

문제구조화를 위한 모델링환경 설계에 관한 연구

(A Study on the Design of Modeling Environment
for Problem Structuring)

이재식, 박동진

아주대학교 대학원 경영학과

요 약

본 연구에서는 비·반구조적 문제의 구조화 과정을 지원하는 지식기반(Knowledge-based) 의사결정지원시스템을 설계·개발하였다. 문제의 구조화란 당면한 문제에 대한 인식을 한 후, 문제의 핵심과 관련된 요인을 추출하여 그들간의 관계를 모델화 하는 것으로서, 본 연구에서는 구조화기법으로 방향성 그래프구조인 영향도(Influence Diagram)를 채택하였다.

특히 본 연구에서 제시된 시스템은, 의사결정자가 지식베이스에 자신의 관심영역에 관한 지식을 저장하여 사용할 수 있도록, 영역독립적(domain-independent)인 셸(shell)의 구조로 설계되었다.

개발된 프로토타입인 IDMS를 R&D 평가와 관련된 의사결정분야에 적용하여 그 구조화과정을 보이므로써 현실문제에의 적용가능성을 제시하였다.

1. 문제의 제기

영향도(Influence Diagram: ID)를 이용하여 의사결정문제를 표현하므로써, 문제 자체에 대한 이해도가 증진되고 또한 문제의 구조화가 용이함이 여러 학자에 의하여 주장되었다[Diffenbach, 1982][Kim and Kim, 1985][Shachter, 1986]. 그러나 의사결정자가 의사결정분석 전문가의 도움없이 영향도를 직접 이용하려면 여러가지 관련개념들의 이해가 선행되어야 하며, 또한 영향도를 이용하는데 도움을 주는 적절한 시스템의 지원이 없었기 때문에, 기업의 의사결정에 있어서 널리 사용되고 있지 않은 형편이다. 이미 개발된 시스템도 특정영역에 국한되어 사용되거나 아니면 단순히 의사결정분석 전문가의 지식획득을 위한 도구로서 사용되고 있는 실정이다. 따라서 비·반구조적이고 불확실한 의사결정문제를 영향도를 이용하여 해결하고자 할 때에, 가장 중요한 단계중의 하나인 문제구조화(problem structuring)에 있어서 비숙련 의사결정자에게 효과적인 모델링 환경을 제공하는 시스템의 개발이 필요하다. 또한 이 시스템이 다양한 영역에서 사용되기 위해서는 영역독립적(domain-independent system)이어야 할 것이다.

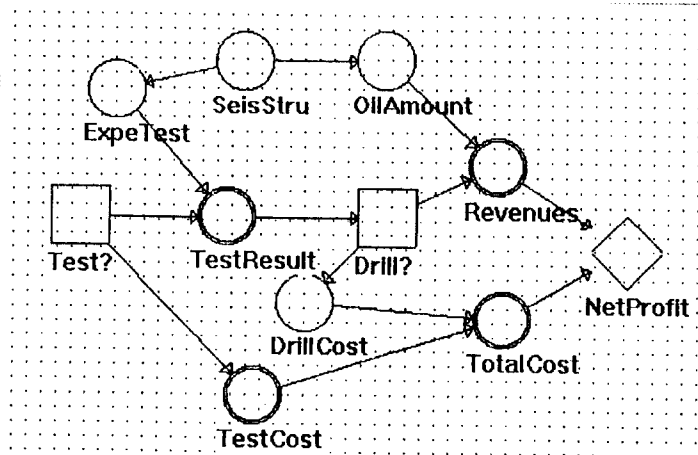
본 연구에서는 영향도를 이용하여 문제를 구조화할 때 필요한 의사결정 지원사항들을 제안하고, 이것을 설계하여 구현하므로써, 궁극적으로 문제의 구조화과정을 지원하는 의사결정지원시스템을 개발하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구 배경 및 방향

2.1. 영향도

영향도는 노드와 아크로 구성된 사이클이 없는 방향성 그래프이다. [그림1]은 많이 알려진 유정탐사문제[Raiffa,1970]를 영향도로 표현한 것이다. 노드는 모델에 있어서의 변수를 나타내고 그 내부에는 노드와 관련된 구체적인 정보들이 들어 있다. 노드의 종류로는 첫째, 의사결정 노드(decision node)가 있다. 예를들면 [그림1]에서 사각형을 한 "Test?"와 "Drill?" 등이다. 둘째, 기회 노드(chance node)이다. 원모양을 한 "OilAmount"와 "TotalCost" 등이다. 셋째, 가치노드(value node)이다. 마름모모양을 한 "NetProfit"이다.

의사결정노드는 의사결정자의 직접통제하에 있는 변수로 해당문제에서 결정해야 할 사항이다. 기회노드는 불확실한 상황을 나타낸다. 이것은 확률적(probabilistic) 기회노드와 확정적(deterministic) 기회노드로 구분 된다. 확률적 기회노드는 하나의 원으로 표시되며 직접 선행자(direct predecessor)의 값을 알고 있더라도 해당 노드의 값은 불확실하다. 다만 직접 선행자의 값이 해당 노드의 값에 대한 확률분포를 결정해 줄 수 있을 뿐이다. 예를들면 [그림1]에서 지반구조(seismic structure)를 알고 있다 하더라도 석유의 매장량(amount of oil)을 정확하게 추측할 수는 없는 것이다. 다만 전문가라면 지반구조의 형태에 따라서 매장량의 확률분포는 알 수가 있는 것이다. 반면 확정적 기회노드는 두개의 원이 겹친것으로 직접 선행자의 값이 주어지면 해당 노드의 값은 확실해진다. 즉 확률이 1이다. 해당노드의 값은 직접 선행자의 값들의 함수로 나타낼 수 있다. 예를들면, 석유의 매장량을 알고 시추(drill)를 한다면 수익(revenues)이 얼마가 되는지 정확하게 알 수 있다. 가치노드는 의사결정자의 선호도 및 목표를 나타낸다. 예제에서는 순이익(net profit)을 목표로 하고 있다.



[그림1] 영향도의 예

아크에는 두종류가 있다. 조건적 아크(conditional arc)는 기회노드와 가치노드로 들어오는 아크로 확률적인 종속성을 나타낸다, 예를들면, 석유의 매장량은 지반구조에 확률적으로 종속성을 갖는다. 정보적 아크(informational arc)는 의사결정노드로 들어오는 아크로, 의사결정을 하는 순간에는 아크의 선행자들에 대한 정보가 이용 가능하다는 것을 의미한다. 예를들면 시추를 할 것인가에 대한 결정을 하는 순간에는 시추전 실험결과(test result)를 알고 있다는 것이다.

영향도에 의한 문제의 표현은 3단계로 이루어진다. 즉 3개의 계층적인 정보를 갖고 있는 지식표현(three-layered knowledge representation)이다. 제일 상위의 표현이 그래픽 레벨이다. 해당문제에서 고려되는 변수간의 관계를 사이클이 없는 방향성 그래프로 표현한다. 두번째, 세번째는 함수 레벨, 수리 레벨로 노드간의 함수관계를 설정해주고, 확률을 부여하는 단계이다. 본 연구의 초점은 그래픽 레벨에서의 문제에 대한 정성적 분석이다.

2.2. 연구방향

영향도의 사용을 용이하게 할 수 있도록, 의사결정분석 전문가의 지식을 탑재한 컴퓨터 기반 시스템의 개발이 일부 학자들에 의해서 연구되었다[Agogino and Ramamurthi,1988][Holtzman,1989][Reed,1989][김재경,1991]. 이들은 규칙을 기반으로 한 AI 기법을 이용하여, 의사결정분석 지식과 영역 지식(domain knowledge)을 결합한 지식베이스를 구축하였다. 이 지식베이스를 이용하여 자동으로 영향도를 생성시킨 후 그 영향도를 평가하여 최적 대안을 제시한다. 이러한 시스템은 영역 비전문가, 그리고 의사결정분석의 비전문가에게는 문제를 해결하는데 상당한 도움을 주나, 지식베이스의 내용이 특정 영역에 국한되어 있으므로 제한된 범위에서만 사용할 수 있다. 또한 문제가 자동으로 구조화 되지만, 이 과정에서 의사결정자의 참여가 없게 되어, 구축된 모델이 의사결정자가 갖고 있는 문제에 대한 인식을 완전하게 반영하지는 못한다. 따라서 이러한 모델에서 나온 결과에 대하여 확신이 생기지 않을 수도 있다. 이러한 시스템의 예로 실시간 기계통제를 위한 IDES[Agogino and Ramamurthi,1988], 의학분야의 RACHEL[Holtzman,1989]과 VESPER[Reed,1989], 그리고 자재구매분야의 KIDS[김재경,1991]등이 있다.

기존의 접근방법은 AI 기법에 의한 지식기반 접근인데 반하여, 본 연구는 의사결정과정중 구조화과정을 지원하여 간접적으로 의사결정의 효과성을 증대시키는 의사결정지원시스템(Decision Support Systems:DSS)적 접근방법이다. 이러한 접근방법은 Kim과 Kim[1985]에 의하여 개념적으로 가능성이 제시되었으며, 사용가능한 시스템이 개발되지는 않았지만 Diffenbach[1982]와 맥락을 같이 한다. 또한 본 연구는 IDES의 지식획득 전용으로 개발된 INFORM[Moore and Agogino,1987]과, 단순히 영향도를 그리고 계산기능이 포함된 DAVID[Shachter,1988]과도 비교가 될 수 있다.

본 연구에서 제안되는 DSS는 영향도를 이용하여 문제를 구조화하는데 초점을 맞추고 있으며 다음과 같은 내용을 지원한다.

첫째, 지식베이스의 구조를 특정영역에 국한됨이 없이 독립적으로 설계하므로써, 의사결정자의 관심영역에 따라 지식베이스의 내용을 바꿀 수 있도록 하였다. 즉 본 연구에서 설계된 DSS는 영역독립적인 셸(shell)의 구조를 갖는다.

둘째, 문제구조화과정에서 요구되는 지원을 구문론적 지원(syntactic aids)과

의미론적 지원(semantic aids)으로 구분하고, 이들 각각을 지원하게 하였다.

셋째, 의사결정자가 스스로 모델링 할 수 있는 환경을 제공한다. 즉 그래픽 사용자 인터페이스를 제공하여, 사용자가 자유롭게 영향도를 조작(direct manipulation)하게 하였다. 따라서 모델의 변형이 자유롭고 의사결정자 주도의 모델링이 된다.

3. 영역지식체계

3.1. 영향도를 이용한 구조화 과정

이 장에서는 먼저 현실의 문제를 다음과 같이 가정하고, 그에 맞는 영향도 구축 관점에서의 구조화절차를 제시한다. 첫째, 비슷한 유형의 비·반구조적 의사결정문제가 발생하며, 그 해결과정이 문제 발생시의 환경에 영향을 많이 받는다. 둘째, 미래에 대한 불확실성이 있으며 고려되어야 할 요인간에는 복잡한 상호 관계가 있다. 셋째, 의사결정자들간 상호간에 이해관계가 있으며, 그룹 프로세스를 통하여 의사결정을 한다. 즉 이해관계자간의 의사소통이 필수적인 문제이다.

본연구에서 예로 소개될 R&D 평가에 관한 의사결정이 이상에서 언급된 특성들을 갖는 전형적인 문제이다[Smith,1992]. 영향도를 이용한 구조화 과정은 [표1]과 같은 세부절차를 갖는다.

단 계	세 부 절 차
의사결정문제의 정의	의사결정목표 의사결정대안 개요 관련분야 결정 분야간 관계설정
분야별 문제분석	세부 의사결정노드 결정 분야별 관련변수 결정 분야별 관련변수간 관계 설정 분야별 영향도 작성
분야간 결합	분야간 영향도 결합 중복 개념 노드 제거
초기구조 결정	초기 영향도 생성
문제의 구조 개선	영향도 개선 및 결정

[표 1] 문제의 구조화과정

구조화 과정의 첫단계는 문제의 정의 단계로, 인식 혹은 제안된 의사결정 문제에 대하여 해당영역을 결정하고, 의사결정의 목표 및 세부내용을 명시한다. 아울러 기업내의 관련분야를 결정하여 각 분야의 책임자로 하여금, 문제를 분석하게 한다. 영향도의 관점에서 보면, 문제의 정의 단계에서는 의사결정노드와 가치노드가 결정될 것이다.

두번째 단계는 각 분야별로 의사결정 문제를 분야의 기능과 관련하여 분석하는 것이다. 하나의 의사결정문제는 여러 분야에 걸쳐 영향을 미치고 있으며 또한 분

야별로 문제를 분석할 필요가 있다. 따라서 문제를 관련 책임부서별로 분해하여 분석하는 것이 바람직하다. 영향도의 관점에서 보면, 분야별 문제분석 단계에서는 분야별로 고려되어야 할 노드와 그들간의 관계가 결정될 것이다. 여기서의 노드는 하위단계의 의사결정 사항을 나타내는 의사결정노드, 분야와 관련된 기회노드들이다.

세번째 단계는 문제를 부분적으로 분석해 놓은 것을 결합하는 것이다. 영향도의 관점에서 보면, 분야간 결합단계에서는 분야별로 정의된 노드중에서 공통되는 노드를 찾아 이것을 매개노드로 하여 분야별 영향도들이 결합된다. 이때 결합에 따라 발생될 수 있는 사이클에 대한 확인도 하여야 한다. 결합한 후에는 중복된 개념을 하나의 노드로 만드는 과정이 필요하다.

네번째 단계는 문제의 초기 구조 결정으로, 이것으로부터 문제를 조직 전체적으로 볼 수 있게 하며, 의사결정자들간에 문제에 대한 구체적인 의사소통이 시작된다. 영향도의 관점에서 보면, 앞단계에서 결합된 영향도가 초기 영향도가 될 것이다.

다섯번째 단계는 문제의 구조를 개선하는 것으로, 조직 전체적인 맥락에서 문제에 관련된 핵심요인과 그들간의 관계를 파악하기 위하여 의사결정문제를 연속적인 방법으로 표현하는 시도이다. 영향도의 관점에서 보면, 초기에 생성된 영향도를 기초로 각 노드와 그들간의 관계를 검토하여 필요한 노드와 아크를 추가하는 것이다. 이 단계에서는 해당문제와 관련된 특수한 환경적 요인이 많이 고려될 것이다. 현실적으로 초기에 정확한 모델을 생산하는 것은 매우 어려우며, 의사결정자가 모델에 대하여 계속적인 변화를 가하여 보므로써, 문제에 관한 통찰력이 생겨 마침내 만족스러운 모델을 수립할 수 있게 되는 것이다.

이상에서 처럼 영향도는 문제 구조화의 전과정을 통하여 문제를 명시적으로 표현하게 한다. 즉 영향도는 문제를 그래픽으로 표현하게 하므로써 문제를 개념화하는데 많은 도움을 줄 뿐 아니라, 그래픽으로 표현된 문제는 이해하기가 쉽기 때문에, 공통적인 언어가 되어 의사결정에 참가하는 사람들의 의사소통을 촉진시켜, 결과적으로 문제의 핵심과 관련된 요인들을 체계적으로 추출하여 모델에 반영할 수 있게 한다.

그러나, 하나의 문제를 구조화 하는데 있어서 이러한 일련의 과정은 많은 노력을 필요로 한다. 또한 빠른 결정이 필요한 문제의 경우에, 문제의 분석에 과다한 시간을 투자할 수는 없는 것이다. 따라서 본 연구를 통해서 개발된 DSS는 이상과 같은 구조화과정을 효과적으로 지원할 수 있도록 설계되었다. 이러한 지원을 하기 위해서는 영역지식의 저장이 필수적이다.

3.2. 영역지식베이스의 구축

영향도에서 노드와 노드간의 관계는 인과관계(causal relationship)를 표현한다[Shachter and Hekerman, 1987]. 또한 영향도를 이용하면 하나의 큰 문제를 부분적으로 분석하고 난 후, 하나의 완성된 영향도로 결합하거나, 또는 개별적 노드를 몇개의 노드로 분해하기가 쉬워진다[McGovern et al., 1991]. 이상과 같은 영향도의 특성은 지식획득과 지식베이스의 구축을 용이하게 하기 때문에 본 연구에서는 영역지식을 영향도의 표현 방법과 같이 인과관계로 표현한다. 왜냐하면 규칙기반, 프레임기반에 의한 지식은 전문가의 지식이 지식공학자(Knowledge engineer)에 의해서 가공되어 표현되지만, 인과관계의 표현은 전문가가 직접 자신의 지식을 쉽게

표현할 수 있기 때문이다[Moore and Agogino,1987]. 또한 시스템의 최종 목표가 영향도를 구축하는 것이기 때문에 영향도와 같은 방법으로 영역지식을 저장하는 것이 바람직하다.

이러한 지식베이스에 저장될 지식의 획득 과정은 다음과 같다.

첫째, 의사결정 문제의 영역을 제한해야 한다. 본 연구에서 제시될 예에서는 문제의 영역을 R&D의 평가와 관련된 문제로 제한하였다.

둘째, 전체 문제를 세부분야로 구분한다. 본 연구에서는 연구기술, 제조생산, 마케팅, 전략 그리고 재무분야로 구분할 수 있다.

셋째, 분야별 관계를 설정한다. 분야의 관계를 설정하는데 기준이 되는 것은 전체 조직적 차원에서의 입출력 관계이다. 예를들면 연구의 성공가능성이라는 변수는 연구기술분야의 출력이고 제조생산분야의 입력이 될 수 있다. 이러한 변수들은 사전에 결정해 놓아야 한다. 이러한 변수들은 나중에 분야간 지식을 연결할 때, 두분야를 연결하는 매개변수가 된다.

넷째, 분야별로 의사결정문제와 관련된 모든 변수들을 열거한다. 열거된 관련 변수들중에 중복된 개념이 있으면 이를 제거해야 한다.

다섯째, 관련 변수들을 유형별로 구분하여 정리한 후 구분된 유형을 총괄하는 새로운 변수인 유형변수를 부여한다. 유형변수와 그 유형내에 있는 관련변수간에는 계층적 구조를 형성하게 되는데, 이는 구조화과정에서 문제를 상위수준에서 간단히 구조화 할 수 있게 하거나, 변수들간의 결합 및 분해[Holtzman,1989] 등의 지원을 가능하게 한다. 예를들면 연구기술분야에서의 관련변수와 유형변수는 [표 2]와 같다.

유형 변수	관련 변수
의사결정	프로젝트선정, 기술투자예산결정
기업 적합성	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

[표2] 연구기술분야의 고려변수

여섯째, 관련변수간의 관계를 인과관계로 표현한다. 예를들면 연구능력은 연구 성공가능성과 연구투자규모에 영향을 줄 것이다. 또한 연구투자규모는 연구성공가능성에 영향을 줄 것이다. 즉 현재의 연구능력이 충분하면, 연구성공가능성은 높아지고, 연구투자규모는 상대적으로 적을 것이다. 즉 이들간에 인과관계가 있음을 알 수 있다. 이러한 관계들은 각 분야의 모든 관련변수의 쌍에 대하여 설정하여야 한다. [표3]은 관련변수간의 관계가 지식베이스내에 저장된 방식을 보여준다.

선 행 자	후 행 자	영향방향
연구 능력	연구성공가능성	+
연구 투자규모	연구투자규모	-
독창성	연구성공가능성	+
	기술력축적	+

[표3] 지식베이스에 저장된 관련변수간의 관계

인과관계인 지식구조는 모델링 과정에서 필수적인 지원인 노드의 탐색을 아래와 같은 3가지 방향에서 가능하게 하는 장점이 있다.

첫째, 정방향 탐색(forward search)이다. 위의 예에서 연구능력에서 연구성공 가능성이나, 연구투자규모를 거쳐 원하는 노드를 찾을 수가 있다.

둘째, 역방향 탐색(backward search)이다. 위의 예에서 연구성공 가능성에 영향을 주는 연구능력이나, 연구투자규모를 통해서 원하는 노드를 찾을 수 있다.

셋째, 양방향 탐색(bidirectional search)이다. 위의 예에서 연구능력과 연구성공가능성에서 그 사이에 있는 노드인 연구투자규모를 찾을 수가 있다.

4. DSS에 의한 의사결정 지원

4.1. 의사결정 지원의 종류

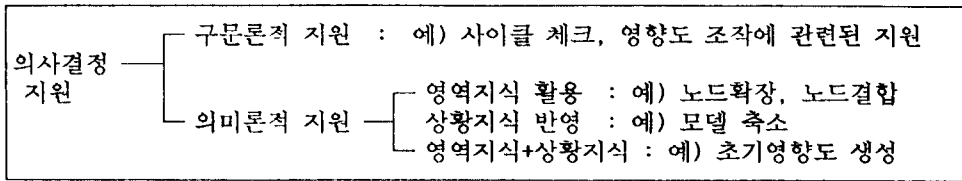
구조화 과정에서 제공되는 DSS의 지원은 크게 구문론적 지원(syntactic aids)와 의미론적 지원(semantic aids)으로 구분된다. 구문론적 지원은 영향도의 표현에 있어서 언어로서의 제약과 관계된 지원이다. 예를 들면 사이클 체크 또는 영향도의 각종 조작에 관련된 지원들이 있다. 의미론적 지원은 어떠한 지식을 이용하느냐에 따라 3종류로 구분할 수 있다.

첫째, 영역지식의 활용에 의해서 제공되는 지원이다. 예를들면 Holtzman[1989]이 제안한 노드의 확장(node expansion), 노드의 결합(node consolidation)등이 영역지식만을 이용한 지원이다. 즉 영역지식만을 이용해서 특정 노드를 몇개의 다른 노드로 분해할 수 있으며, 그 반대로 몇개의 노드들을 하나의 노드로 결합할 수도 있다. [표2]에서와 같은 변수의 계층적 구조에 대한 지식이 이를 가능하게 한다.

둘째, 구조화과정에서 사용자가 시스템에 제공하는 지식인 상황지식을 반영하는 지원이다. 예를들면 모델 개선단계에서 필요로 하는 모델 축소 기능이다. 즉 문제를 표현하는 영향도의 규모가 너무 커서, 의사결정자가 문제를 이해하는데 어려움이 있을 때, 각 노드에 상황지식을 부여해서 모델을 일정규모로 줄이는 방법이다.

셋째, 영역지식과 상황지식이 결합하여야 가능한 지원이다. 예를들면 초기 영향도 생성과정에서 시스템이 영역지식에 의해서 특정노드를 찾아서 추천하면, 의사결정자가 상황지식을 이용해서 선택을 하게되는 것이다. 역으로 상황지식에 의해서 특정노드를 원하면, 영역지식을 이용해서 노드를 찾아주고, 찾은 노드와 기존 노드간에 관계를 결정해 준다.

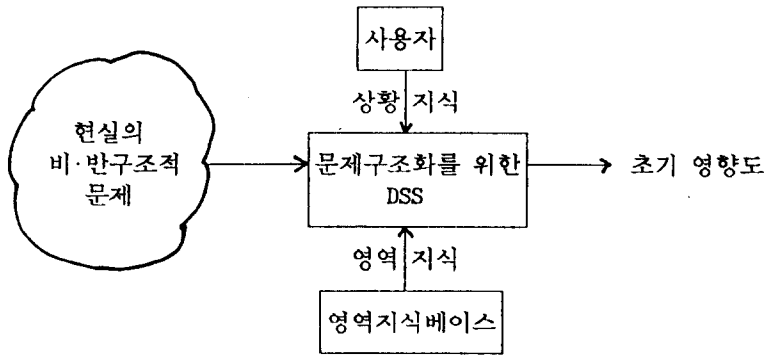
이상의 의사결정 지원의 종류를 정리하면 [표4]와 같다.



[표4] 의사결정 지원의 종류

4.2. 초기 영향도 생성(Initial Diagram Generation)

초기 영향도 생성의 목적은 영역지식으로 부터 해당문제에 적합한 초기 구조를 찾고자 하는 것이다. 따라서 이는 영역 지식을 기반으로 하되 의사결정자의 해당 문제에 대한 인식이 반영되어야 한다. 반영된 인식은 상황지식의 일부로 간주될 수 있다. 특히 비·반구조적인 문제의 구조를 결정하는데 있어서 의사결정자의 적극적인 참여는 필수적이며, DSS모델링 환경은 이를 지원해야 한다[Pracht,1990]. 이들 간의 관계를 [그림 2]처럼 나타낼 수 있다.



[그림2] 초기 영향도 생성

본 연구에서 제시되는 DSS의 프로토타입에서는 초기 영향도를 생성하는데 있어서 역방향 탐색인 목표지향 방법만을 채택하였다[Pearl et al.,1982]. 의사결정자의 인식을 완전하게 반영하기 위해서는 노드를 찾는 데 있어서 정방향과 양방향의 탐색도 가능해야 할 것이다. 본 연구에서 사용된 역방향 탐색 알고리즘은 다음과 같은 절차를 거친다.

첫째, 의사결정자가 해당문제에 대한 목표에 직접적으로 영향을 주는 노드를 지식베이스내에서 선택한다. 복수개의 노드의 선택도 가능하다. 노드를 선택한다는 것은 모델내에서 가치노드에 직접적으로 영향을 미치는 직접 선행자(direct predecessor)를 결정하는 것이며, 그들간의 관계를 나타내는 아크가 연결되는 것이다.

둘째, 선택된 노드에 직접적으로 영향을 미치는 노드가 지식베이스내에서 자동으로 찾아진다. 찾아진 노드들이 시스템에 의해서 제시되면, 의사결정자가 해당 문제의 상황지식을 이용하여 그중에서 많은 영향을 미칠 것이라고 생각되는 노드들을 선택한다.

셋째, 선택된 노드에 대해서 선행자(predecessor)가 없는 노드가 발견될 때까지 둘째단계의 작업을 반복한다. 만약 의사결정자가 시스템이 제시한 노드중에서 하나도 선택하지 않으면, 시스템은 그래프 구조상으로 선행자의 선행자를 찾아서 의사결정자에게 다시 제시하게 된다. 이때, 의사결정자가 노드를 선택하면 아크는 이 노드와 마지막으로 선택되었던 노드, 즉 후행자(successor)의 후행자에 연결된다. 즉 노드를 하나의 경로(path)상에 있는 가장 가까운 후행노드에 연결하는 것이다. 하나의 경로상에 있는 선행자는 직, 간접적으로 후행노드에 영향을 미친다. 따라서 중간에 노드가 생략되더라도 이들간에 인과관계는 여전히 존재하는 것이다 [Howard,1990].

이러한 일련의 과정을 통해서 영향도를 구성하는 노드와 아크를 결정하게 된다. 이렇게 도출된 초기 영향도는 의사결정문제의 초기 구조화로서, 문제의 명시적 표현을 통하여 의사결정자가 문제의 핵심을 파악할 수 있게 된다는 점에서 중요하다. 또한 초기 영향도가 공통적인 언어가 되어 의사결정에 참가하는 사람들의 의사소통의 시작점을 제공한다는 면에서 또다른 중요한 의미가 있다.

4.3. 모델 축소(Model Reduction)

초기 영향도가 생성된 후, 모델개선단계에서 의사결정자는 해당문제와 관련된 특수한 상황을 영향도에 반영하기 위하여 노드와 아크를 추가할 수 있다. 또한 노드가 확장되거나 결합되어질 수도 있다. 모델개선단계에서의 행위는 영역지식을 이용하는 시스템의 지원에 의하거나, 아니면 의사결정자가 상황지식을 이용하여 영향도를 직접 조작하므로써 가능하다. 이러한 행위로 인하여 영향도는 문제에 관련된 모든 요인을 포함하게 되는 것이다. 그러나 추가로 포함시킨 노드들로 인하여 의사결정자의 문제에 대한 이해 및 해결능력이 급격하게 저하될 수 있다. 왜냐하면 노드와 아크가 많은 큰 영향도는 의사결정에서 무엇이 중요한가에 대하여 충분한 통찰력을 주지 못하기 때문이다. 따라서 영향도를 본질적인 몇개의 요소로 줄이기 위한 노력이 필요하다. 또한 문제의 구조화 다음단계인 계량화를 하는데 있어서 투입되어야 하는 노력을 줄여 준다는 측면에서도 모델 축소는 필요하다. 지금까지 모델 축소는 주로 민감도 분석을 실시하므로써 가능하였다. 이는 중요하고 민감성이 있는 노드를 집중적으로 관리하기 위하여 해당 노드를 찾는 방법이다. Howard[1971]에 의해서 확정적(Deterministic), 추계적(Stochastic) 민감도 분석등이 제안된 이후 많은 학자들에 의해서 민감도 분석이 연구되었다 [Howard,1988][Henrion,1989][Kim et al.,1990]. 그러나 이러한 민감도 분석은 계량화가 이루어진 다음에 실행되는 것으로 구조화 단계에서는 적용할 수 없다.

본 연구에서는 시스템이 의사결정자의 상황지식을 이용하여 모델 축소를 지원할 수 있도록 설계하였다. 본 연구에서 사용된 알고리즘은 다음과 같은 절차를 거친다.

첫째, 시스템이 의사결정자에게 영향도에 포함된 모든 노드에 대하여 각각의 중요도를 부여하게 한다. 이는 매우 주관적으로 여러가지 편견(bias)이 개입될 수 있다. 따라서 이러한 개인적인 편견들을 제거하여 객관적인 중요도가 부여될 수 있도록 하는 조치가 필요하나 본 연구에서는 이를 고려하지 않는다.

둘째, 중요한 노드의 선택 기준인 임계값(threshold)을 입력한다.

셋째, 입력단계가 끝나면 임계값 이하인 노드들을 선택한다.

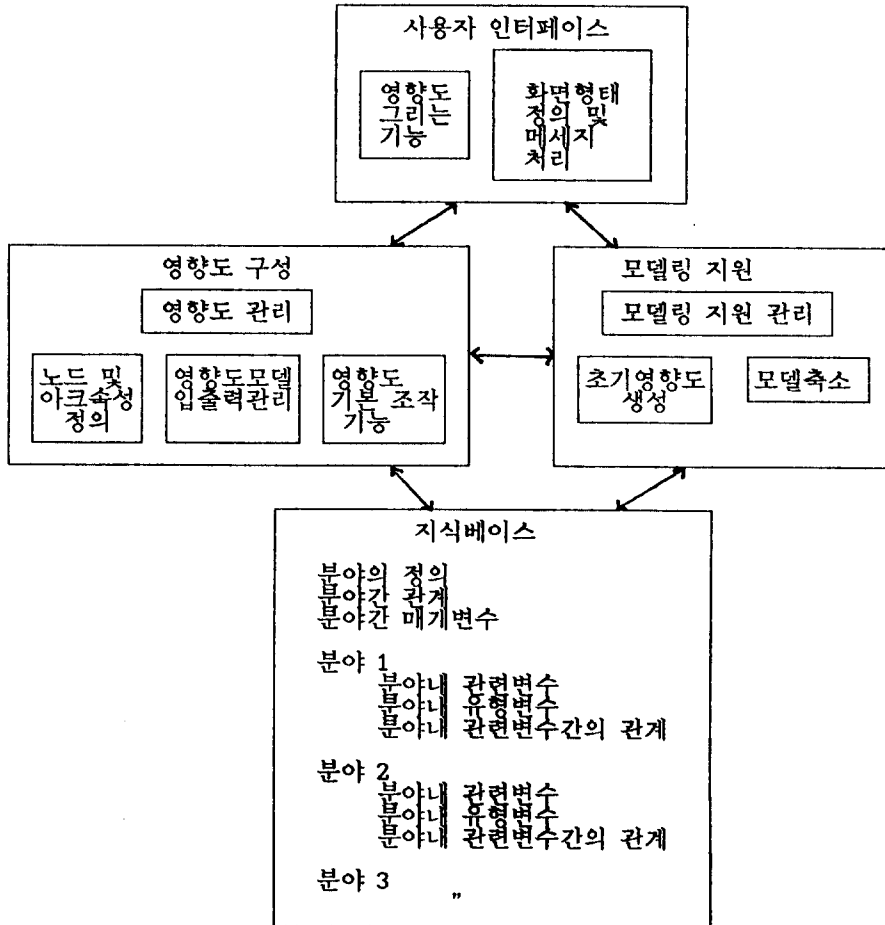
넷째, 선택된 노드를 영향도에서 제거한다. 이때, 노드와 관련된 아크의 변화가 따른다. 이때 아크의 연결은 Olmsted[1983]에 의해서 제안된 알고리즘을 따른다.

다섯째, 모델 축소로 생긴 아크에 대하여 검토가 필요하다. Olmsted의 알고리즘에서는 노드가 제거될 때 영향도 전체적으로 의미를 유지하기 위하여 추가적인 아크를 생성하기도 한다. 생성된 아크가 의사결정자의 인식을 반영하지 않을 수 있기 때문에 추가적으로 이를 제거하는 과정이 필요하다.

5. IDMS(Influence Diagram Management System) 설계 및 프로토타이핑

본 연구에서는 문제의 구조화 과정을 지원하는 DSS인 IDMS를 개발하였다. 초기 단계인 IDMS는 확장성을 고려하여 객체지향 접근방법을 채택하였다. 본 장에서는 설계측면에서 IDMS의 구조를 간단히 살펴보고자 한다.

[그림3]은 전체시스템을 상위레벨에서 추상화한 개념적 모델이다. 이 모델의 구성요소간에는 독립성을 유지하고 있기 때문에 각 구성요소들을 객체지향설계시에 모듈의 분류기준으로 채택 하였다.



[그림3] IDMS의 개념적 모델

즉 영향도의 모델링 환경은 사용자 인터페이스, 영향도 구성, 모델링 지원 그리고 지식베이스부분으로 나누어질 수 있다. 또한 각 모듈내에서 다시 객체의 유형에 따라 세분되어 질수가 있다. 다음은 개념적 모델의 구성요소에 대하여 소개한다. 지식베이스는 3장에서 언급되었기 때문에 생략한다.

5.1. 사용자 인터페이스

영향도 자체가 그래픽 모델링 언어이기 때문에 모델의 표현을 위해서는 그래픽 인터페이스가 필수적이다. 인터페이스를 구성하는 요소중 사용자에게 보이는 화면, 영향도를 그려주는 기능등이 독립적인 객체가 되며, 사용자의 입력에 따른 메시지를 처리해주는 기능은 화면객체의 속성이 된다.

5.2. 영향도 구성

영향도 구성은 객체의 특성에 따라 크게 네부분으로 분리될 수 있다. 첫째, 영향도의 기본요소들을 나타내는 객체들이다. 즉 기회노드, 확률적 기회노드, 확정적 기회노드, 의사결정노드, 가치노드를 포함하는 각종 노드와 아크등이 독립된 객체가 된다. 둘째, 영향도를 그리는 화면에서 각종 노드와 아크를 사용자가 조작을 할수 있게 하는 객체이다. 예를들면 노드를 만들고, 노드와 노드사이에 아크를 그리고 노드와 아크를 지우고, 노드와 그와 직접적으로 연결된 아크를 이동하게 하는 객체이다. 셋째, 그려진 영향도를 파일의 형태로 저장하게 하는 객체이다. 넷째, 하나의 영향도 모델을 구축하기 위해서 이상의 세가지 종류의 객체들을 이용하는 객체이다.

5.3. 모델링 지원

의사결정자 지원 기능은 구문론적 지원과 의미론적 지원으로 구분된다. IDMS프로토타입에서 구현된 지원기능중 구문론적 지원은 사이클체크와 영향도의 조작에 관한 것 등이 있고 의미론적 지원은 초기 영향도 생성, 모델 축소 등이 있다.

6. IDMS의 적용에

IDMS의 현실문제에 대한 적용 가능성을 확인하기 위하여, 전형적인 반구조적 문제인 R&D 평가와 관련된 의사결정분야에 적용하였다. R&D 평가는 연구개발관리의 핵심적 요소로서 그 궁극적인 목적은 연구개발자원의 효과적, 효율적 사용인 R&D생산성제고라는 측면에 초점이 맞추어져 있다[한국전자통신연구소,1990]. 이와 관련된 의사결정문제는 연구개발사업 자체에 내재한 불확실성, 단계성, 유형성, 상호의존성, 그리고 연속성등을 그대로 반영한다. 그 중 대표적인 의사결정이 연구 과제선정과 그와 관련된 자원분배이다. 이를 위한 효과적인 의사결정을 위하여는 문제와 상황을 구성하는 중요한 변수들, 그리고 그들간의 관계를 명시적으로 파악하는 구조화과정이 선행될 필요가 있다. 또한 이러한 의사결정문제는 여러 조직이 관여되고 이들간의 이해관계가 얽혀 있으므로 전체 조직적인 맥락에서 이해되고 조정될 필요가 있다. IDMS는 이러한 문제의 구조화과정을 지원하고, 의사결정자간의 대화를 촉진하는 매개체의 역할을 수행한다. 본 시스템의 적용 대상이 되는 가상의 연구소에서는 신제품 개발 혹은 기존 제품의 개량을 위한 프로젝트를 수행하

고 있으며, 다수의 프로젝트가 진행중이고, 때때로 새로운 프로젝트의 선정을 위한 연구·검토를 하고 있다. 아래의 제시된 지식들은 관련 문헌을 참고하여 저자들이 임의로 조직화한 것이다.

6.1. 지식획득 및 저장

R&D 평가와 관련된 분야, 분야간의 관계 그리고 매개변수는 [표5]와 같다.

분야구분	연관분야	매개변수
마케팅	재무	매출수익, 영업비용
연구기술	제조생산	기술의 응용성, 제품화 가능성 연구의 성공 가능성
	재무	연구투자규모
제조생산	마케팅	제품특성, 제조원가 연생산가능량
	재무	생산설비 투자규모, 제품수명
재무	연구기술	기술 투자예산
	제조생산	생산설비 투자예산
	마케팅	영업활동예산
전략	연구기술	경영목표와의 연계정도 기술전략의 적합성 연구기술 투자전략
	제조생산	생산설비 투자전략
	마케팅	기업이미지

[표5] 분야구분, 분야간 관계, 매개변수

각 분야의 유형변수 및 관련변수는 [표6]~[표10]과 같다.

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

[표6] 기술연구분야의 유형변수 및 관련변수

유형 변수	관련 변수
의사결정	제품화결정, 제조설비투자결정
제조기술	제품설계능력, 제조능력, 생산성, 제품화 가능성, 제조원가, 연구의 성공가능성
제조자원가용성	제조인력, 제조설비, 자재조달 가능성, 생산설비 투자예산,
제품구성	제품수명, 제품특성, 기술의 응용성
설비투자규모	생산설비 투자규모, 생산설비 투자예산
제품화성공가능성	제품화기간, 상품화성공가능성, 연생산가능량

[표7] 제조생산분야의 유형변수 및 관련변수

유형 변수	관련 변수
시장수요	잠재고객규모, 안정성, 제품에 대한 소비자의 욕구
시장규모	시장성장률, 국내시장규모, 국제시장규모
경쟁	경쟁기업수, 경쟁상품, 영업활동예산 기업이미지
제품특성	상품매력, 제품특성
시장수익성	시장점유율, 가격, 매출량, 매출수익, 기존제품에 끼치는 영향, 판매조직의 능력, 영업비용

[표8] 마케팅분야의 유형변수 및 관련변수

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

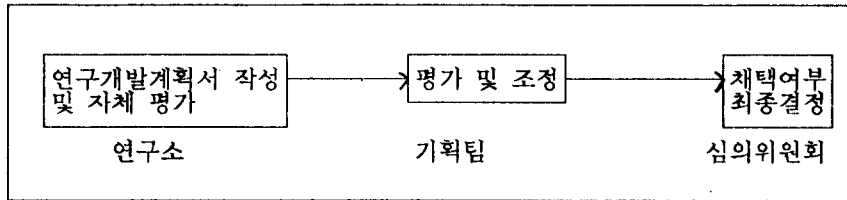
[표9] 재무분야의 유형변수 및 관련변수

유형 변수	관련 변수
기업목표	경영목표와의 연계정도
기업전략	기술전략의 적합성, 생산투자전략, 연구 투자전략
기업이미지	기업이미지
투자전략	생산설비 투자전략, 연구기술 투자전략 기업투자전략

[표10] 전략분야의 유형변수 및 관련변수

6.2. 의사결정문제

연구개발과제의 선정방법은 아래 [그림4]와 같다. 즉 제안된 과제는 먼저 연구소 내부적인 자체평가에 의해서 검토된 후, 기획팀에게 해당과제가 기업경영계획에 포함되기를 제안한다. 기획팀에서는 제안된 과제의 성격에 따라 전문가로 구성된 심의위원회를 구성하여, 과제의 채택여부를 결정한다.



[그림4] 연구개발과제 선정과정

본 예에서는 심의위원회에 상정된 과제를 IDMS를 사용하여 선정하는 과정을 보여주고자 한다. 먼저, 연구과제 제안서를 검토한 후, 해당과제 선정에서 중점적으로 고려되어야 하는 요인을 찾기 위해서 초기 영향도를 구성해본다. [그림5]에서 처럼 의사결정의 세부목표를 기업이미지 제고와 NPV로 결정하였다. 이들은 지식베이스에 포함되어 있다.

그림 5

이 과정이 끝나면 시스템 내부에 [그림6]과 같은 관계가 형성된다.

그림 6

이것을 시작으로 4장의 초기 영향도 생성에서 제시한 알고리즘을 이용하여 나타난 결과가 [그림7]이다.

그림 7

초기에 생성된 영향도를 시작으로 모델개선 단계를 기친다. 추가적인 노드와 아크로 영향도의 규모가 방대해지는 경우에는 [그림8]과 같이 각 노드의 중요도를 부여하고, 임계값을 주어 모델을 축소한다.

그림 8

축소된 모델은 [그림9]이다. 4장의 모델 축소에서 지적되었듯이 축소된 모델에 존재하는 불필요한 아크에 대한 고려가 필요하다. [그림9]는 불필요한 아크가 고려되기 전의 축소된 모델이다.

그림 9

6.3. R&D 의사결정문제의 적용에 따른 기대효과

이러한 영향도에 의한 R&D 평가문제의 구조화과정은 다양한 후속 단계들에서 아래와 같은 효과가 기대된다.

첫째, 기존의 평가방법인 평점법, 검사항목법, 경제적 평가법등을 이용하는 경우에는, 이러한 방법들의 사전 단계로서 영향도를 만들어 보므로써, 반구조적인 문제를 충분히 이해하고 핵심을 파악할 수 있게 하는데 많은 도움을 줄 수 있으리라고 기대된다.

둘째, 의사결정이론에 근거한 의사결정을 하고자 하는 경우에는, 가장 어려운 단계인 영향도 구성이 IDMS에서 완료된 상태이므로, 다음 단계인 영향도의 계량화와 계산과정으로 쉽게 진척될 수 있다.

셋째, 의사결정자의 주관적 판단에 의해서 대안을 선택하는 경우에는, 영향도를 만들어 보므로써 문제를 구성하는 각 변수들을 명시적으로 고려할 수 있다. 이로 인하여 문제에 대한 통찰력이 생길 수 있어 효과적인 의사결정을 기대할 수 있다.

7. 결 론

본 연구에서는 비·반구조적 문제를 구조화하는 과정을 지원하는 영역독립적인 지식기반DSS를 설계하고 그 프로토타입을 개발하였다. 구조화기법으로는 의사결정 분석도구인 영향도를 채택하였다. 본 연구의 의의는 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 의사결정자가 영향도를 이용하여 문제를 해결하고자 할 때, 전문가의 도움없이 스스로 문제를 표현할 수 있게 하였다. 기존의 연구에서는 의사결정자가 전문가에 의해서 이미 정의된 영역안에서만 문제를 재구성할 수 있는데 반하여, 본 연구에서는 구조화 과정에서 의사결정자가 적극적으로 참여하여 문제에 대한 자신의 인식을 모델에 반영할 수 있는 환경을 제공하였다.

둘째, 영역독립적인 시스템에 있어서 가장 큰 문제점은 의미론적 지원의 부족이다. 본 연구에서는 의사결정자가 자신의 영역지식을 지식베이스에 저장할 수 있도록 하고, 영향도구성과과정에서도 상황지식을 반영할 수 있도록 하여 이러한 문제를 극복하고자 노력하였다.

참 고 문 헌

- 김재경, 「의사결정분석을 위한 전문가 시스템에 관한 연구」, 한국과학기술원, 박사학위논문, 1991.
- 한국전자통신연구소, 「연구개발평가모형의 개발 및 적용에 관한 연구」, 1990.10.
- Agogino, A., and K. Ramamurthi, "Real Time Influence Diagrams for Monitoring and Controlling Mechanical Systems," in *Proceedings of the First Influence Diagrams Conference*, Berkely, CA, (1988).
- Diffenbach, J., "Influence Diagrams for Complex Strategic Issues," *Strategic Management Journal*, Vol.3, (1982), pp.133-146.
- Henrion, M., "Some Practical Issues In Constructing Belief Networks," in *Uncertainty in Artificial Intelligence 3*, L. N. Kanal., T. S. Livitt and J. F. Lemmer(eds.), North-Holland, (1989), pp.161-173.
- Holtzman, S., *Intelligent Decision Systems*, Reading, MA: Addison-Wesley, 1989.
- Howard, R. A., "Proximal Decision Analysis," *Management Science*, Vol.17, No.9, (1971), pp.507-541.
- , "Decision Analysis: Practice and Promise," *Management Science*, Vol. 34, No.6, (1988), pp.679-695.
- , "From Influence to Relevance to Knowledge," in *Influence Diagrams, Beliet Nets and Decision Analysis*, R. M. Oliver and J. Q. Smith(eds.), John & Sons Ltd., (1990). pp.3-23.
- 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.
- Kim, J. K., B. S. Kang and S. H. Kim, "Decision-Theoretic Approach to a Knowledge-Based Clinical System," *Expert Systems With Application*, Vol.1, (1990), pp.3-15.
- McGovern, J., D. Samson and A. Wirth, "Knowledge Acquisition for Intelligent Decision Systems," *Decision Support Systems 7*, (1991), pp.263-272.
- Moore, E. A. and A. M. Agogino, "INFORM: An Architecture for Expert-Directed Knowledge Acquisition," *Int. J. Man-Machine, Studies 26*, (1987), pp.213-230.

- Olmsted, S. M., "On Representing and Solving Decision Problems," Unpublished doctoral dissertation, Department of Engineering Economy Systems, Stanford University, Stanford, CA, 1983.
- Pearl, J., A. Leal and J. Saleh, "Goddess: A Goal-Directed Decision Structuring System," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.PAMI-4, No.3 (1982), pp.250-261.
- Pracht, W.E., "Model Visualization: Graphical Support for DSS Problem Structuring and Knowledge Organization," *Decision Support Systems 6*, (1990), pp.13-27.
- Raiffa, H., *Decision Analysis: Introductory Lectures on Choice under Uncertainty*, Reading, MA:Addison-Wesley, 1970.
- Reed, J., "Building Decision Models that Modify Decision Systems," *Knowledge Systems Laboratory*, Report No. KSL-89-21, Stanford University, Stanford (1989). pp.1-17.
- Shachter, R. D., "Evaluation Influence Diagrams," *Operations Research*, Vol.34, No.6, (1986), pp.871-882.
- _____ and D. E. Heckerman, "Thinking Backward for Knowledge Acquisition," *AI Magazine*, Fall(1987), pp.55-61.
- _____, "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.
- Smith, G. F., "Towards a Theory of Managerial Problem Solving," *Decision Support Systems 8*, (1992), pp.29-40.

Initial Diagram Generation Dialog

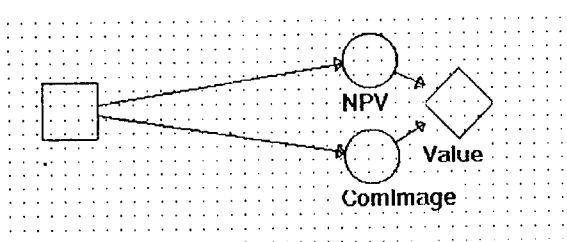
Decision Area <input checked="" type="checkbox"/> Project Selection <input type="checkbox"/> Budgeting <input type="checkbox"/> Commercialization <input type="checkbox"/> Resource Allocation	Decision Maker <input type="radio"/> Executives <input checked="" type="radio"/> Committee <input type="radio"/> Research Manager
---	---

Decision Objective:

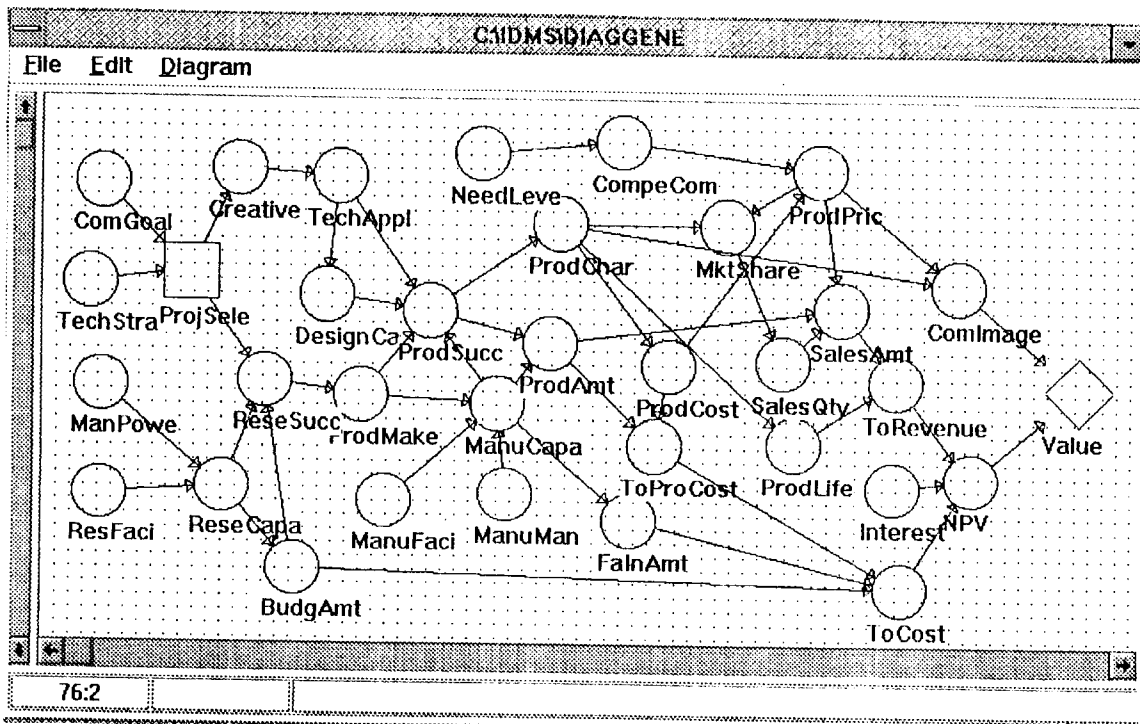
Decision Objectives List

NPV ComImage	<input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Delete"/>
-----------------	---

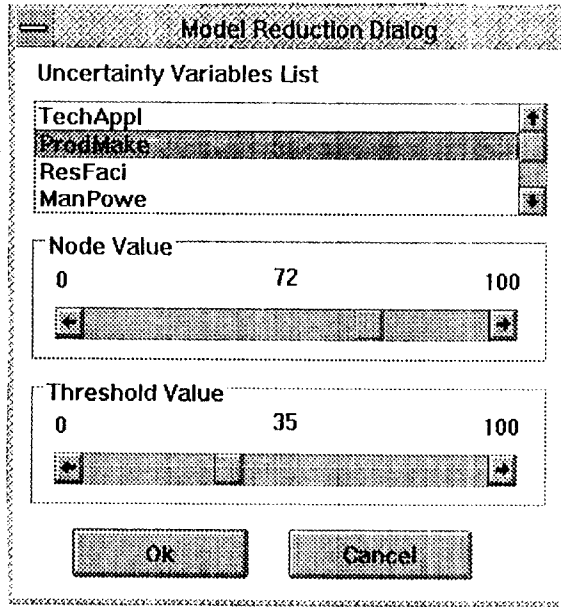
[그림5] 초기 영향도 생성 입력 화면



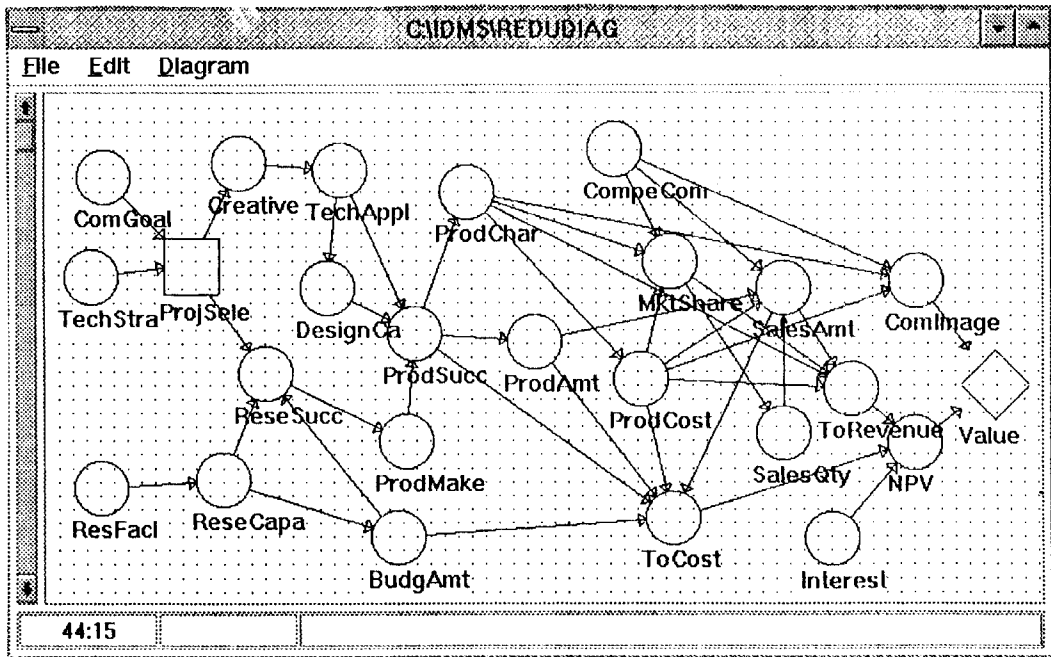
[그림6] 초기 영향도 생성의 시작을 위한 내부 구조



[그림7] 초기 영향도 생성 결과



[그림8] 모델 축소 입력 화면



[그림9] 모델 축소 결과 화면