 된다. 일관성을 유지하기 위해 한 도메인에서 모든 전문가들이 같은 언어변수를 사용한다. 엔지니어는 각각의 언어인과관계요소에 인과적 가중치를 숫자로 정한다. 긍정적인 언어인과관계 요소는 양수로 표현하고, 부정적인 언어인과관계 요소는 음수로 표현한다.

Linguistic Variable	Integer Causal Value
very strong	5
strong	4
medium	3
weak	2
very weak	1
(no causal effect)	0
-very weak	-1
-weak	-2
-medium	-3
-strong	-4
-very strong	-5

그림 12. 언어적 인과관계요소와 대응되는 값

[그림 12]는 각 언어인과관계요소에 알맞은 숫자를 정하는 그림이다. 각각의 인과관계요소 값은 사용자의 가독성을 높여주는 언어인과관계요소로 변환되어 보여 준다.

인과관계 구조를 만드는 과정은 전문가와의 질문을 통해 만들어진다. 이 질문들은 한정된 답을 얻기 위한 질문이다. 질문과정에서 전문가는 질문내용과 대답이 인과적 관계가 있도록 해야 한다. 인과관계가 있다면 전문가는 그 관계의 기호와 가중치를 부여한다. 가중치는 인과관계의 정도에 해당하는 언어와 관계요소를 사용하여 정한다.

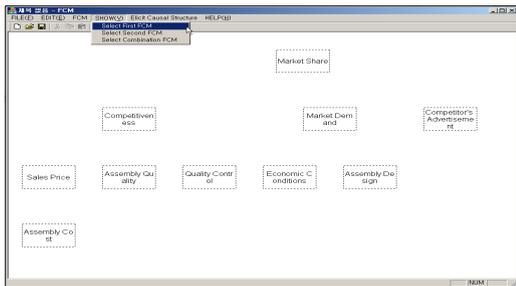


그림 13. 전문가의 관련인과관계요소들의 나열

[그림 13]은 전문가가 입력한 인과관계요소들을 보여주고 있다. 앞서 실행되었던 인과관계요소 추출 단계에서 저장된 벡터를 불러들여 각 레벨별로 정렬하여 동적으로 화면에 출력해 준다.

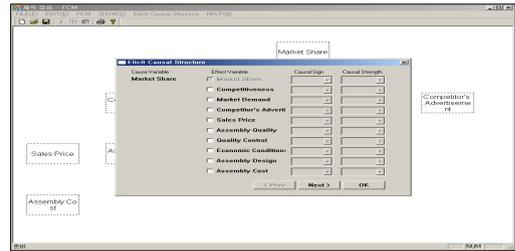


그림 14. 인과관계요소들의 인과관계 구조 설정 화면

[그림 14]는 입력된 인과관계요소들의 인과관계 구조를 설정하는 것을 보여준다. 입력된 인과관계요소들은 관련인과관계요소를 선택하여 그에 적절한 관계 값을 설정해 세부적인 관계를 보여준다.

대화나 질문들로 만들어진 인과관계 구조는 피드백을 포함한 그래프로 나타내어진다. 이러한 동적인 인과관계 구조의 구성은 사용자 하여금 가독성을 높여주는 역할과 각 노드간의 관계를 뚜렷이 보여주는 편의성을 제공한다.

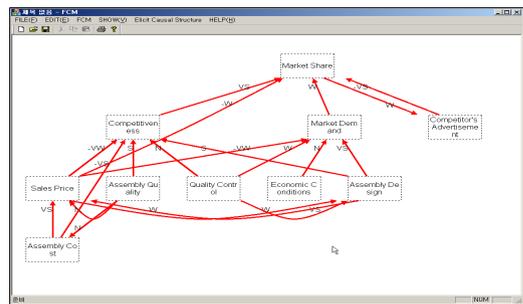


그림 15. 전문가의 인과관계 구조 그래프

[그림 15]는 전문가의 인과관계 구조 그래프를 보여준다. 이 그래프는 인과관계가 포함되면 즉시 반영되어 갱신된다. 따라서 전문가가 인과관계 구조가 갱신되는 것을 동적으로 확인할 수 있다.

추출된 원인결과 관계는 연관되는 행렬의 원소 값으

로 저장된다. 저장된 행렬은 차후 다수 전문가의 지식 결합에 활용된다. [그림 16]은 인과관계 구조 설정에 의한 행렬을 보여준다.

	Market Share	Impetiveness	Market Demand	Competitor's Advertisement	Sales Price	Assembly Quality	Quality Control	Economic Conditions	Assembly Decision	Assembly Cost	Productivity
Market Share	0.000000	2.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Impetiveness	5.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Market Demand	2.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Competitor's Advertisement	5.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sales Price	2.000000	1.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000
Assembly Quality	0.000000	4.000000	0.000000	0.000000	3.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000
Quality Control	0.000000	3.000000	2.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Economic Conditions	0.000000	0.000000	3.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Assembly Decision	0.000000	4.000000	5.000000	0.000000	2.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Assembly Cost	0.000000	5.000000	0.000000	0.000000	5.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Productivity	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

그림 16. 인과관계 구조 설정에 의한 행렬

IV. 다수 전문가의 지식 결합

특정한 문제 영역의 공동적인 전개를 하기 위하여 다수 전문가의 지식을 결합하는 것이 필요하다. 퍼지 인식도의 합병은 여러 전문가의 의견을 통합해서 퍼지 인식도의 신뢰도를 증가시킨다.

본 시스템에서는 전문가들의 인과관계요소 입력과 그에 따른 인과관계의 구조 설정이 끝나게 되면 실수로 구성된 행렬이 완성된다. 그러나 일반적으로 동일한 영역에 있지만 다른 특성의 퍼지 인식도는 서로 상이한 인과관계요소로 이루어져 있을 수도 있다. 즉 퍼지 인식도의 행렬들은 서로 크기가 다를 수 있고 각 행렬의 구성행렬에 해당하는 인과관계 요소가 다를 수 있다. 따라서 행렬들을 재배열 하고 증가시키는 것이 필요하고 증가된 행렬은 확장에 따른 크기의 일치함을 보장하여야 한다. 예를 들어, 첫 번째 전문가는 10개의 인과관계요소를 제시하고, 다른 전문가는 11개의 인과관계요소를 제시했을 때 10의 인과관계요소가 중복되고 한 개가 비 중복요소라면 이때 정확한 영역 인과관계요소의 행렬크기를 일치시켜야 한다. 즉, 두 전문가의 증가된 행렬에는 11행과 11의 열이 있어야 한다. 보조 배열은 이 11개의 인과관계요소 전부를 포함한다.

증가된 행렬의 구성이 이루어진 후에는 합쳐진 행렬 L에 대한 병합 값을 정의해야 한다. 첫 번째 전문가의

지식을 기반으로 한 K행렬과 다른 전문가의 지식을 기반으로 한 Z행렬을 결합한 L_{ij}(i,j=1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11)는 (1)의 방정식을 통해서 구해진다. 여기서 N은 전문가의 수이고, W는 가중치이다.

$$L_{ij} = \frac{K_{ij}W_k + Z_{ij}W_z}{N} \quad (1)$$

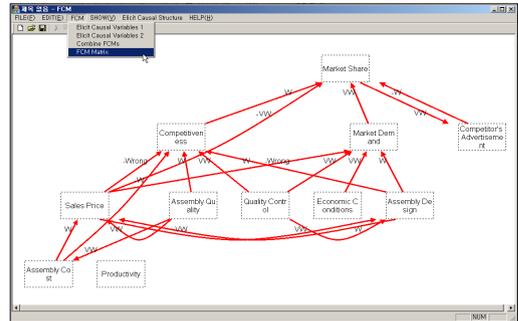


그림 17. 다수의 전문가의 지식을 결합한 구조 그래프

[그림 17]은 다수의 전문가의 지식을 결합한 그래프를 보여준다. 첫 번째 전문가는 10개의 중복된 인과관계요소를 입력하였고, 다른 전문가는 10개의 중복된 인과관계요소를 입력하고 1개의 비 중복 인과관계요소를 입력하였다. 따라서 다수 전문가의 지식을 토대로 지식을 결합한 후에 인과관계 그래프는 확장되어 11개의 인과관계요소를 나타낸다.

	Market Share	Impetiveness	Market Demand	Competitor's Advertisement	Sales Price	Assembly Quality	Quality Control	Economic Conditions	Assembly Decision	Assembly Cost	Productivity
Market Share	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Impetiveness	2.500000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Market Demand	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Competitor's Advertisement	2.500000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sales Price	1.000000	0.500000	0.500000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000	0.000000	0.000000
Assembly Quality	0.000000	2.000000	0.000000	0.000000	1.500000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.500000	0.000000
Quality Control	0.000000	1.500000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.500000	0.000000	0.000000
Economic Conditions	0.000000	0.000000	1.500000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Assembly Decision	0.000000	2.000000	2.500000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Assembly Cost	0.000000	2.500000	0.000000	0.000000	2.500000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Productivity	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

그림 18. 다수의 전문가의 지식을 결합한 행렬

[그림 18]은 다수의 전문가의 지식을 결합한 행렬을 보여준다. 이 또한 구조 그래프와 같이 11개의 인과관

계요소로 확장된 구조로 관계 값을 저장하여 관련인과 관계요소들 사이의 관계를 보여준다.

V. FCM 구축 지원 시스템 구현 환경

본 장에서는 상호작용에 의한 FCM 구축을 지원하는 시스템 구현 환경을 소개한다. 본 논문에서 제안하는 퍼지인식도를 이용한 인과관계 추론 모델 구축 지원 시스템의 개발 환경은 [표 2]와 같다.

표 2. 구현환경

H/W	
CPU	intel pentium4 3.2GHZ
RAM	2GB
HDD	200GB
DISPLAY	RADEON X600
	TG 22inch/wide 1680 * 1050PX
S/W	
OS	MS windows XP professional service pack2
TOOLS	MS visual studio .NET 2003
	MS .NET framework SDK V1.1

본 논문에서 제안한 시스템의 구성도는 [그림 19]와 같다. 지식 엔지니어는 새로운 전문가를 추가하고, 언어 변수를 설정하고, 다수의 전문가는 인과관계 요소 추출, 관계 생성 등을 수행하며, 관계 행렬 관리자는 생성된 관계를 행렬의 형태로 관리하며, 관계 요소를 시각화 모듈로 전달한다. 시각화 모듈은 요소들 간의 관계를 그래프로 보여주고, 다수 전문가 지식 병합 모듈은 각 전문가들의 지식을 병합하여 새로운 형태의 네트워크 구조를 만들게 된다.

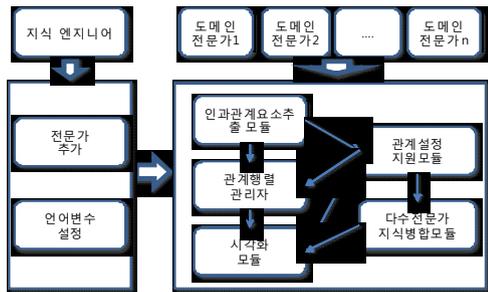


그림 19. 시스템 구성도

본 논문에서 구현한 사용자 상호작용에 의한 퍼지 인식도 구축 지원 시스템은 다수의 전문가들의 지식을 기반으로 관련 인과관계요소를 추출하고, 추출된 관련 인과관계요소들 간의 긍정 혹은 부정을 나타내는 양수와 음수를 사용하여 관계를 표시한다. 이렇게 설정된 관계들은 동적으로 노드와 노드들 사이에 아크와 화살표로 그려진다. 따라서 상호작용에 의한 동적인 시각화가 가능하게 된다.

VI. 결론

본 논문에서는 사용자 상호작용에 의한 퍼지 인식도 구축 지원 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 시각화를 이용해 퍼지 인과 관계를 표현하고, 사용자 상호 작용에 의해 동적인 표현이 가능하며, 다수의 전문가 지식이 반영될 수 있는 퍼지인식도 구축을 지원함으로써 퍼지 인식도의 단순함을 사용하여 지식의 획득과 지식의 융합이 효율적으로 가능하다. 향후 연구는 구축된 시스템을 실제 응용에 적용하여 성능 평가를 함으로써 본 연구 결과의 효용성을 증명하는 것이다.

참고 문헌

- [1] J. A. Dickerson and B. Kosko, *Fuzzy engineering*, Prentice, Hall Pub, 1994.
- [2] K. C. Lee and H. S. Kim, "A fuzzy cognitive map-based bi-directional inference mechanism: an application to stock investment analysis," *Intelligent Systems in Accounting Finance & Management*, Vol.6, No.1, pp.41-57, 1997.
- [3] Z. Q. Liu and R. Satur, "Contextual fuzzy cognitive map for decision support in geographic information systems," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol.7, No.5, pp.495-507, 1999.
- [4] J. R. Cole and K. A. Persichitte, "Fuzzy

cognitive mapping: applications in education," International Journal of Intelligent Systems, Vol.15, No.1, pp.1-25, 2000.

- [5] I. Kang, S. Lee, and J. Choi, "Using fuzzy cognitive map for the relationship management in airline service," Expert Systems with Applications, Vol.26, No.4, pp.545-555, 2004.
- [6] <http://abfcm.fesb.hr/index.php>
- [7] <http://www.ochoadeaspuru.com/fuzcogmap/>
- [8] J. Contreras, J. P. Paz, D. Amaya, and A. Pineda, "Realistic Ecosystem Modelling with Fuzzy Cognitive Maps," International Journal of Computational Intelligence Research, Vol.3, No.2, pp.139-144, 2007.
- [9] D. Borrie, S. Isnandar, and C. S. Ozveren, "The Use of Fuzzy Cognitive Agents to Simulate trading patterns within the Liberalised UK electricity market," UPEC '06 Proceedings of the 41st International, Vol.3, pp.1077-1082, 2006.

저 자 소 개

신 형 욱(Hyung-Wook Shin) 준회원



- 2008년 2월 : 광주대학교 컴퓨터 전자 정보통신 공학부(공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 석사과정
- <관심분야> : 멀티미디어, 데이터 마이닝

정 중 문(Jong-Mun Jeong) 준회원



- 2008년 2월 : 전남대학교 전자컴퓨터 정보통신 공학부(공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 석사과정
- <관심분야> : 멀티미디어, 데이터 마이닝

차 위 평 (Cheah Wooi Ping) 정회원



- 1986년 : Cambell University, USA(학사)
- 1993년 : University of Science Malaysia(석사)
- 2006년 ~ 현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 박사과정
- 1996년 ~ 2006년 : Faculty of Information Science and Technology, Multimedia University, Malaysia(Lecturer)
- <관심분야> : Software to Knowledge engineering, decision support systems, and datamining

양 형 정(Hyung-Jung Yang) 정회원



- 1991년 : 전북대학교 전산통계학과(학사)
- 1993년 : 전북대학교 전산통계학과(석사)
- 1998년 : 전북대학교 전산통계학과(박사)
- 2003년 ~ 2005년 : 카네기멜런 대학교 연구원
- 2005년 ~ 2007 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 전임강사
- 2007년 ~ 현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 조교수
- <관심분야> : e-Design, 데이터 마이닝, e-Learning

김 경 윤(Kuong-Yun Kim) 정회원



- 1996년 : 전북대학교 산업공학과(학사)
- 1998년 : 전북대학교 산업공학과(석사)
- 2003년 : 피츠버그대학교 산업공학(박사)
- 2003년 ~ 2005년 : 피츠버그대학교 연구교수
- 2005년 ~ 현재 : Wayne State University 조교수
- <관심분야> : 협업적설계 CAD/CAM, Telerehabilitation