

인간 인지 지식의 표현과 해석을 위한 지능형 시스템 설계 방법[†]

(Intelligent System Design for Knowledge Representation and Interpretation of Human Cognition)

주 영 도*

(Young-Do Joo)

요 약 인지 과학의 주제가 되는 인간의 정신과 행동 양식을 컴퓨터 시스템으로 구현하려는 연구는 인공지능 분야에서 관심이 높다. 본 논문은 인간의 인지과정을 처리하기 위한 지능형 시스템 설계 방법론을 제안한다. 연구는 도시공학 분야에 응용되었고, 심리학 이론인 개인 컨스트럭트 이론에 수리적인 퍼지 관계 이론을 적용하여 도시 주민이 갖고 있는 인지 지식의 획득과 표현 방법을 구현한다. 연구목표는 도시 환경과 상호 작용을 하고 있는 도시 주민의 심리학적 인식을 정형화하고 이를 분석함으로써 그들의 의견과 경험을 반영하여, 다양한 도시 문제 해결에 기여하는 자문 시스템 개발에 초점을 두고 있다. 방법론적으로, 인간의 인지 지식 구현에 해당하는 인지 구조를 도출하고, 인지 구조를 통해 도시 주민의 사고와 인식 작용을 해석하고 분석한다. 제안하는 퍼지 관계론적 기법은 기존의 통계적인 방법과 달리 논리에 기반하여 인간의 심리 시스템을 구조화하고 파악하는 새로운 접근 방법이다.

핵심주제어 : 퍼지 관계 이론, 개인 컨스트럭트 이론, 인지 구조

Abstract The development of computer-based modeling system has allowed the operationalization of cognitive science issues. Human cognition has become one of most interesting research subjects in artificial intelligence to emulate human mentality and behavior. This paper introduces a methodology well-suited for designing the intelligent system of human cognition. The research investigates how to elicit and represent cognitive knowledge obtained from individual city-dwellers through the application of fuzzy relational theory to personal construct theory. Crucial to this research is to implement formally and process interpretatively the psychological cognition of urbanites who interact with their environment in order to offer useful advice on urban problem. What is needed is a techniques to analyze cognitive structures which are embodiments of this perceptive knowledge for human being.

Key Words : Fuzzy Relational Theory, Personal Construct Theory, Cognitive Structure

1. 서 론

인간 인지(Human Cognition)는 인간의 고차원적인

정신과정의 분석과 적용을 통해 인간의 행동 양식의 규명을 목표로 하는 심리학에서 오랫동안 연구되고 있다. 인간의 지능과 인식의 이해를 다루고 있으므로, 인지심리학, 인공지능, 언어학, 컴퓨터 과학 등의 여러 분야에 걸친 융합학문인 인지과학(Cognitive Science)

[†] 이 논문은 2010년도 강남대학교 교내연구비 지원에 의해 연구되었음.

* 강남대학교 컴퓨터미디어공학부

의 주요 연구 주제가 되고 있다. 특히, 인간이 지식을 획득하고, 획득한 지식을 구조화하는 메커니즘을 컴퓨터상에 모델화하려는 인공지능(Artificial intelligence) 분야와는 밀접한 연관관계를 갖고 있으므로, 인간 인식의 정보처리를 위한 다양한 접근이 시도되고 있다.

인공지능의 관점에서 이러한 인간의 사고와 행동 양식의 모델링은 고도의 형식성과 정밀성이 요구된다. 인간 인지과정을 통한 지식의 표현과 작용을 밝히는 일은 종래의 통계적인 기법을 기반으로 한 수치적 해석으로는 한계가 있다. 본 논문은 지식표현과 분석을 위해 인간 내부의 심리학적 인지를 구조화 할 수 있는 지능형 시스템의 구현에 적합한 방법론을 소개한다. 연구의 응용분야는 도시공학으로써, 특정 도시 주민의 도시 내 환경과 시설에 대한 심리학적 인지를 분석하여 삶의 질을 향상시킬 수 있는 해결 방안을 제시하는 것을 목표로 하고 있다. 도시 전문가에게 향후 보다 나은 도시 계획 및 관리 등에 활용될 수 있는 정보를 제공할 수 있는 지식기반 자문 시스템을 구현하고자 한다.

도시 환경은 도시 객체라고 불리는 도시의 물리적인 실체들로 구성된 공간적인(spatial) 요소들에 의해 형성되어있다. 도시 환경에 대해 갖게 되는 지각 또는 인식은 도시 주민의 사회·문화적인 필요, 가치, 감정 등에 의해 특정되어지는 비공간적인(aspacial) 개념이다. 본 연구에서 인지 지식을 정형화하기 위해 사용되는 데이터 공간(data space)은 도시 객체(urban objects), 컨스트럭트(constructs), 응답자(respondents)의 3개 군의 집합들에 초점을 맞추고 있다. 도시 객체는 도시 환경에 존재하는 물리적이고 기능적인 특징을 갖고 있는 공간적인 실체로 구성된다. 컨스트럭트는 도시 객체에 대한 도시 거주민들의 생각이나 의견을 표현하기 위한 언어적인 형태의 비공간적인 개념들의 군집이다. 마지막으로, 응답자는 도시 객체와 컨스트럭트간의 관계를 보여주는 개별적인 도시 거주자의 집합이다.

본 논문은 도시 객체와 컨스트럭트 간의 인지 상황을 드러낼 수 있는 구조(structure)의 개념[1]에 기초하여 인지 지식의 표현과 해석을 기술한다. 구조란 수학적으로 정의가 확립되어 있는 용어이며, 하나 이상의 연산(operation) 또는 관계(relation)를 갖고 있다.

이러한 연산과 관계를 기반으로 컨스트럭트와 컨스트럭트(construct to construct) 사이의 구조를 이끌어냄으로 목표하는 인지 내부에 작용하는 지식의 구조화가 가능하다. 본 연구에 의해 구현하고자 하는 시스템은 이러한 인지 지식의 표현을 통해 다양한 도시 문제의 해결에 기여할 수 있는 정보제공을 하기 위한 인지 구조의 해석과 분석을 수반한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 도시환경에 대한 응답자의 인지 구조(cognitive structure)를 표현하기 위한 방법론을 퍼지 관계 이론을 활용하여 제안한다. 3장에서 표현된 인지 구조에 대한 심리학적 해석을 통해 응답자의 사고와 생각을 분석한다. 4장에서 결론 및 향후 연구 내용과 방향을 기술한다.

2. 인지 지식의 도출과 표현

2.1 인지 지식의 획득

본 연구를 위한 인지 지식 획득은 심리학에서 개발하여 사용하고 있는 개인 컨스트럭트 이론(personal construct theory)[2]을 기반으로 수행된다. 이론에 따르면, 사람들은 자신의 경험을 이해하고 분석하기 위해 사용되어 질 수 있는 고유한 자신만의 컨스트럭트 시스템을 소유하고 있다. 컨스트럭트(construct)란 사물에 대한 사람의 심리적인 반응을 특징짓는 단어적인 의미로 표현된다. 컨스트럭트란 양극 차원의 두 가지 개념으로 정의된다. 예를 들어 친숙한(familiar)/친숙하지 않은(unfamiliar) 또는 아름다운(beautiful)/추한(ugly) 등과 같이 긍정(positive)과 부정(negative) 양쪽의 차원을 포함하고 있다.

지식 획득을 위해 선택되어진 응답자(respondents) 각자에게는 도시 내의 다양한 객체들(urban objects)과 이러한 대상물에 적용할 수 있는 의미있는 컨스트럭트들의 리스트가 주어진다. 응답자들이 도시 객체들에 대한 그들의 차별적인 반응을 보여주기 위한 컨스트럭트의 적용 정도(applicable degree)는 7-포인트 평가등급을 따른다. 1부터 7까지의 평가 수치는 통상적인 인터뷰나 질문지 조사 방법에서 사용되는 부사적인 의미를 갖고 있다. 포인트 1, 2, 3은 언어적 의미에

대한 선호도 반응으로서 “매우”(very), “보통”(moderately), “조금”(slightly)에 해당하며, 컨스트럭트의 긍정적인 극성에 대한 등급을 반영한다. 한편, 부정적인 극성에 대한 등급은 “조금”(slightly), “보통”(moderately), “매우”(very)에 해당하는 5, 6, 7로 매겨진다. 긍정과 부정 어느 쪽 극성에 대해서도 관심이 더 높지 않다면 중립적인 등급에 해당하는 4가 주어진다. 또한 어떤 특정 도시 객체가 응답자의 관점에서 전혀 관심의 대상이 아닌 경우에는 “적용할수 없는”(not applicable)를 나타내도록 등급 “n”을 도입하여 사용한다.

통상적으로 인지 지식은 위에서 설명한 형태의 조사 방법론으로 도시에 거주하는 주민을 대상으로 획득되어 진다. 데이터는 현지의 도시계획 전문가에게 요청하여, 이탈리아의 Siena 시에 거주하는 주민들로부터 수집한 정보를 기반으로 하고 있다. <표 1>은 지식 획득을 위해 사용된 16개의 컨스트럭트의 목록으로 시스템 구현을 위해 축약한 약칭으로 기술되어 있다. <표 2>는 Siena 도시민의 생활에 보편적이며, 의미있는 장소에 해당하는 시청, 병원, 광장, 공원 등을 포함하여 선정된 18개의 도시 객체들을 보여준다.

<표 1> Siena Data의 컨스트럭트 리스트

No	Positive Pole	Negative Pole
1	Familiar	Unfamiliar
2	Central	Peripheral
3	Beautiful	Ugly
4	Your Sort of Place	Not Your Sort of Place
5	Comfortable	Uncomfortable
6	Important	Dispensable
7	Proud	Ashamed
8	Cheerful	Depressing
9	Representing Siena Spirit	Contradicting Siena Spirit
10	Attractive	Unattractive
11	Contactful	Contactless
12	Recognized	Anonymous
13	Free	Controlled
14	Approving	Disapproving
15	Positively Influential	Negatively Influential
16	Participation Encouraging	Participation Discouraging

연구에 참여한 응답자는 Siena에 거주하는 12명의

주민이며, 이들은 각자 7-포인트 등급에 따라 특정 도시객체에 대한 컨스트럭트의 정도를 반영함으로 그들 각자의 생각과 의견을 제시한다. 따라서, 특정 개인의 응답 결과는 컨스트럭트와 도시객체 간의 2차원 행렬(matrix)의 형태로 나타나며, 행렬의 요소인 각각의 셀(cell)은 적용 등급의 수치 값을 갖고있다. 이러한 행렬은 컨스트럭트와 도시객체 간의 이진 관계(binary relation)를 형성하고 있다. 본 연구는 관계 이론(relational theory)을 바탕으로, 관계를 수학적으로 분석하고 그 결과로 인지 지식을 표현한다.

<표 2> Siena Data의 도시 객체 리스트

No	Urban Objects
1	Siena dentro(inside the walls)
2	Siena fuori(outside the walls)
3	Contrada(district of town)
4	Cappuccini(name of suburban)
5	San Miniato(name of suburban)
6	Piazza Campo(main square of city)
7	Piazza Duomo(cathedral)
8	La Lizza(park of inside city)
9	Piazza Matteotti(another square of edge)
10	Piazza Mercato(market square)
11	Banchi di Sopra(street of fashion)
12	Palazzo Comune(town hall)
13	Palazzo Monte(name of public building)
14	Palazzo Chigi(building of music school)
15	Ospedale Scala(ancient hospital)
16	Tempio Israelitico(jewish synagogue)
17	Palazzo Sport(palace of sport)
18	Tendenza(disco spot)

개인 응답자의 행렬 내의 셀에서 나타나는 수치는 1에서부터 7까지의 정수로 표현되어 있다. 이 값들을 0에서부터 1까지의 퍼지 값(fuzzy value)으로 변환하게 되면, 기술적으로 퍼지 집합 이론(fuzzy set theory)[3]의 효과적인 적용이 가능하게 된다. 퍼지 집합 이론은 언어학적 특성을 내포하고 있는 인간의 추론연구에서 나름대로의 기대 성과를 달성한 토대를 제공하여 왔다. 본 연구의 개인 응답자의 행렬에 나타난 수치적인 등급과 연결된 언어학적이고 의미적인 개념의 연구와 관련되는 퍼지 추론(fuzzy reasoning) 및 근사추론(approximate reasoning) 등에 효과적으로 활용되어 왔다.

퍼지 값으로 바꾸는 과정인 퍼지화(fuzzification)은 단순히 정수 값들에 대한 1-1 매칭을 통해 이루어진다. 각 셀의 값의 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7은 1. 0.8, 0.6, 0.5, 0.4, 0.2, 0.0으로 등거리 분포에 따라 각각 변환된다. 적용할 수 없음을 나타내는 “n”은 변환없이 그대로 남겨둔다. 퍼지화된 값 1은 가장 긍정적인 등급을 의미하며, 반면에 값 0은 가장 부정적인 등급에 해당한다. 위의 퍼지 값에 따라 퍼지화된 행렬은 두 개의 집합, 컨스트럭트와 도시 객체에 대한 퍼지 이진 관계(fuzzy binary relation)를 형성한다. 행렬의 행은 16개의 컨스트럭트를 표시하며, 열은 18개의 도시 객체를 표시한

다. <표 3>과 <표 4>는 두 명의 응답자(11번과 5번 응답자)로부터 도출된 컨스트럭트와 도시객체 간의 퍼지 이진관계의 행렬을 각각 보여준다.

이진관계의 퍼지화된 행렬은 인지 지식의 정형화된 구조의 표현 방법을 찾아내고, 결과물인 인지구조에 내재된 응답자의 심리적인 사고의 분석을 가능하게 하는 출발점이 된다. 다음 절에서 논문의 핵심적인 수학적 토대가 되는 퍼지 관계 이론(fuzzy relational theory)을 적용하여, 퍼지행렬로부터 인지지식 구조를 표현하는 방법론을 기술한다.

<표 3> 퍼지 이진 행렬 (Gr11.map)

		URBAN OBJECTS																		
		O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	
C O N S T R U C T S	C1	0.8	1.0	1.0	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	1.0	n	0.8	0.6	
	C2	1.0	0.0	0.8	0.6	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	n	0.6	0.2	
	C3	1.0	0.8	1.0	0.8	0.2	1.0	1.0	1.0	0.6	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	n	0.8	0.5	
	C4	1.0	0.8	0.6	0.5	0.2	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	1.0	1.0	0.6	0.8	0.8	n	0.8	0.2	
	C5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	0.8	0.5	n	0.5	0.5	
	C6	1.0	1.0	0.5	0.5	0.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.5	n	0.6	0.5	
	C7	1.0	0.8	0.8	0.5	0.4	1.0	1.0	0.8	0.6	0.8	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	n	0.6	0.5	
	C8	1.0	0.6	0.6	0.5	0.0	1.0	1.0	1.0	0.6	0.6	0.5	1.0	0.8	0.8	0.5	n	0.5	0.5	
	C9	1.0	0.5	1.0	0.5	0.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	n	0.6	0.5	
	C10	1.0	0.8	0.6	0.4	0.0	0.8	0.6	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	0.8	0.6	0.5	n	0.6	0.0	
	C11	1.0	0.8	0.8	0.5	0.5	1.0	0.8	1.0	0.8	0.6	1.0	1.0	0.8	0.6	0.5	n	0.8	0.8	
	C12	1.0	0.8	0.6	0.5	0.5	1.0	0.8	1.0	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	n	0.8	0.5	
	C13	1.0	0.8	0.8	0.5	0.5	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	n	0.8	0.5
	C14	1.0	0.8	0.8	0.5	0.8	1.0	0.5	0.8	0.8	0.5	0.6	1.0	0.6	1.0	0.5	n	0.8	0.0	
	C15	1.0	0.5	0.8	0.5	0.2	1.0	1.0	1.0	0.8	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	n	0.8	0.5	
	C16	0.8	0.8	0.6	0.5	0.5	0.8	0.5	0.8	0.8	0.5	0.6	0.8	0.6	0.8	0.5	n	0.6	0.0	

<표 4> 퍼지 이진 행렬 (Gr5.map)

		URBAN OBJECTS																	
		O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18
C O N S T R U C T S	C1	1.0	1.0	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	n	1.0	1.0	
	C2	1.0	0.6	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	n	0.6	0.0	
	C3	1.0	1.0	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	n	1.0	0.6	
	C4	1.0	0.6	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	n	0.6	0.6	
	C5	1.0	1.0	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	n	1.0	0.8	
	C6	1.0	1.0	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	n	0.6	0.8	
	C7	1.0	0.8	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	n	0.8	0.8	
	C8	1.0	0.8	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	n	1.0	0.8	
	C9	1.0	0.8	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	n	1.0	1.0	
	C10	1.0	0.8	0.6	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	n	0.6	0.6	
	C11	1.0	0.8	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	n	1.0	1.0	
	C12	1.0	0.8	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	1.0	1.0	1.0	0.6	n	0.6	0.6	
	C13	1.0	0.8	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	n	1.0	1.0	
	C14	1.0	0.8	1.0	1.0	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	n	1.0	1.0	
	C15	1.0	0.8	1.0	0.8	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	n	1.0	1.0	
	C16	1.0	0.8	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	1.0	1.0	1.0	0.6	n	0.6	1.0	

2.2 인지 지식의 표현

퍼지 관계 이론(fuzzy relational theory)[4]은 퍼지 집합 이론에서 연장된 연구이며, 실제 인간 세상에 내재된 추상적인 개념을 정형화하고 수리적으로 규명함에 기여를 하였다. 특히, 기존의 확률적인 방법으로 분석하기 어려운 데이터를 다루는 분야에서 성과를 거두었다. 퍼지 관계 이론의 적용을 통해 다양한 응용 분야에서 흥미있는 연구 결과물이 도출되었다. 실질적으로, 퍼지 관계 이론은 퍼지관계 프로덕트(fuzzy relational product)라는 연산자의 개발 및 관련된 계산 알고리즘을 통해 확립되었다.

이론의 기본적인 내용을 간단히 살펴보면 다음과 같다. 앞에서 도출한 행렬의 컨스트럭트와 도시 객체와의 관계를 R이라고 하면, X는 컨스트럭트의 집합, Y는 도시 객체의 집합, $x \in X, y \in Y$ 일 때, xRy 는 X로부터 Y의 관계로 정의된다. Rx_iy_j 는 응답자가 컨스트럭트 x_i 를 도시객체 y_j 에 부여하는 정도를 나타낸다. 행렬의 표식으로는 i 번째 행과 j 번째 열에 해당하는 값으로서 R_{ij} 로 기술된다. Bandler와 Kohout이 개발한 두 개의 관계, R과 S에 대한 3개의 퍼지 관계 프로덕트[5]는 다음과 같이 정의된다.

Triangle Subproduct, \triangleleft :

$$(R \triangleleft S)_{ik} = \min_j (R_{ij} \rightarrow S_{jk}) \quad (2.1)$$

Triangle Superproduct, \triangleright :

$$(R \triangleright S)_{ik} = \min_j (R_{ij} \leftarrow S_{jk}) = (S^{-1} \triangleleft R^{-1})^{-1}_{ik} \quad (2.2)$$

Square product, \square :

$$(R \square S)_{ik} = \min_j (R_{ij} \leftrightarrow S_{jk}) \quad (2.3)$$

위의 수식의 \rightarrow 는 퍼지 함축 연산자 또는 퍼지 의미 연산자(fuzzy implication operator)를 뜻한다.

본 논문은 응답자가 컨스트럭트 x_i 를 적용할 때, 어느 정도로 컨스트럭트 x_j 를 적용하는가에 대한 탐구와 관련되어 있으므로, 저자는 트라이앵글 서브프로덕트(triangle subproduct)의 활용에 초점을 맞추어 기술을 전개한다. 서브프로덕트의 공식은 두 개의 관계, R과 S가 존재하고, $x \in X, y \in Y, z \in Z$ 일 때, $R_{ij}(x_i$ 와 y_j 의 관계)가 $S_{jk}(y_j$ 와 z_k 의 관계)를 의미(implication)하는 정도(degree)를 나타낸다. 연구의 관심사는 응답자가 두 개의

컨스트럭트를 어떻게 도시 객체에 적용하는 가를 살펴봄으로써 컨스트럭트간의 관계를 도출하는 것이다. 즉 컨스트럭트 x_i 가 컨스트럭트 x_j 를 의미하는 정도를 찾는 것이다.

목표하는 두 개의 컨스트럭트 간의 의미의 정도란 하나의 관계 R로부터, x_i 가 R에 있는 모든 y의 값에 관계할 때, x_j 가 R에 있는 모든 y의 값에 관계하는 정도에 해당한다. 따라서, X와 Z가 같은 집합이고 R과 S가 같은 관계라고 가정하면, R의 역관계(inverse relation), R^{-1} 를 이용하여 수식 (2.1)은 다음과 같이 단일 관계 R에 대한 서브프로덕트 수식으로 표현이 가능하다.

$$(R \triangleleft R^{-1})_{ij} = \min_k (R_{ik} \rightarrow R_{kj}) \quad (2.4)$$

위의 수식은 컨스트럭트 x_i 의 사용이 컨스트럭트 x_j 의 사용을 의미하는 정도를 보다 직접적으로 시사한다. 다시 말해, 어느 특정 응답자가 컨스트럭트 x_i 를 도시 객체에 적용할 시, 그가 동일한 객체에 컨스트럭트 x_j 도 적용할 수 있는 정도를 의미한다고 해석한다.

앞에서 나타난 모든 수식은 추구하는 정도의 값(value of degree)을 모두 찾은 뒤에 그 중에서 최소값을 취하고 있다. 그러나, 몇몇 연구[6]에서 입증되었듯이, 평균값을 사용하는 방법이 더 효과적이므로 수식 (2.4)를 아래와 같이 평균값 기반에 상응하는 수식으로 정의하여 연구를 수행한다.

$$(R \triangleleft R^{-1})_{ij} = \frac{1}{N_k} \sum_k (R_{ik} \rightarrow R_{kj}) \quad (2.5)$$

위의 수식에 의해, 도시 객체에 적용된 두 개의 컨스트럭트 간의 의미의 정도는 퍼지 함축 연산자를 이용하여 계산되고, 모든 도시 객체에 적용되어 구해진 값들의 평균치로 최종 결정된다. 퍼지 의미 연산자는 존재하는 다양한 정의에 따라 상이한 결과값을 산출한다. <표 5>는 퍼지 의미 연산자에 대한 이름과 정의를 보여준다[7]. 퍼지 의미 연산자의 선택은 수식 (2.5)의 트라이앵글 서브프로덕트의 계산 값에 변화를 주게 된다. 연산자의 선택은 통상 연구자 개인의 경험적 판단과 연구목적에 따라 달리 적용되고 있다. 본 연구에서 사용된 연산자는 Lukasiewicz($\rightarrow_{\neg 5}$)의 정의를 따른다.

<표 6>은 <표 4>에서 나타난 응답자의 퍼지 이진 행렬로부터 구해진 트라이앵글 서브프로덕트의 결과

<표 5> 퍼지 의미 연산자의 정의

Name	Definition
Standard Shape(S#)	$a \rightarrow_1 b = \begin{cases} 1 & \text{if } a \neq 1 \text{ or } b = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$
Standard Strict(S)	$a \rightarrow_2 b = \begin{cases} 1 & \text{if } a \leq b \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$
Standard Star(S*)	$a \rightarrow_3 b = \begin{cases} 1 & \text{if } a \leq b \\ b & \text{otherwise} \end{cases}$
Gaines 43(G43)	$a \rightarrow_4 b = \min(1, \frac{b}{a})$
Modified Gaines 43 (G43')	$a \rightarrow_{4'} b = \min(1, \frac{b}{a}, \frac{1-a}{a-b})$
Lukasiewicz(L)	$a \rightarrow_5 b = \min(1, 1-a+b)$
Kleene-Dienes-Lukasiewicz(KDL)	$a \rightarrow_{5.5} b = 1-a+a \times b$
Kleene-Dienes(KD)	$a \rightarrow_6 b = \max(1-a, b)$
Early Zadeh(EZ)	$a \rightarrow_7 b = \max(\min(a, b), 1-a)$
Willmott(W)	$a \rightarrow_8 b = \min(\max(\min(a, b), \max(b, 1-b))$

값을 보여준다. 참고로, <표 4>에 나타난 값, “n”은 서브프로덕트 계산에서 무시됨으로 적용할 수 없는

식의 표현을 위한 핵심은 서브프로덕트로부터 컨스트럭트간의 순서(order)를 묘사하는 연결선(link)을 갖고 있는 그래프 형태로 표현하는 것이다. 그러나, 서브프로덕트는 관계에 기반 한 순서의 특성을 부분적으로 결여하고 있다. 특정 관계 R이 순서(order) 또는 순서 관계(ordered relation)가 되기 위해서는 반사적(reflexive) 특성, 추이적(transitive) 특성, 반대칭적(antisymmetric) 특성을 모두 만족해야 한다.

목적하는 순서를 만들기 위해, 서브프로덕트에 대한 지역 전순서 폐쇄(local preorder closure)를 이용한다. 전순서(preorder)란 반사(reflexivity)와 추이(transitivity)의 특성을 갖고 있는 관계로 불리어진다. 서브프로덕트는 전순서의 특성을 완전히 보유하고 있지 않지만, 서브프로덕트로부터 지역 반사 폐쇄(local reflexivity closure)와 함께 지역 추이 폐쇄(local transitivity closure)를 구함으로 지역 전순서 폐쇄를 산출할 수 있다. 지역 전순서 폐쇄는 기존의 서브프로덕트의 관계를 충분히 유지하는 동시에 반사적 그리고 추이적인 특성을 소유하고 있다. 이를 위한 계산

<표 6> Triangle Subproduct of Gr5.map

		CONSTRUCTS																
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	
C O N S T R U C T S	C1	1.00	0.89	0.93	0.89	0.98	0.92	0.92	0.94	0.96	0.87	0.96	0.87	0.95	0.98	0.98	0.89	
	C2	1.00	1.00	0.95	0.96	0.99	0.95	0.95	0.96	0.98	0.93	0.98	0.93	0.96	0.99	0.99	0.99	0.93
	C3	1.00	0.92	1.00	0.95	1.00	0.98	0.98	0.99	0.99	0.93	0.99	0.94	1.00	0.99	0.99	0.99	0.94
	C4	1.00	0.96	0.99	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.95	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	0.96	
	C5	1.00	0.90	0.95	0.92	1.00	0.94	0.94	0.96	0.96	0.88	0.99	0.89	0.96	0.98	0.99	0.90	
	C6	1.00	0.93	0.99	0.96	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	0.93	0.98	0.95	1.00	0.99	1.00	0.96	
	C7	1.00	0.93	0.99	0.96	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.93	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	0.96	
	C8	1.00	0.92	0.98	0.95	1.00	0.96	0.98	1.00	1.00	0.92	1.00	0.93	1.00	1.00	1.00	0.94	
	C9	1.00	0.90	0.95	0.93	0.98	0.94	0.95	0.98	1.00	0.90	1.00	0.90	0.99	1.00	1.00	0.93	
	C10	1.00	0.95	0.98	0.98	0.99	0.98	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.98	
	C11	1.00	0.90	0.95	0.93	0.98	0.94	0.95	0.98	1.00	0.90	1.00	0.90	0.99	1.00	1.00	0.93	
	C12	1.00	0.95	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	C13	1.00	0.90	0.96	0.94	0.99	0.95	0.96	0.99	1.00	0.90	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	0.94	
	C14	0.98	0.88	0.92	0.89	0.95	0.90	0.92	0.94	0.96	0.89	0.96	0.87	0.95	1.00	0.98	0.89	
	C15	1.00	0.90	0.94	0.90	0.98	0.93	0.94	0.96	0.99	0.89	0.99	0.89	0.98	1.00	1.00	0.92	
	C16	1.00	0.93	0.98	0.96	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	0.95	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	

값을 합리적으로 배제한다. <표 6>는 논문에서 제안하고자 하는 인지 지식 표현의 사전 단계로서 응답자의 심리적 인식을 암시적으로 간직하고 있다.

트라이앵글 서브프로덕트는 행과 열 모두 컨스트럭트로 이루어진 퍼지 행렬의 형태로 컨스트럭트와 컨스트럭트간의 관계(unary relation)에 해당한다. 인지 지

알고리즘은 본 연구가 구현한 시스템에서 단계적으로 프로그래밍 되어 적용되었다[8].

마지막으로 반대칭적인 특성은 a-cut 기법을 적용하여 해결한다. a-cut 기법은 퍼지 관계를 기존의 관계(crisp relation)처럼 단순한 조사가 가능하게 하는 실질적인 방법이다. 특정의 a-cut 값에 의한 관계 R_a

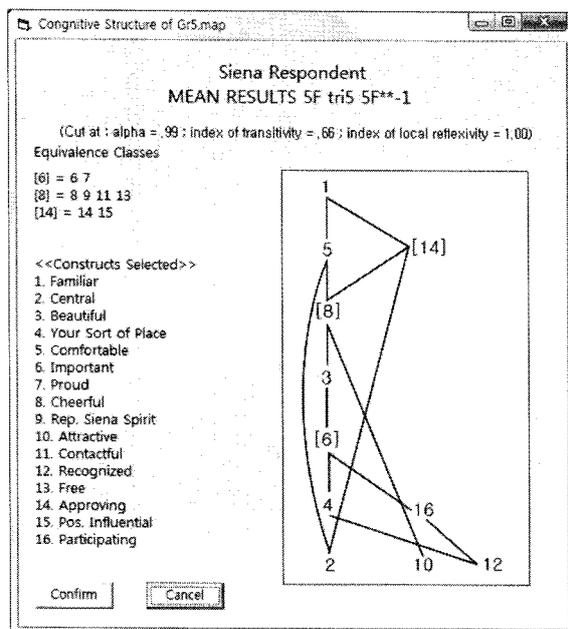
는 다음과 같이 정의된다.

$$(R_\alpha)_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } R_{ij} \geq \alpha \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.6)$$

R_α 로부터 반사, 추이, 대칭(symmetry)의 특성을 소유하는 동치류(equivalence class)가 나타나게 된다. 즉, R_α 에서 같은 패턴을 갖는 행에 위치하는 컨스트럭트들이 동치류가 되어 분할(partition)을 구성하게 된다. 따라서 R_α 는 이러한 동치류의 분할을 통하여, 대칭 사이클을 제외하게 되어, 반대칭적인 특성을 달성한다.

궁극적으로 트라이앵글 서브프로덕트는 지역 전순서 폐쇄와 α -cut 기법에 의하여 순서의 특성을 완전히 갖추게 된다. 컨스트럭트들의 순서 관계는 방향 그래프(directed graph)로 표현될 수 있으며, 이를 하세도형(Hasse Diagram)이라 부른다.

<그림 1>은 <표 6>으로부터 α -cut 값, 0.99를 적용하여 시스템으로부터 산출된 하세 도형을 보여준다. 그림에서 명시된 컨스트럭트들 간의 계층 구조는 응답자의 생각과 인식을 분석할 수 있는 컨스트럭트간의 의존 관계를 설명하는 키가 된다. 따라서, 이러한 계층 구조는 본 논문이 지향하는 개인의 인지 지식



<그림 1> 인지 구조 (Gr5.map)

표현의 결과적인 실체이며, 인지 지식의 정형화된 모습으로 인지 구조(cognitive structure)라 부른다.

그림의 표식 []은 동치류를 가리키고, 대표가 되는 하나의 컨스트럭트가 분할을 나타낸다. 모든 연결선(link)은 위로 향하고 있어서 화살표는 표시되어 있지 않다. 어의적으로 설명하면, 연결된 아래쪽 컨스트럭트가 위쪽 컨스트럭트를 의미(implication)하고 있다. 다음 장에서 응답자의 생각과 마음이 반영된 이러한 인지 구조로부터 유익한 정보를 찾기 위한 의미적인 해석과 분석을 논의한다.

3. 인지 구조의 분석

2장에서 도시 주민의 응답을 기초로 획득된 컨스트럭트와 도시객체의 관계로부터 컨스트럭트와 컨스트럭트의 관계를 이끌어내었다. 이를 통해 컨스트럭트 간에 계층과 순서를 보여주는 하세도형 형태의 인지 구조를 구현하였다. <그림 1>과 같은 개인 응답자의 인지 구조는 컨스트럭트 간의 계층적인 상호 의존 정도를 표현하는 의미를 내재적으로 포함한다.

인지 구조의 언어적인 해석 내지 심리적인 분석은 본 연구에 적용된 18개의 도시객체에 적용된 컨스트럭트를 중심으로 이루어진다. <그림 1>로부터 다음과 같은 해석이 가능하다. 해당 응답자가 특정 도시객체 또는 환경이 기능적으로 'central' 하다고 판단하면, 그곳에 대해 자신은 'comfortable' 한 느낌을 갖는다. 또한, 그곳이 'comfortable' 하다고 인식하면, 자신에게 'familiar' 하다고 느낀다. 인식 구조의 추이(transitivity) 특성에 의해, 응답자가 해당 도시 객체가 'central' 하다고 생각하면, 자신에게 'familiar'한 장소로 인식한다고 해석된다. 간단하게 응답자의 심리에는 'central'한 것은 'comfortable' 한 것을 의미하며, 'comfortable'한 것은 'familiar' 한 것을 의미한다고 사고가 자리 잡고 있다는 것이다. 위의 해석은 컨스트럭트의 긍정적인 극성에 따른 것이며, 부정적인 극성에 대한 해석은 논리의 대우법칙(contrapositive law)을 적용하여 위에서 아래 방향으로 반대로 기술하면 된다. 즉 응답자가 특정 도시 객체가 'unfamiliar' 하다고 느끼면, 그곳은 'uncomfortable' 하고, 그곳이

‘uncomfortable’ 하다고 느끼면 ‘peripheral’ 하다고 인식한다.

<그림 1>의 인지 구조는 상단에 보여진 대로 3개의 동치류(equivalence class)를 갖고 있다. 예를 들어, 첫 번째 동치류는 ‘important’와 ‘proud’로 이루어진다. 이처럼, 동치류의 구성원이 되는 컨스트럭트들은 동질적으로 도시 객체에 적용된다. 따라서 동치류 밖의 컨스트럭트와 하나의 같은 링크를 공유한다.

간단한 해석을 통해서 살펴보았음에도 알 수 있듯이, 컨스트럭트들 간의 상관관계 또는 의존관계가 응답자 개인의 생각이나 정신 작용을 바탕으로 나름대로 상이하고 독특하게 나타나고 있다. 예상하듯이, Siena의 12명 응답자들의 각자 도시에 대해 다른 의견을 개진하고 있고 결과적으로 그들의 인지 구조의 형태는 광범위하게 상이한 모양을 보여주고 있다. 특정 2명의 응답자의 경우에 최상위층과 최하위층의 컨스트럭트의 위치가 완전히 바뀌진 형태의 인지 구조가 도출되기도 한다. 인식 구조에서 상위계층에 위치하는 컨스트럭트는 응답자의 심리적인 관점에서 아래 계층에 존재하는 컨스트럭트보다는 그에게 있어 사회, 문화적으로 보다 비중있게 간직하는 가치 또는 개념으로 해석된다. 따라서, 상위 계층에서 발견되는 상위 컨스트럭트(superordinate construct)와 하위 계층에서 있는 하위 컨스트럭트(subordinate construct)를 통해 응답자 개인별 컨스트럭트의 상대적인 가치관 및 심리 해석이 가능하다. 예를 들어, 응답자의 대다수가 도시 객체와 관련하여 최우선적으로 관심을 갖고 있는 상황과 관련된 개념은 그들의 인지 구조의 최상위 계층에서 찾아낼 수 있다.

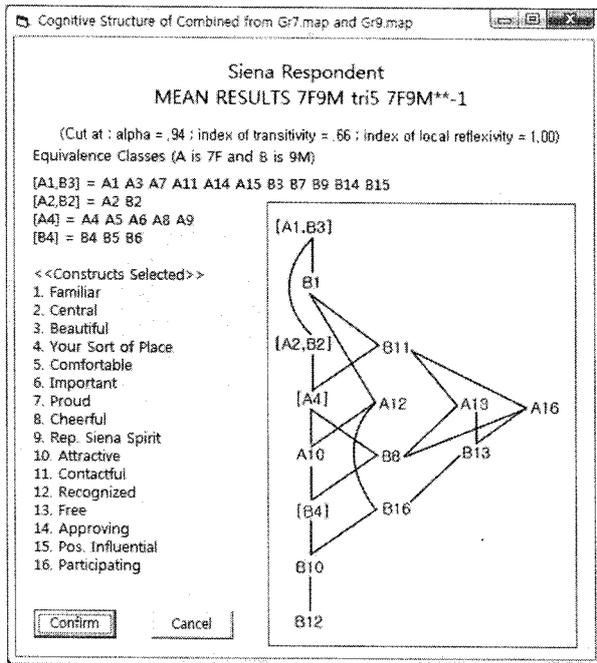
본 연구의 응답자 12명의 인식 구조를 살펴보면, 완전한 일치 또는 불일치를 보이지 않음에도 불구하고, 일정부분 비슷한 양상으로 중첩되고, 부분적으로는 매

<표 7> 퍼지 이진 행렬 (Gr7.map 과 Gr9.map의 결합)

		URBAN OBJECTS																	
		O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18
R ₁ 's C O N S T R U C T S	C1	1.0	1.0	0.8	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	1.0	0.8	0.6	0.0	0.8	0.8
	C2	1.0	0.6	1.0	0.2	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.2	0.0
	C3	1.0	0.8	1.0	0.8	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	0.5	0.5	0.4
	C4	1.0	0.6	0.8	0.2	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	0.0	0.5	0.8	0.2
	C5	1.0	0.8	0.8	0.8	0.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	1.0	0.6	0.8	0.8	0.0	0.5	1.0	0.2
	C6	1.0	0.8	0.8	0.4	0.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.6	1.0	0.8	1.0	0.8	0.0	0.5	0.8	0.0
	C7	1.0	0.8	1.0	0.5	0.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	0.5	1.0	0.5
	C8	1.0	0.6	1.0	0.5	0.0	1.0	1.0	0.5	0.6	0.8	0.8	1.0	0.8	1.0	0.0	0.5	1.0	0.4
	C9	1.0	0.6	1.0	0.5	0.0	1.0	1.0	0.5	0.6	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.5	0.5	1.0	0.2
	C10	1.0	1.0	0.6	0.2	0.6	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.0	0.5	0.8	0.0
	C11	1.0	0.6	1.0	0.6	0.6	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.5	0.8	0.5	1.0	1.0
	C12	1.0	1.0	0.6	0.0	1.0	1.0	0.6	0.6	1.0	0.6	0.8	0.8	0.8	0.5	0.2	0.5	0.8	0.6
	C13	1.0	0.8	1.0	0.5	0.5	1.0	0.8	0.5	0.8	0.5	0.6	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5	1.0	0.8
	C14	1.0	1.0	1.0	0.8	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.5	1.0	0.8
	C15	1.0	0.8	1.0	0.8	0.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	0.5
	C16	1.0	1.0	0.6	0.2	0.2	0.8	0.6	0.8	1.0	0.6	1.0	0.8	1.0	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6
R ₂ 's C O N S T R U C T S	C1	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	0.6	0.6	0.0	0.8	0.8
	C2	1.0	0.2	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.6	0.0
	C3	1.0	0.8	1.0	0.8	0.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.5	0.0	0.6
	C4	0.8	0.8	0.2	0.6	0.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.6	0.8	1.0	1.0	0.5	0.0	0.5	0.2	0.2
	C5	1.0	0.8	0.2	0.6	0.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.6	0.8	0.6	0.8	0.5	0.0	0.5	0.4	0.6
	C6	1.0	0.8	0.2	0.6	0.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8	0.5	0.0	0.5	0.2	0.6
	C7	1.0	0.8	0.6	0.8	0.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.6	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.5	0.5	0.6
	C8	0.8	0.8	0.6	0.5	0.0	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	1.0	1.0	0.8	0.6	0.0	0.5	0.6	0.8
	C9	1.0	0.8	1.0	0.6	0.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.5	0.6	0.5
	C10	0.8	1.0	0.4	0.5	0.0	0.6	0.6	0.6	1.0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.0	0.5	0.2	0.6
	C11	0.8	0.6	1.0	0.6	0.2	1.0	0.8	0.8	1.0	0.6	1.0	0.6	1.0	0.5	0.6	0.5	0.8	0.8
	C12	0.8	0.6	0.2	0.5	0.0	0.6	0.6	0.6	0.8	0.5	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.2	0.6
	C13	0.8	0.8	0.2	0.5	0.5	0.8	0.6	1.0	0.8	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8
	C14	0.8	0.8	1.0	0.5	0.5	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.5	0.6	0.6
	C15	1.0	0.5	1.0	0.6	0.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.5	0.8	0.6
	C16	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	1.0	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.6

우 유사한 결과를 보여주고 있다. 다시 말해, 일부 응답자들은 상호간 전반적으로 비슷한 도시 정서나 의견을 갖고 있고, 특정 컨스트럭트에 대해서는 거의 동일한 가치관이나 경험을 공유하고 있는 것으로 분석된다[9].

2명의 특정 응답자들 사이에서 컨스트럭트의 상호 의존 관계가 어떻게 일어나는지를 밝혀보는 것은 인식 구조의 해석을 보다 의미있게 만들어준다. 이 작업을 위해 2명의 응답자로부터 획득한 컨스트럭트와 도시 객체와의 퍼지 관계, R_1 과 R_2 를 결합하여 인지구조를 도출하는 과정을 시도한다. <표 7>은 7번째 응답자의 퍼지 관계(R_1)와 9번째 응답자의 퍼지 관계(R_2)를 결합한 퍼지 이진 행렬을 보여준다. 결합된 퍼지 이진 행렬로부터 앞 장에서 기술한 동일한 방법론을 통해 구현한 인지 구조가 <그림 2>에 나타나 있다. <그림 2>에서 A와 B는 각각 R_1 과 R_2 에 속한 컨스트럭트를 구별하기 위해 사용된 기호이다. 동치류는 R_1 과 R_2 의 컨스트럭트로 함께 이루어져 있다.



<그림 2> 인지 구조 (Gr7.map과 Gr9.map의 결합)

<그림 2>의 인지 구조의 분석은 두 사람의 응답자가 관계성을 띠고 있다는 점을 고려하여 이루어져야 한다. 예를 들어, R_1 의 컨스트럭트 x_i 로부터 R_2 의 컨스

트럭트 x_j 에 연결이 존재하는 경우, R_1 의 응답자가 특정 도시 객체에 x_i 를 적용할 때 R_2 의 응답자는 x_j 를 적용한다는 해석을 내릴 수 있다. 인지 구조로부터 나타나는 R_1 의 응답자의 컨스트럭트와 R_2 의 응답자의 컨스트럭트의 모든 연결을 조사함으로써, 두 사람이 적용하는 컨스트럭트들의 상대적인 의존관계를 발견하게 된다. 응답자 상호간 상대적인 입장에서 상위 컨스트럭트(superordinate constructs)와 하위 컨스트럭트(subordinate constructs)를 확인하는 것이 가능하다. R_1 의 x_i 가 R_2 의 x_j 를 의미(implication)한다면, R_2 의 관점에서 x_j 는 x_i 에 대해 상위 컨스트럭트이며, R_1 의 관점에서 x_i 는 x_j 에 대해 하위 컨스트럭트가 된다.

이러한 분석을 바탕으로 저자는 두 응답자로부터 관계적인 하위 계급(relational-subordinate class)와 관계적인 상위 계급(relational-superordinate class)으로 구별되는 두 가지의 컨스트럭트 집합을 이끌어 낸다. 한쪽 응답자에게 있어 관계적인 하위 계급은 다른 편 응답자의 어느 컨스트럭트의 하위에 속하는 자신의 모든 컨스트럭트의 집합으로 정의하고, 유사하게 상대방의 컨스트럭트들의 상위에 위치하는 자신의 컨스트럭트의 집합을 관계적인 상위 계급으로 정의한다. <표 8>은 <그림 2>로부터 발견한 관계적인 상위 및 하위 계급에 해당하는 컨스트럭트를 보여준다.

<표 8> 관계적인 하위 계급 및 상위 계급

Relational-Subordinate Class (R_1)	Relational-Superordinate Class (R_2)
{2,4,5,6,8,9,10}	{2}
{4,5,6,8,9,10,13,16}	{11}
{4,5,6,8,9,10,12,13,16}	{1}
{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16}	{3,7,9,14,15}
Relational-Subordinate Class (R_2)	Relational-Superordinate Class (R_1)
{4,5,6,10,12}	{10}
{4,5,6,8,10,12}	{4,5,6,8,9}
{4,5,6,10,12,16}	{12}
{4,5,6,8,10,12,13,16}	{13}
{4,5,6,8,10,12,13,16}	{16}
{2,4,5,6,8,10,12,13,16}	{2}
{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16}	{1,3,7,11,14,15}

4. 결 론

본 논문에서는 인간의 인지 과정을 표현하고 해석하는 지능형 시스템 구현 방법론을 제안하였다. 적용한 퍼지 관계론적인 접근 방법은 기존의 통계 확률적인 방법과 달리 논리적인 기반에서 인간의 심리 시스템을 정형화하고 구조화할 수 있는 새로운 방안이 될 수 있다. 제안된 모델링 기법은 심리학을 비롯한 인문 사회분야를 비롯하여 의사결정 지원 또는 자문 시스템 등의 인공지능 분야에 적용하여 지식의 의미 또는 문맥을 분석하는 강력한 지식 표현의 도구로 사용될 수 있다는 점에서 실용적인 기여도가 매우 높다고 본다. 또한 시맨틱 웹 기반의 정보검색 시스템 등의 설계와 온톨로지 지식베이스 구현에도 적용 가능하다[10,11,12].

본 논문에서 제안한 인지 구조로부터 특정 응답자들 간의 사고의 유사성(similarity)을 찾아내고, 응답자 그룹 전체를 대표하는 집단 인지 구조(collective cognitive structure)를 도출하는 과정은 가치있는 후속 연구가 될 것이다. 집단 인지 구조는 최근에 연구되는 집단 지성(collective intelligence) 또는 대중의 지혜(wisdom of crowd)[13]에 상응하는 실체로서 전체 의사를 반영하여 문제 해결을 가능하게 하는 의미있는 연구가 될 것이다.

본 논문의 방법론에서 적용된 기법과 관련하여 고려할 내용들은 존재한다. α -cut 값에 따른 인지 정보의 양은 변화한다는 점에서, 가장 적절한 양의 지식을 표현할 수 있는 α -cut 값을 찾는 일은 향후 지속적인 연구를 필요로 한다. 또한, 특정 퍼지 의미 연산자의 선택은 인지 구조에 내포되어 있는 의미론과 결과 분석을 다르게 할 수 있는 변수이다. 이러한 기술적인 문제들은 우선적으로 연구자의 경험적인 판단에 맡겨져 있다.

참 고 문 헌

[1] G. F. Luger, "Structures and Strategies for Complex Problem Solving", Addison Wesley, 2004.
[2] D. Bannister and F. Fransella, "Inquiring Man: The Psychology of Personal Constructs", Croom

Helm, 1986.
[3] L. A. Zadeh, "Fuzzy Sets", Information and Control, Vol. 8, pp. 338-353, 1965.
[4] W. Bandler and L. Kohout, "Mathematical Relation", Systems and Control Encyclopedia, pp. 4000-4008, Pergamon Press, 1986.
[5] W. Bandler and L. Kohout, "Semantics of Implication Operators and Fuzzy Relational Products", International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 12, pp. 89-116, 1986.
[6] Y. Joo and C. Noe, "Development of the Algorithm for the Selection of Clinical Investigations in Fuzzy Knowledge-Based Systems", Korea Telecom Journal, Vol. 3, pp. 22-33, 1998.
[7] W. Bandler and L. Kohout, "Fuzzy Power Sets and Fuzzy Implication Operator", Fuzzy Set and Systems, Vol. 4, pp. 13-30, 1980.
[8] Y. Joo, "The Knowledge Structure for Expert System Based on the Fuzzy Relational Approach", Journal of Industrial Technology Research Institute, Vol. 23, pp. 117-128, 2007.
[9] M. Shaw, "Methodology for Sharing Personal Construct Systems", Journal of Constructivist Psychology, Vol. 7, pp. 35-52, 1994.
[10] 강신재, "데이터의 웹을 위한 상호연결된 대규모 온톨로지 네트워크 구축", 한국산업정보학회 논문지, Vol. 15, No. 1, pp. 15-23, 2010.
[11] 조재형, 강무홍, "시맨틱 검색 기반의 부동산 지식 정보시스템 설계", 한국산업정보학회 논문지, Vol. 16, No. 2, pp. 111-124, 2011.
[12] T. Berners-Lee, "A Framework for Web Science, Foundation and Trends in Web Science", Vol. 1, pp. 263-275, 2006.
[13] J. Surowiecki, "The Wisdom of Crowds", Anchor, 2005.



주 영 도 (Young-Do Joo)

- 종신회원
- 1983년 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
- 1988년 : 미국 University of South Florida 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 1995년 : 미국 Florida State University 전산학과 (공학박사)
- 1996년 ~ 2000년 : KT 통신망연구소 연구팀/실장
- 2000년 ~ 2005년 : 시스코 시스템즈 코리아 상무
- 2005년 ~ 2006년 : 화웨이 기술 코리아 부사장
- 2007년 ~ 현재 : 강남대학교 컴퓨터미디어공학부 교수
- 관심분야 : 지능형 시스템, 전문가 시스템, 정보검색, 정보보안

논문 접수 일 : 2011년 07월 02일
1차수정완료일 : 2011년 07월 15일
게재확정일 : 2011년 08월 08일