

문제구조화를 위한 의사결정지원시스템 셸의 개발[†]

이재식* · 박동진**

Development of a Decision Support System Shell for Problem Structuring[†]

Jae Sik Lee* · Dong Jin Park**

Abstract

We designed a knowledge-based decision support system for structuring semi- or unstructured problems. Problem structuring involves extraction of the relevant factors from the identified problem, and model construction that represents the relationships among those factors.

In this research, we employed a directed graph called Influence Diagram as a tool for problem structuring. In particular, our proposed system is designed as a shell. Therefore, a decision maker can change the content of the knowledge base to suit his/her own interested domain.

To show the applicability in real-world problems, we developed a prototype named PS³ and tested it on the R&D evaluation problem, a typical semistructured problem.

1. 서 론

인간의 의사결정과정은 탐색, 설계 그리고 선택의 과정을 거친다[Simon, 1965]. 탐색 단계는 문제의 발견(problem finding)과 문제의 구조화(problem structuring)로 세분되며, 설계 및 선택 단계는 문제의 해결(problem solving)

로 결합될 수 있다. 여기서 문제의 구조화란 발견된 문제에 대한 이해를 증대시키기 위하여 정보를 수집하고, 그것을 기초로 문제의 핵심과 관련된 요인을 추출하여 그들간의 관계를 모델화하는 과정을 말한다[Sabherwal & Grover, 1989]. 의사결정지원시스템(Decision Support System: DDS)은 비·반구적인 문제의 해결에 있어서 의사결정과정의 각 단계

* 아주대학교 경영대학 경영학과 부교수

** 아주대학교 대학원 경영학과 박사과정

혹은 전 과정에 걸쳐 의사결정자를 지원하므로써 의사결정의 효과성을 증대시킬 수 있도록 설계된 컴퓨터 기반시스템이다. 그러나 지금까지 DSS는, 다루고자하는 문제의 성격측면에서는 비·반구조적인 문제보다는 구조적인 문제에, 의사결정과정중 지원하고자하는 단계에서는 문제의 발견이나 구조화보다는 문제의 해결단계에 상대적으로 많이 연구되어 왔음을 알 수 있다. 즉, 비·반구조적인 문제에 있어서 문제의 발견과 구조화 단계는 상대적으로 DSS로부터의 혜택이 부족하였다.

구조화과정에서의 지원은 DSS의 구성 요소 중 모델링 요소와 관련된다. 모델링 요소는 문제를 표현하는 수단인 모델링언어를 제공하여야하며, 또한 의사결정자가 모델링언어를 이용하여 문제를 정확히 표현할 수 있도록 지원하여야 한다. 지난 10년간 영향도(Influence Diagram: ID)를 모델링언어로 사용하므로써, 문제 자체에 대한 이해가 증진되고 또한 문제의 구조화가 용이함이 여러 학자에 의하여 주장되었다[Diffenbach, 1982][Kim & Kim, 1985][Shachter, 1986]. 그러나 의사결정자가 의사결정분석전문가의 도움없이 영향도를 직접 이용하려면 여러가지 관련 개념들의 이해가 선행되어야 할 뿐만 아니라, 영향도를 이용하는데 도움을 주는 적절한 시스템의 지원도 없었기 때문에, 영향도가 기업의 의사결정을 위한 도구로 널리 사용되지는 않고있다. 이미 개발된 시스템도 특정영역에 국한되어 사용되거나 아니면 단순히 의사결정분석전문가의 지식획득을 위한 도구 및 영향도를 그리는 도구로써 사용되고 있다.

기존의 개발된 시스템을 정리하면 크게 두개의 접근방법이있다. 그 중 하나는 규칙(rule)을 이용한 지식기반 접근방법이다. 이러한 방법은

따르는 시스템들은 영향도 구축방법 및 절차에 관한 지식인 모델링지식과, 특정영역에서 고려되어야 하는 변수와 그들간의 관계를 나타내는 영역지식을 함께 결합하여 지식베이스를 구성한 후, 이 지식베이스를 이용하여 특정 영역의 의사결정문제에 대한 영향도를 자동으로 생성시킨다. 이러한 시스템들은 다음과 같은 단점이 있다. 첫째, 지식베이스의 내용이 특정영역에 국한되어 있으므로 제한된 범위에서만 사용할 수 있다. 둘째, 영역지식과 모델링지식이 결합되어 있기 때문에 영역지식을 변경할 때, 그와 관련된 모델링지식도 수정하여야 한다. 따라서 영역지식의 변경이 많은 환경에서는 지식관리가 어려워진다. 셋째, 문제를 표현하는 영향도가 자동으로 생성되지만, 이 과정에서 의사결정자의 참여가 없게 되어, 구축된 영향도가 의사결정자가 갖고 있는 문제에 대한 인식을 완전하게 반영하지는 못하게 된다. 따라서 이러한 영향도의 분석에서 얻은 결과에 대하여 확신이 생기지 않을 수도 있다. 이러한 시스템들의 예로는 실시간 기계통제를 위한 IDES [Agogino & Rege, 1987], 의학분야의 RACHEL [Holtzman, 1989]과 VESPER [Reed, 1989], 그리고 자재구매분야의 KIDS [김재경, 1991] 등이 있다.

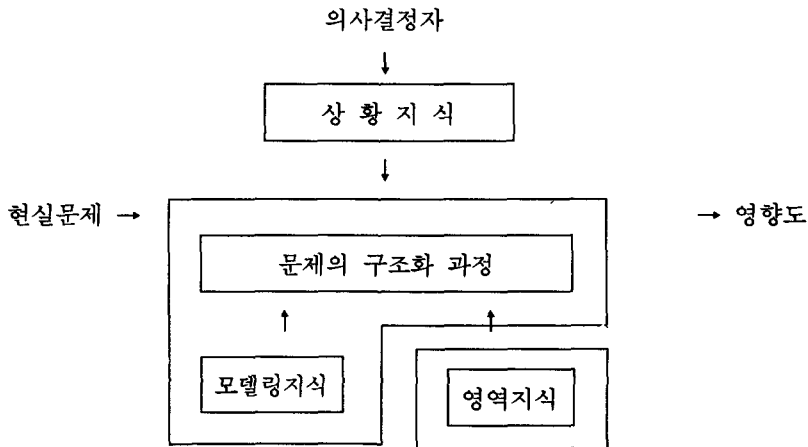
다음으로 그래픽 도구 개발을 위한 접근방법이다. 이는 단순히 영향도를 그리는 도구를 개발하는 것으로 이러한 시스템들은 의사결정분석전문가에 있어서는 다양한 영역에서 사용될 수 있지만, 일반적인 의사결정자나 영역 비전문가의 경우에 있어서는 이러한 시스템을 이용하여 문제를 표현하는 것이 친숙하지 않을 뿐 아니라 시스템으로부터 문제자체에 관한 정보를 제공받지 못하기 때문에 문제를 직접 표현하는데 있어서 어려움이 있다. 이러한 시스템

들의 예로는 INFORM[Moore & Agogino, 1987]과 DAVID[Shachter, 1988] 등이 있다.

본 연구에서는 기존의 각 접근방법들에서 발생하는 문제점을 제거하고자 다음과 같은 접근방법을 채택한다. 첫째, <그림 1-1>에서 보는

바와 같이, 모델링지식과 영역지식을 분리하여 저장하므로써 지식기반 접근방법의 문제영역 적용범위의 한계점과 지식관리의 문제점을 해결하고자 하였다.

<그림 1-1> 모델링지식 및 영역지식의 분리



둘째, 시스템 주도가 아닌 사용자 주도의 그래픽 모델링 환경을 제공하므로써 의사결정자의 참여를 촉진시킨다. 셋째, 강력한 모델링지식 및 영역지식을 제공하므로써 그래픽 툴 개발 접근방법에서 한계로 드러난 문제점을 해결하고자 하였다. 넷째, 영역지식을 인과관계 및 계층적 구조로 표현하므로써, 지식획득 및 문

제구조화에 관한 다양한 지원을 용이하게 하였다. 다음 <표 1-1>은 기존의 접근방법과 본 연구에서의 접근방법을 비교 하였으며, 제2장에서 먼저 영향도와 영향도를 이용한 문제 표현의 장점에 대하여 알아본 후, 본 연구의 구체적인 연구모형을 제시한다.

<표 1-1> 접근방법의 비교

접근 방법	본 연구	지식 기반	그래픽
지식 구조	모델링지식과 영역지식의 분리	결합	없음
영역지식 표현방법	인과관계, 계층구조	규칙(rule)	없음
영향도 구축	의사결정자 주도	시스템 주도	의사결정분석가 주도
적용영역범위	다양한 분야	특정 분야	다양한 분야
인터페이스	그래픽	텍스트	그래픽
영역지식획득	영역전문가 주도	지식공학자 주도	없음

2. 영향도에 의한 문제 표현 및 연구 모형

2.1. 영향도

영향도는 노드와 아크로 구성된 사이클이 없는 그래프이다. 노드는 모델에 있어서의 변수를 나타내고 그 내부에는 노드와 관련된 구체적인 정보들이 들어 있다. 노드는 크게 세가지로 구분되는데 첫째는 의사결정자의 직접통제 하에 있으며 해당문제에서 결정을 하여야 할 사항을 나타내는 의사결정노드(decision node)이고, 둘째는 의사결정자의 통제밖에 있으며 의사결정에 영향을 미치는 변수로서 그 변수의 값이 확률분포로 나타나는 기회노드(chance node)이며, 그리고 마지막으로 의사결정자의 목표를 나타내는 가치노드(value node)가 있다. 기회노드는 다시 확률적(probabilistic) 기회노드와 확정적(deterministic) 기회노드로 세

분되어진다. 확률적 기회노드는 해당 노드의 직접 선행노드(direct predecessor)의 값을 알고 있더라도 해당 노드의 값이 여전히 불확실한 변수를 나타내며, 확정적 기회노드는 직접 선행노드의 값을 알고 있으면 해당노드의 값도 알 수 있는 변수를 나타낸다. 아크는 연결되는 두 노드간의 인과관계를 나타내는데, 아크에 연결되는 후행노드(successor)의 종류에 따라 조건적 아크(conditional arc)와 정보적 아크(informational arc)로 구분된다. 조건적 아크는 해당 아크에 연결되는 후행노드의 종류가 기회노드나 가치노드인 것으로서 두 노드간에 확실적인 종속성관계가 있음을 의미한다. 정보적 아크는 연결되는 후행노드가 의사결정노드인 아크로서 해당 의사결정노드에 대하여 의사결정을 하는 순간에는 선행노드의 값을 알고 있다는 것을 의미한다. <표 2-1>에는 영향도에 있어서 각종 노드와 아크의 그래픽 표현방법과 그 내부에 포함되어야 할 정보내용들이 정리되어 있다.

<표 2-1> 영향도 구성요소의 표현과 내부정보내용

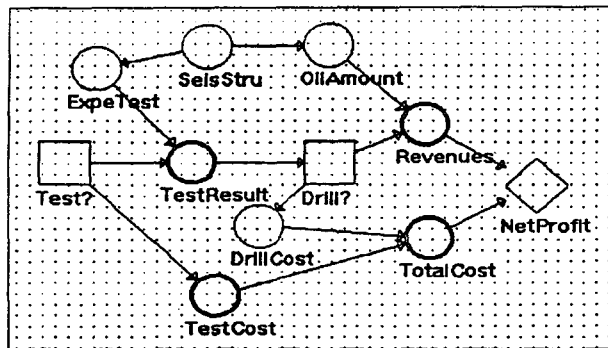
	구 분	그래픽표현	내 부 정 보
노 드	의사결정노드	□	의사결정대안
	확률적 기회노드	○	예상값, 확률적 분포
	확정적 기회노드	◎	예상값, 확정적 분포
	가치노드	◇	효용(가치)함수
아 크	조건적 아크	→	없음
	정보적 아크		

〈그림 2-1〉은 유정탐사문제[Raiffa, 1970]를 영향도로 표현한 것이다. 여기서 의사결정노드는 “Test?”와 “Drill?”등으로 각각 테스트를 할 것인가 안할 것인가 그리고 시추를 할 것인가 안할 것인가에 대한 결정 사항을 나타낸다. 확률적 기회노드의 예로는 “OilAmount”를 들 수 있다. 이것의 선행노드는 지반구조(“Seis-Stru”: seismic structure)인데, 일반적으로 어떤 지역의 지반구조를 알고 있다하더라도 석유의 매장량(“OilAmount”: amount of oil)을 정

확하게 추측할 수는 없는 것이다. 다만 전문가라면 지반구조의 형태에 따라서 매장량의 확률 분포는 알 수가 있을 것이다. 반면, “Revenues”와 같은 확정적 기회노드는 직접 선행노드의 값이 주어지면 해당 노드의 값이 확실하여지는 경우를 나타낸다. 즉, 확률이 1인 경우이다. 즉, 석유의 매장량을 알고 시추(drill)를 한다면 수익(revenues)이 얼마가 되는지 정확하게 알 수 있다. 다음으로 가치노드는 “NetProfit”으로서,

〈그림 2-1〉

유정탐사 문제에 대한 영향도의 예



이 의사결정문제는 순이익(net profit)의 최대화를 목표로 하고 있음을 알 수 있다. 조건적 아크의 예로는 “SeisStru”와 “OilAmount”를 연결하는 아크를 들 수 있는데 석유의 매장량은 지반구조에 확률적으로 종속성을 갖는 것을 의미한다. “TestResult”와 “Drill?”을 연결하는 아크는 정보적 아크로서 시추를 할 것인가에 대한 결정을 하는 순간에는 시추전 실험 결과(“TestResult”: test result)를 알고 있다는 것을 의미한다.

2.2. 영향도에 의한 문제 표현

영향도의 구성요소들로부터 알 수 있듯이, 영향도는 불확실한 변수와 의사결정사항 그리고 의사결정목표 등을 모델링하고 확률적인 종속성과 정보의 흐름을 명확하게(explicitly) 표현할 수 있는 도구이다[Howard and Matheson, 1984]. 영향도는 문제표현의 도구로서 다음과 같은 장점들을 지니고 있다. 첫째, 영향도는 가치 노드를 중심으로 한 목표지향형태이며, 영향도를 구축할 때에는 중요 변수와 그들 간의 관계를 먼저 고려하게 된다. 즉, 문제를 구조화하는데 있어서 목표를 먼저 고려하고 그에 따른 중요한 변수들을 고려하게 하므로써

문제의 분석이 체계적으로 진행되게 한다.

둘째, 영향도를 구축하는 과정은 의사결정 참여자간의 의사소통을 촉진시킨다. 왜냐하면, 의사결정자는 문제에 대한 자신의 관점을 변수로서 명시적으로 표시하여야 하며, 이것은 다른 의사결정자로부터 조정을 받게 되기 때문이다. 따라서 이러한 과정이 의사결정자간에 문제에 대한 생각을 공유하게 만든다. 셋째, 일단 영향도가 구축되면 문제를 전체적인 관점에서 쉽게 재검토할 수 있으며, 필요하다면 쉽게 재구성할 수 있다. 즉, 영향도는 이해관계자들이 전체적 관점에서 문제를 파악하고 자신의 생각을 재정립하는데 도움을 줄 수 있다.

넷째, 영향도는 의사결정이론에 기반을 둔 정형적 분석기법을 적용할 수 있는 논리적으로 정연한 모델이다. 따라서 영향도로 표현된 문제는 계량적으로 분석하기 위하여 다른 형태의 모델로 변형시킬 필요가 없다.

영향도에 의한 문제의 표현은 세단계로 이루어진다.

어진다. 즉, 영향도는 세계의 계층적인 정보를 갖고 있는 지식표현(three-layered knowledge representation) 방법이다[McGovern *et al*, 1991]. 제일 상위계층의 표현은 그래픽 레벨(graphic level)로서 해당문제에서 고려되는 변수간의 관계를 사이클이 없는 방향성 그래프로 표현하는 것이다. 두번째, 세번째 계층의 표현은 함수 레벨, 수리 레벨로서 노드간의 함수관계를 설정하여주고, 확률을 부여하는 단계이다. 즉, 영향도에는 의사결정문제의 구조뿐만 아니라, 각 의사결정변수와 관련된 세밀한 정보까지 포함되므로써 의사결정문제의 완전한 표현수단이 된다. 본 연구는 그래픽 레벨에서의 문제의 표현에 초점을 맞추고 있다.

2.3. 연구 모형

영향도를 이용하여 문제를 구조화하는 과정은 <표 2-2>와 같은 절차를 갖는다.

<표 2-2>

문제의 구조화과정

단 계	세 부 절 차	영 향 도 의 관 점
초기영향도 결정	의사결정목표 결정 의사결정대안 결정 관련변수 결정 관련변수간 관계 결정	의사결정노드 결정 가치노드 결정 기회노드 결정 기회노드간 관계 결정
문제의 구조 개선	영향도 개선 및 결정	노드·아크의 추가 및 삭제에 의한 구조 개선

구조화과정의 첫단계는 초기영향도 결정 단계로서, 인식 혹은 제안된 의사결정문제에 대하여 의사결정의 목표 및 의사결정 대안 등에 대하여 세부내용을 명시한다. 다음으로 문제에서 고려되어야 할 관련변수들을 파악하고

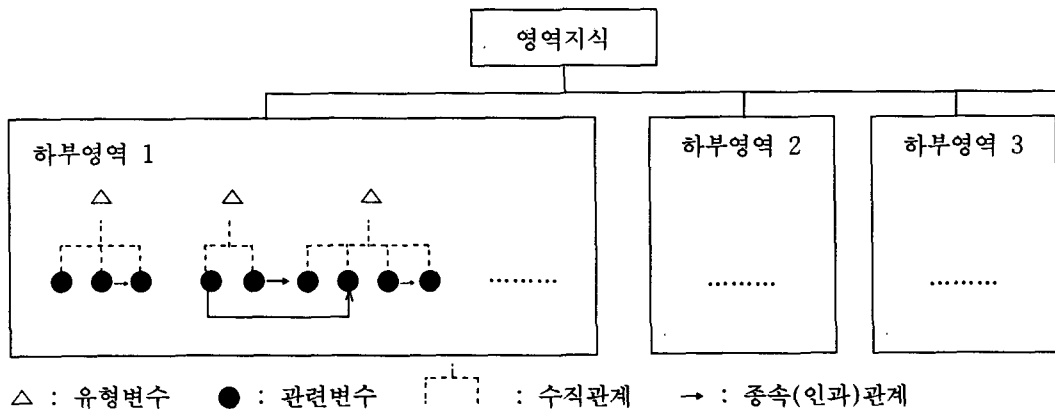
그들간의 관계를 결정하는 것이다. 영향도의 관점에서 보면, 초기영향도 결정 단계에서는 먼저 의사결정노드와 가치노드가 결정되고, 다음으로 의사결정에서 고려하여야 할 기회노드와 그들간의 관계가 결정될 것이다. 의사결

이러한 특성을 갖는 영역지식을 조직화하기 위하여, 우리는 인공지능분야에서 문제의 복잡성(problem complexity)을 줄이기 위하여 사용되는 전략인 “분할방법(decomposition)”, 즉 복잡한 문제를 잘 정의된 단편적 지식(factual knowledge)으로 분할하여 표현하는 방법을 채택하였다[Simon, 1973]. 즉 영역지식을 어떤 기준에 의하여 몇개의 하부영역으로 세분하고 분할된 하부영역을 구성하고 특징지우는 모든 요인들을 파악한 후, 이 요인들간의 관계를 설정하는 것이다. 여기서 파악된 요인들간에는 다음과 같은 관계들이 설정될 수 있다. 먼저, 분할에 의하여 하나의 요인(상위요인)이 몇개의 요인(하부요인)들로 세분되어지고, 분할된 하부요인이 다시 몇개의 요인으로 세분되어져서, 전체 요인들은 계층적 구조를 띠게 되고 각각의 상위요인과 하부요인들간에는 수직적 관계가 형성된다. 다음으로 각 요인들간에는 수평적으로 종속성(dependency) 혹은 독립성(independency)의 관계를 보일 수 있다. 즉 어

떤 요인은 다른 요인의 변화에 매우 민감하여 종속관계를 보이기도 하고 혹은 서로의 변화에 대하여 무관한 독립적 관계를 보이기도 한다.

본 연구에서는 <그림 3-1>에서 처럼 영역지식을 몇개의 하부영역으로 구분한 후, 각 하부영역내에서 고려되어야 할 요인들을 파악하였다. 각 하부영역내에 포함된 요인들의 수직적 관계는 한 단계 계층구조(single-layer hierarchy structure)만을 보인다고 가정하고, 여기서 상위요인을 유형변수, 하부요인을 관련변수라고 정의하였다. 종속관계(지식베이스, 영향도에서는 인과관계라 칭함)는 명시적(explicit)으로 표현하는 반면 종속관계를 나타내지 않는 요인들간에는 서로간의 관계를 설정하여 주지 않으므로써 서로 독립적이라는 것을 암시적(implicit)으로 나타내었다. 이러한 영역지식의 조직화 과정에서 요인들의 파악과 관계의 설정은 영역전문가의 판단에 기초하여 결정되어야 한다.

<그림 3-1> 영역지식의 조직화 체계



영역지식을 조직화하는 과정을 예를 통하여 기술하면 다음과 같다. 우선 우리가 다루고자 하는 문제는 다음과 같은 특성을 가지고 있어야 한다. 첫째, 발생하는 문제의 성격측면에서는 비·반구조적 의사결정문제이며, 그 해결과정이 문제 발생시의 환경에 영향을 많이 받는다. 둘째, 미래에 대한 불확실성이 있으며 고려되어야 할 요인들간에는 복잡한 상호관계가 있다. 셋째, 의사결정자들 상호간에 이해관계가 있으며, 그룹 프로세스를 통하여 의사결정을 한다. 즉, 이해관계자들간의 의사소통이 필수적인 문제이다. 본 연구에서 예로 사용될 R&D 평가에 관한 의사결정은 이상에서 언급된 특성들을 갖는 전형적인 문제로서[Smith, 1992], 다음과 같은 과정을 거쳐서 본 연구에서 개발된 DSS의 영역지식으로 조직화된다.

첫째, 전체 문제를 세부분야로 구분한다. 본 연구에서는 R&D평가문제와 관련된 세부분야

로서 연구기술, 제조생산, 마케팅, 전략, 그리고 재무분야를 선정하였다.

둘째, 분야별 관계를 설정한다. 분야의 관계를 설정하는데 기준이 되는 것은 조직전체적 차원에서의 입출력 관계이다. 예를들면 연구의 성공가능성이라는 변수는 연구기술분야의 출력이고 제조생산분야의 입력이 될 수 있다. 이러한 변수들은 사전에 결정하여 놓아야하는데, 이들은 나중에 분야간 지식을 연결할 때, 두분야의 지식들을 연결하는 매개변수가 된다.

셋째, 분야별로 의사결정문제와 관련된 모든 변수들을 열거한다. 열거된 관련변수들중에 중복된 개념이 있으면 이를 제거한다.

넷째, 관련변수들을 유형별로 구분하여 정리한 후 구분된 유형을 총괄하는 새로운 변수인 유형변수를 설정한다. 예를들면 연구기술분야에서의 관련변수와 유형변수는 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1>

연구기술분야의 고려변수

유형변수	관련변수
의사결정	프로젝트선정, 기술투자예산결정
기업적합성	경영목표와의 연계정도, 기술전략 적합성, 연구기술 투자전략
기술력	독창성, 전문성, 특허가능성, 기술력축적, 기술의 응용성
자원	연구인력, 연구설비, 연구능력, 기술 투자예산
기술투자규모	연구기간, 연구투자규모
연구성과	연구성공가능성, 제품화 가능성

유형변수와 관련변수와의 관계는 계층적 구조를 하고 있다. 이러한 지식의 계층적 구조는 노드 결합을 통하여 표현하고자하는 문제를 단순화할 수 있으며, 또한 노드 분해를 통하여 문제를 구체화할 수 있다는 장점이 있다.

다섯째, 관련변수들의 쌍에 대하여, 그들간의

관계를 인과관계(causal relationship)로 표현한다. 영향도에서 노드와 노드간의 관계는 인과관계를 나타내는데[Shachter & Heckerman, 1987], 이러한 영향도의 특성은 지식획득과 지식베이스의 구축을 용이하게 하기 때문에, 본 연구에서는 영역지식을 영향도의 표현방법과

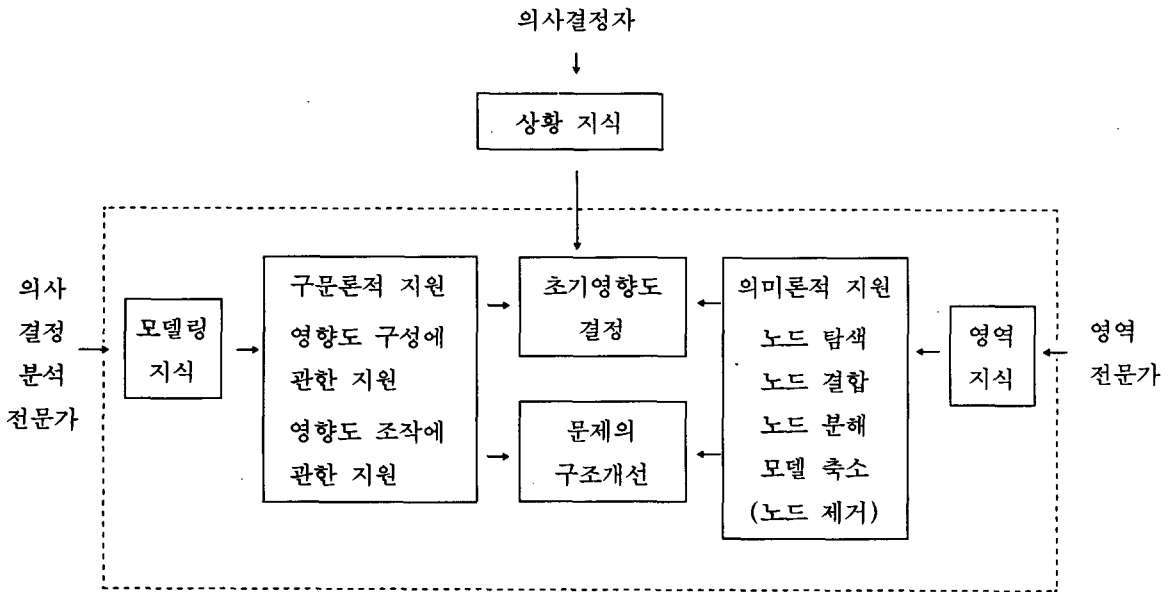
정자는 이러한 초기영향도를 통하여 문제를 전체적으로 볼 수 있으며, 의사결정자들간에 문제에 대한 구체적인 의사소통이 시작된다. 두 번째 단계는 문제의 구조를 개선하는 것이다. 즉, 의사결정 관련자들간의 조정과 협의를 통하여 초기영향도를 전체적인 맥락에서 그 구조를 수정 및 보완하는 것이다. 영향도의 관점에서 보면, 초기에 생성된 영향도를 기초로 각 노드와 그들간의 관계를 검토하여 필요한 노드와 아크를 추가하거나 삭제하는 것이다. 이 단계에서는 해당문제와 관련된 특수한 환경적 요인이 많이 고려될 것이다.

의사결정자가 이상의 문제구조화 각 단계를 신속하고 효과적으로 수행하기 위하여는 제1장의 <그림 1-1>에서 처럼 영역전문가에 의하여 제공되는 영역지식, 의사결정분석전문가에 의하여 제공되는 모델링지식, 그리고 의사결정자에 의하여 제공되는 상황지식 등이 필요하다. 영역지식은 문제의 구조화과정에서 해당문제의 내용 및 특성을 파악하기 위한 지식이다. 영향도를 이용하여 문제를 구조화를 하는 경우에는, 특정영역에서 의사결정을 할 때 고려되어야 하는 변수와 그들간의 관계가 영역지식으로 구성된다. 모델링지식은 모델링언어를 이용하여 문제를 표현할 때에 필요한 지식으로, 본 연구에서는 영향도의 구축방법에 관한 지식이다. 상황지식은 해당 문제에 대한 의사결정자의 특수한 상황 및 선호도를 나타내는 지식으로서 문제마다 다르고, 환경의 영향을 많이 받는다. 영향도를 이용하여 문제를 구조화하는 경우에 있어서, 상황지식은 의사결정자가 해당문제에 대한 분석을 진행하는 도중에, 즉, 영향도를 구축하여 나가는 과정에서 영향도의 구조에 반영된다.

본 연구의 지원대상인 의사결정자는 문제 구조화 과정에서 첫째, 문제 영역지식의 부족으로 문제의 핵심적인 요소들의 파악능력이 부족한 영역 비전문가를 대상으로 하며, 둘째, 모델링지식의 부족으로 문제를 영향도로 표현하는데 어려움이 있는 의사결정분석 비전문가를 대상으로 한다. 따라서 이러한 의사결정자에게 있어서 문제 구조화의 수단계에 걸쳐 시스템의 지원은 필수적이다. 이러한 의사결정자를 위하여 제공되는 DSS의 지원은 크게 구문론적 지원(syntactic support)과 의미론적 지원(semantic support)으로 구분된다. 구문론적 지원은 모델링언어로서 영향도의 사용에 관련된 지원으로서, 이것은 다시 영향도의 비숙련자가 문법적으로 완벽한 영향도를 구성할 수 있게 지원하는 부분과, 사용자가 영향도를 쉽게 조작할 수 있도록 지원하는 부분으로 크게 분류된다. 의미론적 지원은 지식베이스에 저장된 영역지식이나 의사결정자의 상황지식을 반영하여, 영역 비전문가인 의사결정자가 해당 문제에 포함되어야 할 핵심요인을 쉽게 파악할 수 있도록 지원한다. 이는 어떠한 지식을 사용하느냐에 따라 두 종류로 구분할 수 있다. 첫째, 영역지식의 활용에 의하여 제공되는 지원이다. 예를들면, 노드 탐색, 노드의 결합 및 분해 등이다. 둘째, 의사결정자의 상황지식을 반영하는 지원이다. 예를들면, 모델의 축소에 관련된 지원이다. 의사결정자가 문제를 정확하게 표현하는 영향도 모델을 구축하기 위하여는 이상의 구문론적 지원과 의미론적 지원이 효율적으로 결합되어 사용자에게 제공되므로써 가능한 것이다. 지금까지 논의된 본 연구의 전체적인 연구 모형을 도식하면 <그림 2-2>와 같다.

<그림 2-2>

본 연구의 연구 모형



본 연구에서는 의사결정자는 해당 문제에 대한 상황지식이 있다고 전제하고, 제3장에서 먼저 의미론적 지원의 기반이 되는 영역지식의 조직화 방법을 다루고, 다음으로 모델링지식의 내용과 구문론적 지원의 내용을, 마지막으로 의미론적 지원의 내용을 논의 한다. 제4장에서는 본 연구에서 개발된 DSS인 PS³(PS-CUBE: Problem Structuring Support System)의 프로토타입 구조와 설계 사항을 간단히 소개하고, 개발된 PS³를 R&D평가문제의 구조화 과정에 적용하여 본다. 제5장에서는 본 연구의 의의와 미래의 연구방향을 제시한다.

정을 지원하는데 필요한 영역지식을 조직화하는 방법을 제시하고자 한다. 문제를 구조화한다는 것은 의사결정자가 문제 영역에 관련된 복잡한 지식으로부터 해당문제를 구성하고 있는 요소들을 파악하여 이를 표현하는 것이다. 따라서 이를 지원하는 시스템은 복잡한 영역지식을 먼저 조직화하여 저장한 후 의사결정자에게 이를 제공하므로써 문제를 구성하고 있는 요소들에 대한 파악이 용이하도록 지원하여야 한다. Chandrasekaran과 Mittal[1983]은 문제 구조화에 필요한 영역지식을 “근본 모델(deep model)”이라고 하고, 이것은 인과관계로 표현된다고 주장하였다. 또한 그들은 영역의 범위가 넓은 문제 영역에 있어서 영역지식을 조건-행동의 규칙으로 표현하는 것은 적절하지 않으며, 이러한 문제에는 근본 모델이 필요함을 주장하였다. 이러한 주장을 뒷받침하는 또하나의 연구가 Bouwman[1983]의 “전형적인 기업의 내부 모델(internal model)”이다.

3. 문제의 구조화 지원사항

3.1. 영역지식의 조직화

본 절에서는 비구조적 문제에 대한 구조화과

같은 인과관계로 표현한다. 규칙기반 또는 프레임기반에 의한 지식표현방법에서는 영역전문가의 지식이 지식공학자(knowledge engineer)의 가공을 거쳐서 표현되지만, 인과관계에 의한 표현방법에서는 전문가가 직접 자신의 지식을 쉽게 표현할 수 있다는 장점이 있다[Moore & Agogino, 1987]. 예를들면, 연구능력은 연구성공가능성과 연구투자규모에 영향을 미치는데, 만약 연구능력이 충분하다면, 연구성공가능성은 높아지기 때문에 영향의 방향을 “+”로 나타낼 수 있으며, 반면에 연구투자규모는 적어지기 때문에 영향의 방향을 “-”로 나타낼 수 있다. 이러한 인과관계들이 <표 3-2>와 같이 표현된다.

<표 3-2> 지식베이스에 저장된 관련변수간의 관계

선행자	후행자	영향방향
연구능력	연구성공가능성	+
연구능력	연구투자규모	-
연구투자규모	연구성공가능성	+
독창성	기술력축적	+

인과관계인 영역지식구조는 모델링과정에서 필수적인 지원인 노드의 탐색을 세가지 방향에서 가능하게 한다. 첫째, 정방향 탐색(forward search)이다. 위의 예에서 연구능력에서 연구성공가능성이나, 연구투자규모를 거쳐 연구능력으로부터 영향을 받는 후행노드들을 찾을 수가 있다. 둘째, 역방향 탐색(backward search)이다. 위의 예에서 연구성공 가능성으로부터 연구능력이나, 연구투자규모를 통하여 연구성공가능성에 영향을 주는 선행노드들을 찾을 수 있다. 셋째, 양방향 탐색(bidirectional search)이다. 위의 예에서 연구능력과 연구성공가능성에

서 그 사이에 있는 노드인 연구투자규모를 찾을 수가 있다.

3.2. 구문론적 지원

3.2.1. 영향도 구성에 관한 지원

2.2절에서 언급되었듯이 영향도에 의한 문제의 표현은 세단계로 이루어지며, 그래픽 레벨에서의 문제의 표현이 본 연구의 초점이다. 그래픽 레벨에서 완벽한 영향도가 되기 위해서는, 그 구성에 있어서 다음과 같은 조건들이 있으며[Shachter, 1986][Holtzman, 1989], 각각의 조건들과 이를 만족시키기 위한 시스템의 지원 사항은 다음과 같다.

첫째, 영향도는 사이클이 없는 방향성 그래프이다. 즉 영향도상에서 사이클이 형성되어서는 안된다. 사이클은 새로운 노드를 생성시킨 후 그것을 기존의 노드와 아크에 연결시킬 때, 기존의 노드간에 아크를 추가할 때, 그리고 시스템에 의하여 영향도가 자동으로 재구성될 때에 발생할 수 있다. 따라서 시스템은 이러한 행위가 발생할 때마다 사이클 형성의 유무를 확인해야 한다. 만약 사이클이 확인되면 사용자에게 경고메세지를 보내고 새로운 아크의 등록을 취소하는 기능이 필요하다.

둘째, 가치노드는 하나만 있어야 하며, 그 가치노드는 후행자가 있어서는 안된다. 이는 영향도를 구성하는 첫 단계에서 먼저 시스템이 의사결정자에게 의사결정 목표를 설정하게 하고 이를 반영하는 하나의 가치노드를 자동으로 생성시키고, 그 이후부터는 추가적인 가치노드의 생성을 억제하므로써 가능하다. 또한 가치노드로부터 출발하는 아크의 생성을 억제하므로써 후행자가 생성하지 않도록 할 수 있다.

셋째, 최소한 하나의 의사결정노드가 있어야 하며, 둘 이상일 경우에는 그들간에 선후관계가 있어야 한다. 즉 이는 영향도가 완성되었을 때 의사결정노드의 유무를 확인하고, 둘 이상일 경우에는 그들이 하나의 경로(path)상에 있는지 확인하므로써 그들간에 선후관계가 있음을 알 수 있다. 의사결정노드들이 하나의 경로상에 있지 않는 경우에는 의사결정자에게 노드들간의 선후관계를 결정하게 한다.

넷째, 無用(barren) 노드가 없어야 된다. 無用 노드란 후행자가 없는 기회노드를 말하며, 후행자가 없다는 것은 해당노드가 직접적 혹은 간접적으로 의사결정목표인 가치노드에 전혀 영향을 주지 못한다는 것을 의미한다. 따라서 영향도를 완성하는 단계에서 모든 無用 노드들을 파악해서 이들을 제거해 주는 지원이 필요하다.

다섯째, 하나의 영향도상에 같은 명칭의 노드가 둘 이상 존재해서는 안된다. 사용자 혹은 시스템에 의하여 노드가 생성될 때마다 기존의 노드와 중복되는 것이 있는가 확인하고 이를 처리해주는 지원이 필요하다.

기타, 두 노드간에는 하나의 아크만이 존재하게 하고, 노드간의 연결이 없는 아크는 제거해야 하고, 그리고 변수 이름이 없는 노드는 생성시키지 않아야 한다.

3.2.2. 영향도 조작에 관한 지원

문제의 구조화 과정중에 의사결정자가 갖고 있는 문제에 대한 인식을 쉽게 모델에 반영할 수 있도록 지원하는 것은, 의사결정자의 적극적인 참여를 유도한다는 측면에서 매우 중요하다. 구체적으로 다음과 같은 지원들이 영향도 모델을 쉽게 조작할 수 있게 한다.

첫째, 사용자의 필요에 의하여 언제든지 각종 노드와 아크를 만들 수 있게 한다. 이때 영향도상에서 한 노드와 다른 노드는 겹치지 않

도록 하여야 한다.

둘째, 기존의 노드를 임의로 옮길수 있도록 한다. 이때 이동할 노드와 이미 이것에 연결되어 있는 아크도 함께 이동되도록 하여야 한다.

셋째, 기존의 노드 및 아크를 제거할 수 있도록 하여야 한다. 노드를 제거할 경우에는 해당 노드와 이미 연결되어 있는 아크도 같이 제거되도록 하여야 한다.

넷째, 해당 노드에 대한 세부정보를 저장할 수 있게 하고, 의사결정자의 필요에 따라서 조회하고 수정할 수 있어야 한다.

다섯째, 영향도를 파일로 저장하거나, 저장된 파일을 읽어서 영향도로 재구성할 수 있어야 한다.

여섯째, 전체 영향도의 규모에 따라 화면상의 노드 및 아크의 크기를 확대하거나 축소할 수 있도록 하여야 한다. 또한 영향도의 규모가 커서 하나의 화면에 포함되지 않는 경우에 화면을 상하 좌우로 이동하여 전체를 볼 수 있게 하여야 한다.

3.3. 의미론적 지원

3.3.1. 노드 탐색

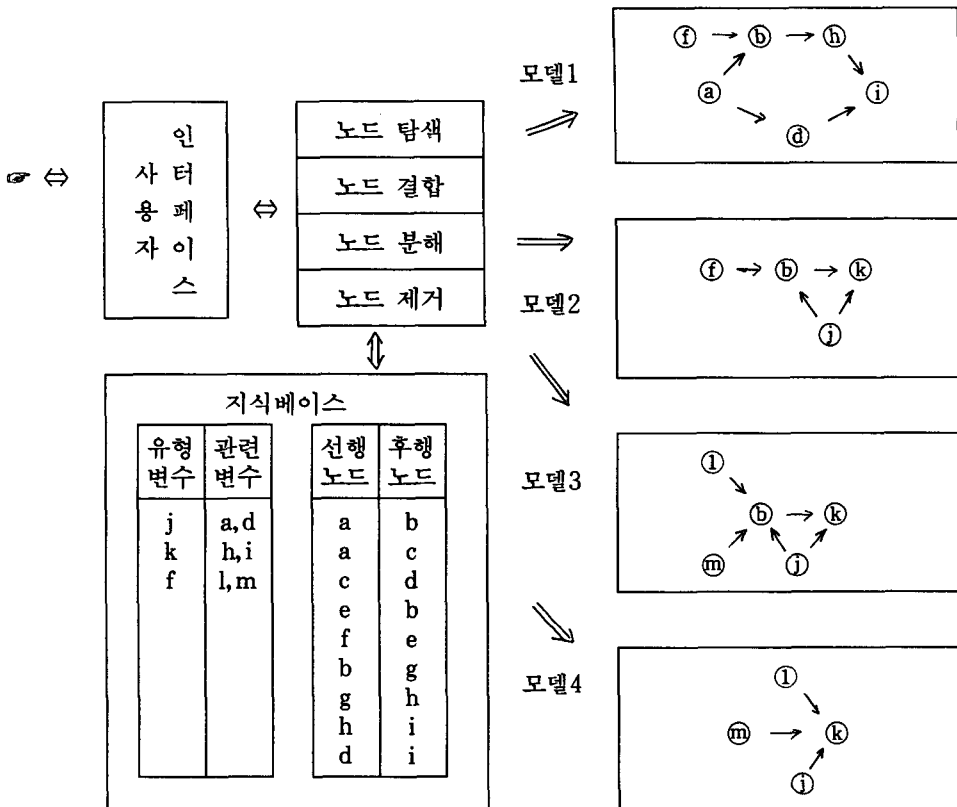
해당 문제를 구성하는 노드들과 그들간의 관계는, 의사결정자가 그 문제와 관련된 영역지식에 그 문제만이 갖는 특수한 상황지식을 반영하므로써 쉽게 파악되어질 수 있다. 본 연구에서는 영역지식이 부족한 의사결정자를 위하여, 의사결정자가 먼저 문제를 표현하는데 있어서 필요한 노드를 지식베이스내에서 선택하게 한 후, 조직화된 영역지식을 이용하여 그 노드와 관련된 다른 노드들을 제공하고, 이것들을 다시 의사결정자가 해당 문제를 표현하는데 포함시킬 것인가를 결정하게하는 일련의 과정들을 계속해서 반복하므로써 해당 문제를 쉽게 영향도로 표현할 수 있게 하였다. 이때 시

시스템은 의사결정자에게 의사결정 맥락(context)에 맞는 노드들을 제시하고, 또한 의사결정자에 의하여 선택된 노드들과 기존의 노드간의 관계를 자동으로 설정하고, 이를 영향도 모델에 포함시키는 작업을 수행하게 되는데, 이러한 일련의 지원은 노드 탐색에 의하여 수행된다. 노드 탐색은 의사결정자가 관심있는 하나의 노드에 대하여, 3.1절에서 처럼 요인들간에 인과관계로 조직화된 영역지식을 이용하여 지식베이스에서 그 노드와 관련된 적절한 노드들을 다음과 같은 세가지 방향으로 탐색하여 제시한다. 첫째, 정방향 탐색(forward search)으로서 지식베이스에 포함된 요인들간에 형성된 인과관계의 정방향을 이용하여 영향도상의 후행노드를 제시하는 것이다. 예를들면 영역지식

이 <그림 3-2>의 지식베이스처럼 구성되어 있으며, 의사결정자가 요인 a의 영향을 받는 요인들을 선택하고자 하면 시스템은 지식베이스에서 a와 정방향 관계가 있는 노드 b, c를 찾아서 의사결정자에게 제시한다. 만약 의사결정자가 제시된 노드들중에서 b만을 선택하고 c를 선택하지 않는다면 시스템은 지식베이스에서 c와 정방향 관계에 있는 d를 의사결정자에게 추천하게 된다. 여기서 의사결정자가 d를 선택한다면 영향도상에서 a에 의하여 영향을 받는 노드는 b, d로 결정된다. 둘째, 역방향 탐색(backward search)으로서 인과관계의 역방향을 이용하여 영향도상의 선행노드를 제시하는 것이다. 예를들면 의사결정자가 요인 b에 영향을 미치는 노드를 선택하고자 하면 시스템

<그림 3-2>

의미론적 지원의 예



은 지식베이스에서 b와 역방향 관계가 있는 노드 a, e중에서 현재 영향도상에서 연결이 안된 e를 의사결정자에게 제시한다. 여기서 의사결정자는 e를 선택하지 않고서 다시 e에 대한 역방향 탐색을 계속하여 f를 추천받고 이를 선택하여 b에 연결할 수 있다. 셋째는 양방향 탐색(bidirectional search)으로서 인과관계의 정방향과 역방향을 동시에 이용하여 의사결정자에 의하여 선택된 두 노드 사이에 어떠한 노드들이 포함되어 있는가를 찾아서 제시하는 것이다. 예를들면 의사결정자가 현재 영향도상의 노드 b와 관련이 있을 것으로 생각되는 노드 i를 지식베이스에서 선택하였을 경우, 시스템은 지식베이스에서 b에서는 정방향 관계에, 그리고 i에서는 역방향 관계에 있는 노드 g, h를 제시한다. 여기서 h만을 선택하면 b→h→i의 관계가 설정된다.

여기서 해당 노드의 선택과 필요한 탐색 방법의 선택은 의사결정자의 판단에 의존한다. 예를들면 이상에서처럼 의사결정자는 양방향 탐색후에 다시 노드 i에 대하여 역방향 탐색을 하여, 시스템으로부터 d를 추천받아서 이를 선택하므로써 두 노드간의 관계를 설정할 수도 있다. <그림 3-2>의 모델1은 지금까지 설명한 노드 탐색의 결과이다.

3.3.2. 노드 결합 및 분해

의사결정자들은 같은 문제를 표현하는데 있어서도 문제를 구성하는 요인을 선택하는데 있어서 차이가 있을 수 있다. 왜냐하면 의사결정자마다 나름대로의 직책, 경험 혹은 배경지식 때문에 문제를 보는 관점의 차이가 있기 때문이

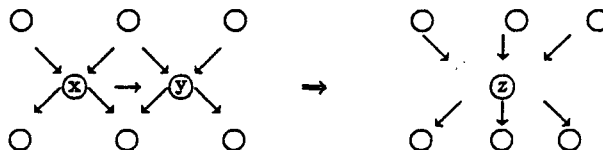
다. 예를들면 문제를 표현하는데 있어서 상위 관리자들은 개념적으로 축약된 요인들을 선호하는 반면에 상대적으로 하위 관리자는 구체적인 요인들을 선택한다. 따라서 같은 문제를 표현한 영향도라 할지라도 이러한 의사결정자의 관점의 차이에 따라서 영향도에 포함되는 요인의 구체화 정도가 달라질 수 있다. 하지만, 궁극적으로 같은 문제를 표현하기 때문에 그 의미상의 차이는 없어야 한다. 즉 영향도상에서 의미를 잃지 않는 상태에서 요인들을 축약하거나 혹은 구체화하여 의사결정자의 관점차이를 반영하는 시스템의 지원이 필요하게 된다.

본 연구에서 설계된 시스템은 3.1절에서 처럼 요인들간에 수직적 관계로 조직화된 영역지식을 이용하여 노드 결합과 노드 분해를 지원한다. 노드 결합은 의사결정자가 영향도 모델에 포함되어 있는 일부 노드들을 이들을 대표하는 상위개념으로 축약할 수 있게 하므로써 상위레벨에서 문제를 재구성할 수 있게 지원한다. 한편 노드 분해는 한 노드를 하위레벨의 몇개의 노드들로 분해할 수 있게하므로써 문제를 구체적으로 표현할 수 있도록 지원하고 있다. 노드 결합 및 분해는 일정한 규칙에 따라 이루어지는데, 이에 관한 기존의 연구로는 방향성 그래프이론[Harry *et al.*, 1965] 및 Olmsted[1983]의 알고리즘이 있다. 본 연구에서는 아래와 같은 이유에서 노드 결합은 방향성 이론을, 그리고 노드 분해는 Olmsted 알고리즘의 변형 형태를 채택한다.

먼저 방향성그래프이론 중 노드 결합(node condensation)의 증명에 따르면, 두개의 노드 x, y를 z로 결합하면 그 결과는 <그림 3-3>과 같아진다.

<그림 3-3>

노드 결합 방법



즉, <그림 3-3>처럼 각각의 직접선행노드들과 직접후행노드들은 결합된 노드의 직접선행노드 및 직접후행노드들이 된다. 이를 문제구조화의 관점에서 보면, 결합될 각 요인들에 직접적으로 영향을 주는(받는) 요인들은 결합된 상위 개념의 요인에도 직접 관련된다는 것을 나타내

는 것으로서, 이것은 의미적으로 적합하다고 볼 수 있기 때문에 방향성 그래프 이론을 영향도 모델의 노드 결합에 그대로 적용되어 질 수 있다. 그러나 영향도에서는 아래 <그림 3-4>와 같은 경우에는 노드 x와 y를 서로 결합할 수 없다.

<그림 3-4>

노드 결합이 불가능한 경우



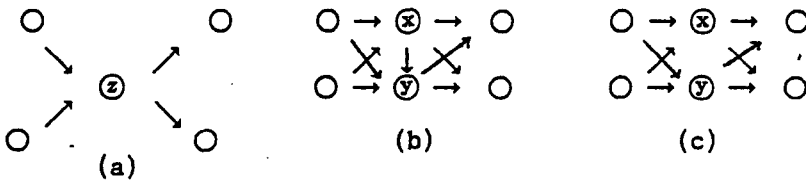
<그림 3-4a>는 결합될 한 노드의 직접후행노드가 다른 노드의 직접선행노드가 되는 경우이다. 이런 경우에 있어서는 노드 c가 결합한 노드의 직접선행노드가 되어야 할 지 혹은 직접후행노드가 되어야 할 지 알 수 없게 된다. 다음으로 <그림 3-4b>는 한 노드의 후행노드들(직접후행노드 제외) 중에서 하나의 노드가 다른 노드의 직접선행노드가 된다. 이런 경우에 있어서 노드의 결합은 사이클이 형성되는 결과를 낳는데, 영향도에서는 이를 허용하지 않기

때문에 이들을 결합할 수 없다. 따라서 이상의 두 경우에 있어서는 노드들을 결합하기 전에 의사결정자에 의하여 이와 관련된 아크의 조정이 필요하다.

본 연구에서는 Olmsted의 이론을 변형하여 채택하였는데, Olmsted의 알고리즘에 따르면 <그림 3-5a>의 노드 z를 x, y로 분해하면 그 결과는 <그림 3-5b>와 같아진다.

<그림 3-5>

노드 분해 방법



즉, 분해되기 전의 노드에 속한 직접선행노드들과 직접후행노드들은, 분해된 노드들 각각의 직접선행요인들과 직접후행요인들이 되며, 분해된 노드간에도 관계($x \rightarrow y$)가 형성된다. 이를 문제구조화의 관점에서 보면 하나의 상위 개념들을 나타내는 요인들에 직접 영향을 주는 (받는) 요인들이 상위 개념을 구체적으로 표현한 하위 개념의 요인들에게도 직접 관련될 수 있다는 것을 나타내는 것으로 해석될 수 있다. 그러나 분해된 노드들간의 관계 형성은 전문가의 영역지식 혹은 의사결정자의 상황지식에 의하여 결정되는 것이지 일정한 규칙을 따른다고 볼 수 없기 때문에 문제구조화 관점에서 분해된 두 노드간의 관계를 규칙에 의하여 자동으로 생성시키는 것은 의미가 없다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 <그림 3-5c>와 같은 방법으로 노드를 분해한다. 노드 분해는 노드 결합과는 달리 선행조건은 없다[Olmsted, 1983]. 그러나 노드 분해시 고려되어야 할 사항은 다음과 같다. 즉, 노드의 분해는 추가적인 아크의 생성을 의미하므로 아크의 추가로 인하여 표현하고자 하는 문제가 복잡해 질 수가 있다. 그러므로 관련된 노드들과 분해된 노드들간에는 최소한 하나의 경로를 유지한채 아크를 제거하는 과정이 필요하다.

본 연구에서 영역지식을 이용하여 노드 결합 및 노드 분해를 지원하는 방법을 예를들면 다음과 같다. <그림 3-2>의 지식베이스에서처럼 관련변수 a, d 는 유형변수 j 와, 그리고 관련변수 h, i 는 유형변수 k 와 수직적 관계에 있다면 영향도 모델상에 있는 a, d 를 j 로, h, i 를 k 로 결합하여 <그림 3-2>의 모델2처럼 새로운 모델을 구성할 수 있다. 반대로 노드 분해는 현재 영향도상의 유형변수에 해당되는 하나의 노드를 관련변수들에 해당되는 노드들로 분해하는 것이다. 예를들면 관련변수 l, m 은 유형변수 f 와 수직적 관계에 있기 때문에 영향도 모델상에 있는 f 를 l, m 으로 분해하여 <그림 3-2>의

모델3처럼 새로운 모델을 구성할 수 있다.

3.3.3. 모델 축소

초기영향도는 문제에 관련된 모든 요인들을 포함하게 되는 것이 일반적이다[Holtzman, 1989]. 영향도 모델에 너무 많은 노드가 포함되는 경우, 이러한 노드들로 인하여 의사결정자의 문제에 대한 이해 및 해결 능력이 급격하게 저하될 수 있다. 왜냐하면 노드가 많은 영향도는 의사결정에서 무엇이 중요한가에 대하여 충분한 통찰력을 주지 못하기 때문이다. 따라서 영향도를 본질적인 몇개의 요소로 줄이기 위한 노력이 필요하다. 이를 지원하는 것이 모델 축소이다. 또한 문제의 구조화 다음단계인 모델의 계량화 단계에서 투입되어야 할 노력을 사전에 줄여준다는 측면에서도 모델 축소는 필요하다.

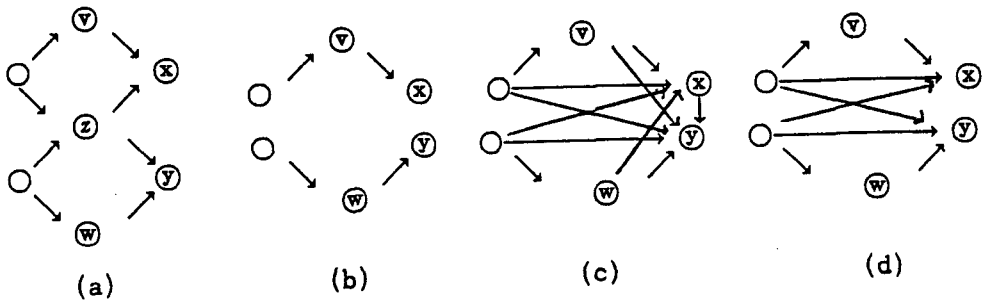
본 연구에서는 시스템이 의사결정자의 상황지식을 이용하여 다음과 같은 단계를 거쳐 모델 축소를 지원할 수 있도록 하였다. 먼저, 시스템이 의사결정자에게 영향도에 포함된 모든 노드에 대하여 각각의 중요도를 부여하게 한다. 이는 매우 주관적인 값으로 여러가지 편견(bias)이 개입될 수 있다. 따라서 이러한 개인적인 편견들을 제거하기 위하여 객관적인 중요도가 부여될 수 있도록 하는 조치가 필요하다. 둘째 단계로 중요한 노드의 선택 기준인 임계값(threshold)을 입력한다. 셋째 단계로 임계값 이하인 노드들을 선택한다. 넷째 단계로 선택된 노드를 영향도에서 제거한다. 이때, 노드 제거와 함께 관련된 아크의 변화가 따른다.

노드 제거와 관련된 기존의 연구도 방향성 그래이프 이론 및 Olmsted의 알고리즘이 있다. 즉, <그림 3-6a>에서 노드 z 를 제거하면 방향성 그래프 이론에 따르면 <그림 3-6b>와 같이, 그리고 Olmsted의 알고리즘에 따르면 <그림 3-6c>와 같이 된다. 방향성 그래프 이론에 따르

면 노드의 제거는 그와 관련된 모든 아크들의 제거를 유발한다¹⁾. 반면 Olmsted의 알고리즘은 노드가 제거될 때, 제거 후의 영향도를 제거 전의 영향도와 같은 의미를 유지하기 위하여 추가적인 아크를 생성하게 된다. 즉 z의 모든 직접 선행자들은 z의 모든 직접 후행자들에 연결되고, z의 모든 직접 후행자의 직접 선행자들은 z의 모든 직접 후행자에 연결된다²⁾. 그러나 <그림 3-6c>처럼 추가적으로 생성된 아크들

중에서 $v \rightarrow y$, $w \rightarrow x$, $x \rightarrow y$ 등의 아크는, 확률적인 면에서 노드 제거 전의 결합밀도 함수값과 노드 제거 후의 결합밀도 함수 값을 같도록 하기 위하여 추가된 것이다. 그러나 문제 구조화 관점에서 이러한 아크들의 추가는 문제의 복잡성을 증대시키는 결과를 초래하게 한다. 따라서 본 연구에서는 <그림 3-6d>와 같이 Olmsted에 의해서 제안된 알고리즘에서 의미가 없는 아크를 제외한 방법을 채택한다.

<그림 3-6> 노드 제거 방법



본 연구에서 노드 제거를 통한 모델 축소를 지원하는 방법을 예를 들면 다음과 같다. <그림 3-2>에서 현재 영향도상에 있는 노드 중에서 b가 임계값 이하의 중요도를 갖음으로써 제거되어야 한다면, 본 연구에서 채택한 방법으로 <그림 3-2>의 모델4와 같이 새로운 모델을 구성할 수 있다.

4. PS³ 적용예

본 연구에서 설계하여 개발한 문제의 구조화 과정을 지원하는 DSS의 프로토타입을 PS³

(PS-CUBE: Problem Structuring Support System)라고 명명하였다. <그림 4-1>은 PS³의 개념적 모델이다. PS³의 개발에는 확장을 고려하여 객체지향 접근방법을 채택하였다. 이 모델의 구성요소들은 서로간에 독립성을 유지하고 있기 때문에 각 구성요소들을 재체지향설계시에 모듈의 분류기준으로 채택하였다. <그림 4-1>에서 보는 바와 같이 PS³는 사용자 인터페이스, 구문론적 지원, 의미론적 지원 그리고 지식베이스의 네가지 모듈로 구성되어 있다.

PS³의 현실문제에 대한 적용 가능성을 확인하기 위하여, 전형적인 반구조적 문제인 R&D 평가와 관련된 분야의 의사결정문제에 PS³를 사용하였다. R&D평가는 연구개발관리의 핵심

1) 방향성그래프 이론에서는 아크를 의사소통 채널로서 보았기 때문에 의사소통 대상(노드)의 제거에 의하여 그와 관련된 모든 의사결정 채널도 제거되는 것이다.
 2) Olmsted에 따르면, 구조적 레벨에서는 노드가 제거되지만, 내부적 즉, 확률적으로는 제거될 노드가 이와 관련되는 다른 노드들에 흡수되는 것으로 간주하였다. 즉 영향도 전체의 결합밀도함수를 노드 제거 전의 값과 노드 제거 후의 값이 같도록 유지하면서, 두 개의 영향도가 전체적으로 같은 의미를 갖도록 하였다.

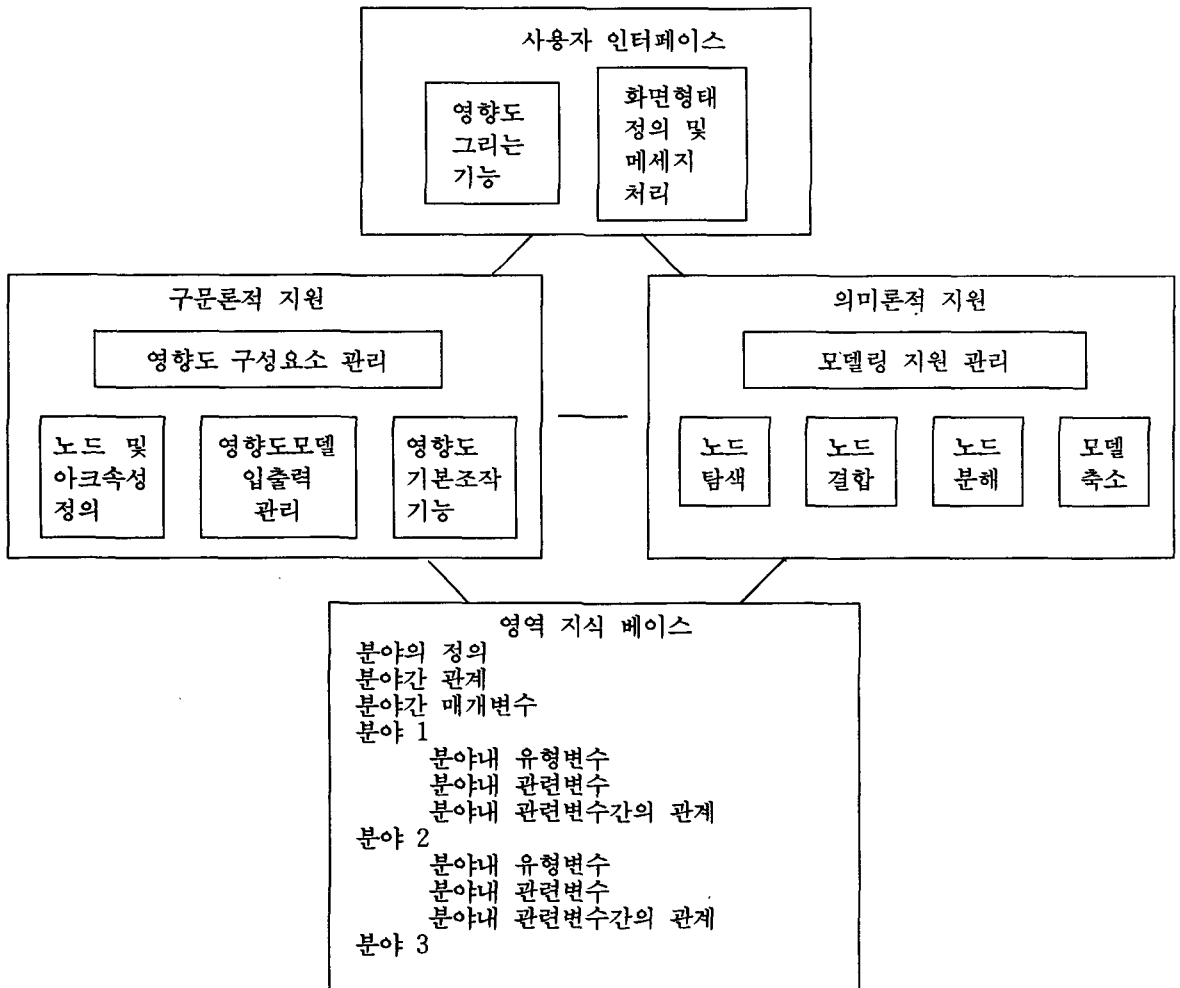
적 요소로서 그 궁극적인 목적은 연구개발자원의 효과적·효율적 사용인 R&D의 생산성제고라는 측면에 초점이 맞추어져 있다[한국전자통신연구소, 1990]. 그 중 대표적인 의사결정문제가 연구과제선정과 그와 관련된 자원분배인데, 효과적인 의사결정을 위하여는 문제와 상황을 구성하는 중요한 변수들과 그들간의 관계를 명시적으로 파악하는 구조화과정이 선행될 필요가 있다. 또한 이러한 의사결정문제는 여러 조직이 관여되고 그들간의 이해관계가 얽혀있으므로 조직전체적인 맥락에서 이해되고 조정될

필요가 있다. PS³는 이러한 문제의 구조화과정을 지원하고, 의사결정자간의 대화를 촉진하는 매개체 역할을 수행한다.

본 시스템을 적용하여보고자하는 가상의 연구소에서는 신제품 개발 혹은 기존제품의 개량을 위한 다수의 프로젝트를 수행하고 있으며, 때때로 새로운 프로젝트의 선정을 위한 연구 검토를 하고 있다. 본 장에서 제시된 지식들은 관련 문헌을 참고하여 저자들이 임의로 조직화한 것이다.

<그림 4-1>

PS³의 개념적 모델



4.1. 지식획득 및 저장

R&D평가와 관련된 분야들은 연구기술, 제조생산, 마케팅, 재무, 그리고 전략 등이다. 각 분야들간에는 복잡한 상호의존성이 있는데, 조직적 차원에서의 입출력 요인들을 기준으로 서로간의 관계를 설정하면 상호의존성을 쉽게 파악할 수 있다. 이러한 요인들을 매개변수라 한다. 예를들면, 연구기술분야와 재무분야는 양방향으로 서로 의존성이 있는데, 연구기술분야에서 재무분야 방향으로의 매개변수는 연구투자 규모이고 그 반대방향은 기술투자예산이 된다. 이렇게 매개변수를 사전에 설정하여 놓으므로

서 동일한 개념의 변수들이 분야간 지식획득과정에서 서로 다르게 표현되는 것을 방지할 수 있으며, 초기 영향도를 생성하는 과정에서 분야간 영향도의 연결을 용이하게 할 수 있다. R&D평가와 관련된 분야들의 상호간의 관계 그리고 매개변수들은 <표 4-1>과 같다.

지식획득과정에서 다음 단계는 각 분야별로 고려되어야할 유형변수 및 관련변수를 찾는 것이다. 먼저 관련변수를 열거하고 이들을 총괄하는 유형변수를 설정한다. <부록>에 각 분야별 유형변수와 관련변수들이 자세히 정리되었다.

<표 4-1> 분야, 연관분야, 매개변수

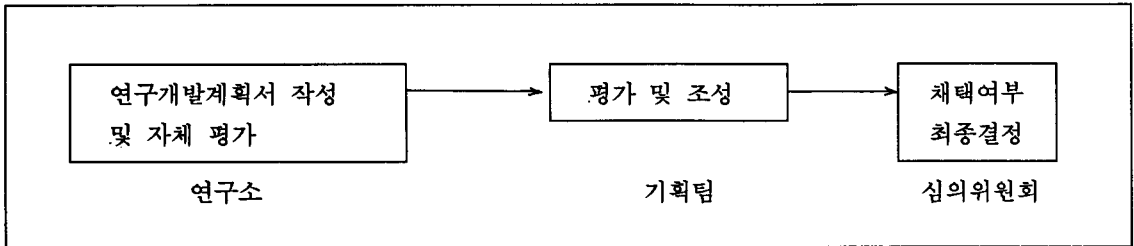
분 야	연 관 분 야	매개변수(분야→연관분야)
연구 기술	제 조 생 산	기술의 응용성, 제품화 가능성, 연구의 성공 가능성
	재 무	연구투자규모
제 조 생 산	마 케 팅	제품특성, 제조원가, 연생산가능량
	재 무	생산설비 투자규모, 제품수명
마 케 팅	재 무	매출수익, 영업비용
재 무	연 구 기 술	기술 투자예산
	제 조 생 산	생산설비 투자예산
	마 케 팅	영업활동예산
전 략	연 구 기 술	경영목표와의 연계정도, 기술전략의 적합성, 연구기술 투자전략
	제 조 생 산	생산설비 투자전략
	마 케 팅	기업이미지

4.2. 문제의 구조화과정

R&D평가는 <그림 4-2>와 같이 진행된다. 제안된 과제는 먼저 연구소 자체에서 평가·검토한 후, 기획팀에게 해당과제가 기업경영계획

에 포함되기를 제안한다. 기획팀에서는 제안된 과제의 성격에 따라 전문가로 구성된 심의위원회 구성하게 되며, 이 심의위원회에서 과제의 채택여부를 최종적으로 결정하게 된다.

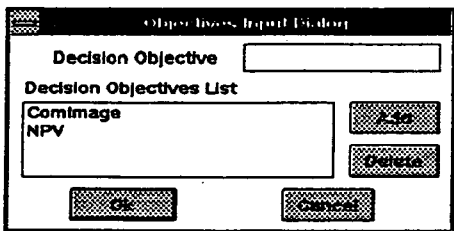
<그림 4-2> R&D 과제의 선정과정



PS³는 4.1절에서 구성된 지식베이스를 이용하여 심의위원회에서의 의사결정과정을 지원할 수 있다. 심의위원회에서는 먼저 연구과제 제안서를 검토한 후, 해당과제 선정에서 중점적으로 고려하여야 할 요인들을 찾기 위하여 영향도를 구성하여본다.

먼저 초기영향도 생성을 위한 메뉴를 선택하면 <그림 4-3>과 같이 해당 문제에 대한 의사결정목표를 입력할 수 있는 대화화면이 나타난다.

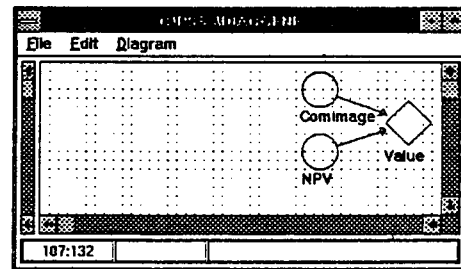
<그림 4-3> 초기영향도 생성 입력화면



여기서 의사결정목표를 기업이미지 제고(ComImage)와 순현가의 최대화(NPV)로 입력

하고서 "OK"버튼을 누르면, <그림 4-4>와 <그림 4-5>가 순차적으로 생성된다.

<그림 4-4> 의사결정의 목표의 연결



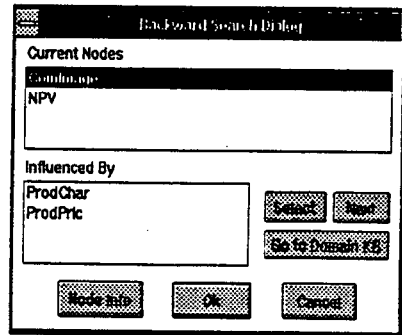
<그림 4-4>는 해당 문제에 대한 영향도 모델을 구성하는 화면으로서, 처음에는 의사결정목표들인 "ComImage"와 "NPV"가 가치노드인 "Value"에 연결된 영향도가 생성된다. 노드의 위치는 영향도조작 지원기능중의 노드 아크 이동기능을 이용하여 쉽게 조정할 수 있다.

<그림 4-5>는 역방향 노드 탐색 화면으로서, 현재 영향도상에 있는 노드들에 대하여 영향을 미치는 요인들을 지식베이스로부터 찾아서 의사결정자에게 제시한다, 이제부터는 영역지식과

상황지식을 이용하여 계속적으로 역방향 노드 탐색이 이루어지게 된다. 구체적으로 “Current Nodes” 박스에, 현재 영향도를 그리는 화면에 있는 노드중에서 역방향 탐색이 이루어지지 않은 노드가 나타난다. 이것들중의 하나를 선택하면, 시스템은 지식베이스의 영역지식 내용중에서 역방향 탐색을 하여 “Influenced By” 박스에 찾아진 노드들을 추천한다. 의사결정자는 “Select”를 이용하여 추천된 노드들중 하나를 선택하여 영향도에 추가할 수도 있고, “Next”를 이용하여 선행노드의 선행노드를 볼 수도 있다. 만일 역방향 탐색을 한 결과 선택할만한 노드가 없으면, 의사결정자는 “Go to Domain KB”를 선택하여 지식베이스의 영역지식내에 있는 특정 노드를 선택할 수도 있다. <그림 4-5>에서 선택된 노드들은 <그림 4-4>에 자동으로 추가되고, 또한 기존에 영향도상에 있던 노드들과의 관계도 자동으로 형성된다. 이들 두 화면은 서로의 정보를 주고 받을 뿐 독립적 개체이기 때문에 의사결정자는 필요시에 두 화면을 이동하면서 작업을 계속할 수 있다. 이 모든 과정은 의사결정자의 상황지식이 영향도의 생성에 반영되게하는 효과를 준다.

이러한 시스템의 추천과 의사결정자의 선택이 계속 수행되어 마침내 <그림 4-6>과 같은 초기영향도가 생성되는 것이다.

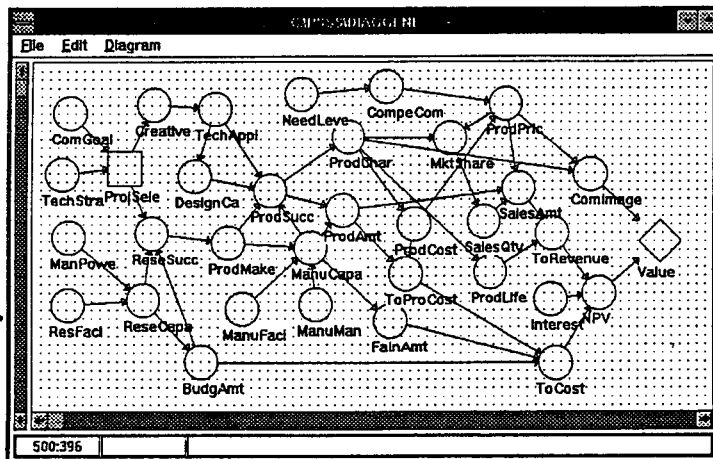
<그림 4-5> 역방향 노드탐색 대화화면



초기에 생성된 영향도를 기본으로 하여 영향도의 개선단계가 시작된다. 초기 영향도가 너무 방대하여 문제의 핵심이 포착되지 않는 경우에는, 의사결정의 효율성 및 효과성을 위하여 영향도를 축소조정할 필요가 있다. 이 경우에 PS³에서 제공하는 모델 축소 기능을 이용할 수 있다. <그림 4-7>과 같이 현재 영향도상의 모든 노드에 대하여 “Node Value”의 스크롤 바를 사용하여 각각의 중요도를 부여하고, 마지막으로 “Threshold Value”에 임계값을 입력한다. 그 결과로 생성된 축소된 영향도는 <그림 4-8>과 같다.

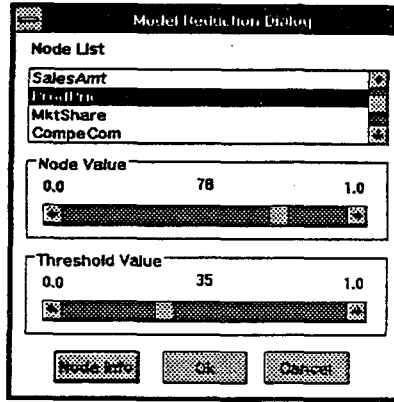
<그림 4-6>

초기영향도 생성결과



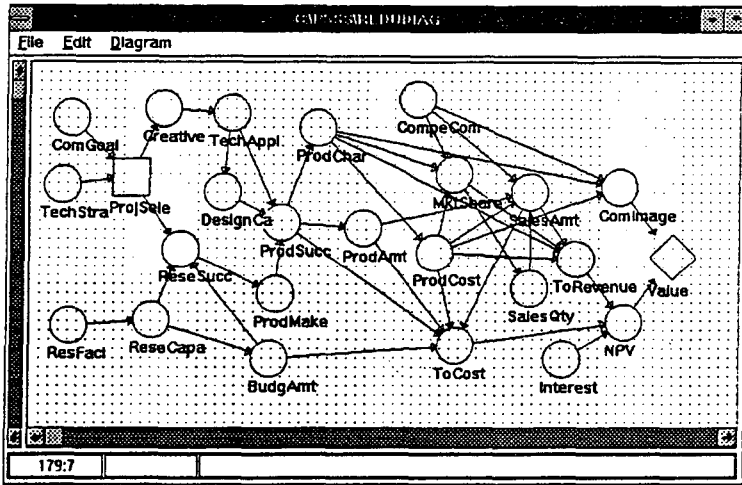
〈그림 4-7〉

모델 축소 입력 화면



〈그림 4-8〉

모델 축소 결과 화면



4.3. 의사결정문제의 적용에 따른 기대효과

영향도에 의한 R&D평가문제의 구조화과정은 다양한 후속단계들에서 다음과 같은 효과가 기대된다. 첫째, 기존의 평가방법인 평점법, 검사항목법, 그리고 경제적 평가법 등을 이용하는 경우에는, 이러한 방법들의 사전단계로서 영향도를 만들어 보므로써, 반구조적인 문제를 이해하고 핵심을 파악하는데 많은 도움을 줄 수 있으리라고 기대된다. 둘째, 의사결정분석이

론에 입각하여 의사결정을 하고자하는 경우에는, 가장 어려운 단계인 영향도 구성이 PS³에 의하여 완료된 상태이므로, 다음 단계인 영향도의 계량화와 계산과정으로 쉽게 진척할 수 있다. 셋째, 의사결정자의 주관적 판단에 의하여 대안을 선택하는 경우도 영향도를 만들어 보므로써 문제를 구성하는 각 변수들을 명시적으로 고려할 수 있게 된다. 이로 인하여 문제에 대한 통찰력이 생기게 되어 효과적인 의사결정을 기대할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 영향도를 이용하여 비·반구조적 문제를 구조화하는 과정을 지원하는 DSS를 설계하고 그 프로토타입을 개발하였다. 구조화기법으로는 의사결정분석 도구인 영향도를 채택하였다. 개발된 프로토타입인 PS³를 전형적인 반구조적 문제인 R&D평가의 구조화과정에 적용하여 보므로써 그 실용성을 보였다. 본 연구의 의의는 다음과 같이 네가지로 요약될 수 있다. 첫째, 의사결정자가 영향도를 이용하여 문제를 구조화하고자 할 때, PS³를 사용하므로써 전문가의 도움없이 스스로 문제를 표현할 수 있게 되었다. 기존의 연구에서 제시된 시스템에서는 의사결정자가 전문가에 의하여 이미 정의된 영역안에서만 문제를 재구성할 수 있는데 반하여, 본 연구에서 제시된 시스템은 구조화과정에서 의사결정자가 적극적으로 참여하도록 하여, 문제에 대한 자신의 인식을 충분히 영향도에 반영할 수 있는 환경을 제공하고 있다. 둘째, PS³는, 의사결정자가 자신의 영역지식을 지식베이스에 저장할 수 있도록, 영역독립적인 셸(shell)의 구조로 설계되어 있으므로, 기존의 시스템과는 달리 사용분야가 매우 다양하다.

셋째, PS³가 제공하는 강력한 구문론적 지원은 영향도에 대한 비숙련 사용자도 스스로 문제를 표현할 수 있게 하여주므로, PS³를 비숙련자를 위한 훈련 도구(training tool)로도 사용할 수 있다.

넷째, 의미론적 지원을 위하여 조직화된 영역지식베이스의 구조는 노드와 아크로 구성된 방향성 그래프의 구축을 용이하게 구성되었다. 따라서 방향성 그래프의 일종인 영향도(특히 다른 그래프와 달리 의사결정노드, 가치노드가 포함됨)뿐 아니라, 기타 다른 종류의 방향성 그래프에도 본 연구에서 개발된 영역지식베이스 구조를 적용할 수 있다.

본 연구에서 제시된 PS³는 문제의 구조화단계를 지원하는데에서 그치고 있으나, 영향도는

문제의 구조화과정을 위한 정성적 분석뿐만 아니라 정량적 분석도 가능한 의사결정기법이다. 따라서 PS³가 의사결정의 전과정을 지원하는 시스템이 되기 위하여는 문제의 정량적 분석이 가능하도록 영향도의 계량화와 평가에 관한 지원이 추가되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 김재경, 『의사결정분석을 위한 전문가시스템에 관한 연구』, 한국과학기술원, 박사학위논문, 1991.
- [2] 한국전자통신연구소, 『연구개발평가모형의 개발 및 적용에 관한 연구』, 1990.
- [3] Agogino, A. and A. Rege, "IDES: Influence Diagram Based Expert System," *Mathematical Modelling*, Vol.8 (1987), pp. 227-233.
- [4] Bouwman, M. J., "Human Diagnostic Reasoning by Computer: An Illustration from Financial Analysis," *Management Science*, Vol.29 (1983), pp. 653-672.
- [5] Chandrasekaran, B. and S. Mittal, "Deep versus Compiled Knowledge Approaches to Diagnostic Problem Solving," *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol.19 (1983), pp. 425-436.
- [6] Diffenbach, J., "Influence Diagrams for Complex Strategic Issues," *Strategic Management Journal*, Vol.3 (1982), pp. 133-146.
- [7] Harry, F., R. Z. Norman and D. Cartwright, *Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs* John Wiley & Sons, MA, 1965.
- [8] Holtzman, S., *Intelligent Decision Systems*, Addison-Wesley, 1989.
- [9] Howard, R. A. and J. E. Matheson. "Influence Diagrams," in *The Principle*

- and Applications of Decision Analysis*, Vol. II, R. A. Howard and J. E. Matheson (eds.), Strategic Decisions Group, Menlo Park, CA., 1984.
- [10] Kim, G. H. and S. H. Kim, "Influence Diagram Approach for Strategic Decision Structuring Process," *Journal of the Korean OR/MS Society*, Vol.10, No.1 (1985), pp. 41-53.
- [11] McGovern, J., D. Samson and A. Wirth, "Knowledge Acquisition for Intelligent Decision Systems," *Decision Support Systems*, Vol.7 (1991), pp. 263-272.
- [12] Moore, E. A. and A. M. Agogino, "INFORM: An Architecture for Expert-Directed Knowledge Acquisition," *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol.26 (1987), pp. 213-230.
- [13] Olmsted, S. M., "On Representing and Solving Decision Problems," Unpublished doctoral dissertation, Department of Engineering Economy Systems, Stanford University, Stanford, CA, 1983.
- [14] Raiffa, H., *Decision Analysis: Introductory Lectures on Choices under Uncertainty*, Addison-Wesley, 1970.
- [15] Reed, J., "Building Decision Models that Modify Decision Systems," *Knowledge System Laboratory*, Report No. KSL-89-21, Stanford University, Stanford, CA, (1989), pp.1-17.
- [16] Sabherwal, R. and V. Grover, "Computer Support for Strategic Decision Making Process: Review and Analysis," *Decision Sciences*, Vol.20, No.1 (1989), pp.54-76
- [17] Shachter, R. D., "Evaluating Influence Diagrams," *Operations Research*, Vol. 34, No.6 (1986), pp.871-882.
- [18] _____ and D. E. Heckerman, "Thinking Backward for Knowledge Acquisition," *AI Magazine*, Fall (1987), pp.56-61.
- [19] _____, "DAVID : Influence Diagram Processing System for the Macintosh," in *Uncertainty in Artificial Intelligence 2*, L. N. Kanal, T. S. Livitt and J. F. Lemmer (eds.), North-Holland, 1988, pp.191-196.
- [20] Simon, H. A., *The Shape of Automation*, Harper and Row, New York, 1965.
- [21] _____, "The Structure of Ill Structured Problems," *Artificial Intelligence*, Vol.4 (1973), pp.181-201.
- [22] Smith, G. F., "Towards a Theory of Managerial Problem Solving," *Decision Support Systems*, Vol.8. (1992), pp. 29-40.

〈부 록〉

유형 변수	관 련 변 수
의 사 결 정	프로젝트선정, 기술투자예산결정
기 업 적 합 성	경영목표와의 연계정도, 기술전략 적합성, 연구기술 투자전략
기 술 력	독창성, 전문성, 특허가능성, 기술력축력, 기술의 응용성
자 원	연구인력, 연구설비, 연구능력, 기술 투자예산
기 술 투 자 규 모	연구기간, 연구투자규모
연 구 성 과	연구성공가능성, 제품화 가능성

연구기술분야의 유형변수 및 관련변수

유형 변수	관 련 변 수
의 사 결 정	제품화 결정, 제조설비투자결정
제 조 기 술	제품설계능력, 제조능력, 생산성, 제품화 가능성, 제조원가, 연구의 성공가능성
제 조 자 원 가 용 성	제조인력, 제조설비, 자재조달 가능성, 생산설비 투자예산
제 품 구 성	제품수명, 제품특성, 기술의 응용성
설 비 투 자 규 모	생산설비 투자규모, 생산설비 투자예산
제 품 화 성 공 가 능 성	제품화기간, 상품화성공가능성, 연생산가능량

제조생산분야의 유형변수 및 관련변수

유형 변수	관 련 변 수
시 장 수 요	잠재고객규모, 안정성, 제품에 대한 소비자의 욕구
시 장 규 모	시장성장률, 국내시장규모, 국제시장규모
경 쟁	경쟁기업수, 경쟁상품, 영업활동예산, 기업이미지
제 품 특 성	제품매력, 제품특성
시 장 수 익 성	시장점유율, 가격, 매출량, 매출수익, 기존제품에 끼치는 영향, 판매조직의 능력, 영업비용

마케팅분야의 유형변수 및 관련변수

유형 변수	관련 변수
수익	매출량, 가격, 매출수익
원가	제조원가, 총원가, 영업비용, 생산설비투자규모, 연구투자규모
수익성 지표	순현재가, 내부수익율, 투자회수기간, 손익분기점
투자재원	기술투자예산, 제조생산예산, 영업활동예산, 예산규모

재무분야의 유형변수 및 관련변수

유형 변수	관련 변수
기업 목표	경영목표와의 연계정도
기업 전략	기술전략의 적합성, 생산투자전략, 연구 투자전략
기업 이미지	기업이미지
투자 전략	생산설비 투자전략, 연구기술 투자전략, 기업투자전략

전략분야의 유형변수 및 관련변수