

목적계획법을 이용한 프로젝트의 선택을 위한 전문가
시스템 개발⁺
- Expert System for Project Selection
using Goal Programming -

강 경규*
Kim, Chang Eun
김 창은**
Kang, Kyung Kyu
이 상호***
Lee, Sang Ho

Abstract

In real world, the organization has multiple objects. In order to solve the multiple objects, we present the goal programming for solving project selection problem, we also developed expert system which is focused on function of analysis. User which doesn't have knowledge of goal programming can solve the project selection problem and get a result of analysis.

1. 서론

고전 경제 이론에서는 기업의 유일한 전략적 목적은 이익의 최대화 또는 비용의 최소화 등 단일 목적이라고 가정한다. 이 이론에 의하면 의사 결정자는 경제인으로 완전한 합리성을 가지고 있어 제한된 자원이나 환경적 규제같은 일련의 제약 조건하에서 이익의 최대화나 비용의 최소화라는 유일한 목적의 기준(Single Objective Criteria)을 만족 시키는 전체적인 최적해를 도출할수 있다고 가정하는 것이다. 그러나 이러한 단일 기준의 목적이라는 가정은 오늘날 모든 조직체가 갖고 있는 다수 목표 또는 다수 목적(Multiple Objectives)에 의하여 비평을 받고 있다.

실제로 모든 조직체는 복잡하고 유동적이며 불확실한 결정 환경에서 양립할 수 없거나(Incompatible) 서로 상충하는(Completing) 다수 목적을 가지고 있다. 물론 조직체의 성격, 취급하는 업무 내용, 처한 환경에 따라 목적의 수와 이들의 중요성은 다를수 있으나, 이익의 최대화는 물론 안정된 고용 수준의 유지, 시장 점유율 증가, 생산성 향상 조직의 성장, 노동자 복지, 사회 복지, 소비자의 욕구 만족등 이익 이외의 다른 경제적 목적을 동시에 추구하는 것이다. 이러한 목적중에는 다른 목적의 희생 위에서만 달성할수 있기 때문에 양립할수 없는 경우가 많다. 이와같이 기업이 다수에 상충하는 목적을 가지고 있다면 이익의 최대화라는 단일 기준의 목적을 전제로 하는 경제 이론에 입각한 선형 계획법은 현실 문제의 응용에 제약을 받게 된다. 다수 목적을 갖는 결정 문제는 목적 함수가 단일 기준으로 표시 되기 때문에 선형 계획법에 의해서는 풀수 없는 것이다. 만일 다수 목적 중에서 하나를 목적 함수에 포함하고 나머지는 제약 조건에 포함하는 경우에는 기껏해야 부분 적정화(Suboptimal Solution)가 가능하다. 따라서 현대의 의사 결정 문제에 대한 실용적인 접근 방법은 다수의 상충하는 목적의 전제에 입각해야 한다.

목적 계획법은 가장 강력하고 설득력 있는 실용적인 기법으로서 각종 현실 문제에 응용되어 그의 유효성이 널리 인정되고 있는 것이다. 목적 계획법은 선형 계획법처럼 다방면에 걸쳐 자원의 최적 배분 문제에 이용되고 있다. 목적 계획법은 원래 선형 계획 문제를 푸는 과정에서 상충하는 목적으로 가해 영역이 형성 되지 않는 불가능해의 문제를 해결하기 위하여 A.CHARNES와 W.W.COOPER에 의하여

+ 본 연구는 1995년도 산학협동재단 연구비 지원으로 수행되었음.

* 명지대학교 경영학과 교수

** 명지대학교 산업공학과 교수

*** 명지대학교 산업공학과 대학원

개발된 것이다. 그 이후 목적 계획법은 Y. IJIRI와 S. M. LEE 등에 의하여 더욱 향상 되었다.[5][6]

본 연구의 목적은 목적 계획법의 일반적인 특성과 해법에 대하여 연구, 검토하고 그것을 이용한 프로젝트 선정에 있어서 비 전문가들도 어렵지 않게 다목적 의사결정문제에 있어서 목적계획법을 이용할 수 있는 전문가 시스템을 구현하는 것이다.

2. 이론적 고찰 : 목적계획법의 특성과 적용분야

일반적인 의사 결정 상황하에서는 기업이 설정한 특정 목적의 달성은 오직 다른 목적들의 희생하에서만 가능하다. 따라서 목적간의 중요도에 따른 우선 순위(Original Weight or Preemptive Priority)를 설정하여 상위 목적이 충족된 후에 하위 목적이 달성 되도록 한다. 그러나 모든 목적을 기대 수준 만큼 달성할 수 없기 때문에 목적 계획법에서는 다수 목적에 대하여 만족스러운 수준(Satisfactory Level)에 도달하는 것을 목표로 한다. 선형 계획법의 목적 함수는 단일 목적을 최소화 하거나 최대화 하는 방향으로 설정되는데 반하여, 목적 계획법에서는 목적에 대한 제약 조건 및 시스템 제약 조건과 실제로 달성 가능한 기대 수준과의 편차를 최소화 하는 방향으로 목적 함수가 설정된다. 선형 계획법의 심플렉스법에서는 이와 같은 편차를 여유 변수와 잉여 변수와 같은 가상 변수 (Dummy Variable)로 표시 하였다. 그러나 목적 계획법에서의 편차 변수(Deviation Variable)는 양이나 음의 값을 취할수 있으며 목적 함수를 구성하는 유일한 실제 변수라는 중요한 의미를 갖는다.

목적 계획법의 목적은 바로 이러한 편차 변수의 값을 최소화 하는데 있다. 최근의 이러한 상충된 목적을 가진 경영 문제의 의사 결정 수단으로서 목적 계획법에 대한 관심이 증대되고 있다. 목적계획법은 의사 결정자로 하여금 독특한 의사 결정 환경과 일상적인 의사 결정 과정, 조직의 목적과 우선 순위 등을 반영할 수 있게 해주는 우수한 기법이다. 다수의 제약 조건과 다수의 목적을 우선 순위에 따라 모형화 할 수 있는 신축성이 있다. 일반적인 목적 계획 모형은 다음 세가지 유형의 분석에 이용된다.

- ① 다수의 목적 달성에 필요한 자원의 소요량을 결정한다.
- ② 주어진 제약 조건하에서 달성하고자 하는 목적의 수준을 결정한다.
- ③ 다수의 제약 조건과 목적에 대한 우선 순위 체계 하에 최선의 만족을 주는 해를 산출한다.

그러나 목적 계획법을 의사 결정 문제에 이용할 경우 목적 계획법의 장점이 충분히 활용될 수 있도록 신중히 검토해야 한다. 목적 계획법이 적용되는 가장 기본적인 의사 결정 문제는 최소 자원의 최적 할당에 관한 것이다. 예를 들어, 다수의 최소 자원을 결합하여 다수의 제품을 생산할 경우에 의사 결정 문제는 모든 목적의 달성이 조직 전체의 관점에서 최대화가 되도록 한정된 자원을 가장 적절하게 할당하는 것이다.[1]

목적 계획법은 기업뿐만 아니라 정부 기관, 비영리 조직 등에서도 여러가지 의사 결정 문제에 적용되고 있다. 정부 기관이나 비영리 조직에서는 의사 결정에 있어 가장 기본적인 목적들에 1차적인 우선 순위를 부여하고 이 목적을 달성하기 위하여 제반 계획을 수립하게 되는데, 이와 같은 과정이 정책분석이며, 여기에 목적 계획법이 이용 되는 것이다.[4]

3. Case Study

앞서 서술한 내용을 실례를 통하여 살펴보자. EMPCO Carburetion., Inc. 는 미국의 가스 기화 장비 제조업체이다. The State Air Pollution Control Board(미 환경청)에서는 최근 아주 엄격하게 자동차의 공해 가스 배기량을 규제 하기로 하였다. 이에 EMPCO Carburetion사는 환경청의 요구에 맞추어 공해 방출 통제 장비를 설계 하였다. 또한 정부의 에너지 정책에 맞추어 소형 자동차의 이중 연료 기화기 제조를 고려 중에 있다. 그리고 이 계획은 공해 방출 통제 장비와는 관련이 없다.

아직 가스 기화 장비에 대한 우리나라 시장은 수요가 빈약하여 다소 제한 되어 있다. 그래서 EMPCO Carburetion사는 외국에 생산품을 판매할 마케팅 전략을 세웠다.

위 각 계획들을 추진하기 위한 소요 예산은 아래와 같다.[5]

(단위 억원)

Time	t=1	t=2	t=3
이중 연료 기화기 제조계획	50	10	0
해외 마케팅 전략	10	15	20
공해방출 통제장비 제조계획	50	0	0

위의 세가지 계획으로부터의 예상되는 수입은 다음과 같다.

(단위 억원)

	t=1	t=2	t=3
이중 연료 기화기 제조계획	10	50	60
해외 마케팅 전략	5	20	40
공해방출 통제장비 제조계획	5	30	45

이 회사는 첫째에는 110억원 두번째 해에는 30억원 세번째 해에는 15 억원의 예산이 책정 되어 있다. 회사 경영진은 앞으로 성취할 계획에 따라 다음과 같은 우선순위를 부여 하였다.

- 우선순위 1 - 연간 초과 예산을 최소화시킨다. (Goal 1 : 이하 G1)
(빠른 현금 흐름의 선호도를 나타내기 위한 가중치의 순서)
- 우선순위 2 - 우선순위 2안에 하위 우선순위를 가짐 (Goal 2 : 이하 G2)
 - (1) 공해 방지 통제 장비 제조 (가중치=3)
 - (2) 해외 마케팅 전략 (가중치=2)
 - (3) 이중 연료 기화기 제조 계획 (가중치=1)
- 우선순위 3 - 빠른 현금 수입을 보장하는 것 (Goal 3 : 이하 G3)
(빠른 현금 흐름의 선호도를 나타내기 위한 가중치의 순서)

위의 데이터를 가지고 목적계획법으로 풀이한 결과는 다음과 같다. (자세한 풀이과정은 생략하고 최종 테이블과 결과분석만을 나타내었다.)

< 표 1 > 변형 심플렉스법에 의한 10단계 TABLE

C_j	가계	해	0	0	0	3P ₁	2P ₁	1P ₁	3P ₂	2P ₂	1P ₂	3P ₃	1P ₃	3P ₁	2P ₁	1P ₁	3P ₂	2P ₂	1P ₂	3P ₃	2P ₃	1P ₃		
C_b	가계	해	x ₁	x ₂	x ₃	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	
2P ₃	d ₈	14	0	0	0	.6	2	-.8	0	0	0	0	-1	0	-.6	-2	.8	0	0	0	0	0	1	0
1P ₃	d ₉	5.37	0	0	0	.9	1.5	.425	0	0	0	0	0	-1	-.9	-1.5	-.42	0	0	0	0	0	0	1
0	x ₂	0.75	0	1	0	0	0	.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3P ₂	d ₄	0.83	0	0	0	-.02	.1	-.06	1	0	0	0	0	0	.02	-1	.06	-1	0	0	0	0	0	0
2P ₂	d ₅	0.25	0	0	0	0	0	-.05	0	1	0	0	0	0	0	0	.05	0	-1	0	0	0	0	0
0	x ₁	1.88	1	0	0	0	.1	-.07	0	0	0	0	0	0	0	0	-.1	.07	0	0	0	0	0	0
1P ₂	d ₆	0.88	0	0	0	0	.1	-.07	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	x ₃	0.18	0	0	1	.02	-1	.06	0	0	0	0	0	0	-.02	.1	-.06	0	0	0	0	0	0	0
3P ₃	d ₇	3.38	0	0	0	.1	.5	-.17	0	0	0	-1	0	0	-.1	-.5	.17	0	0	0	0	1	0	0
Z ₁	1P ₃	43.5	0	0	0	2.4	7	-1.7	0	0	0	-6	-4	-2	-2.4	-7	1.7	0	0	0	0	0	0	0
-C ₁	1P ₂	3.85	0	0	0	-.06	.4	-.37	0	0	-2	0	0	0	.06	-.4	.37	-6	-4	0	0	0	0	0
	1P ₁	0.00	0	0	0	-3	-2	-1	0	0	0	0	0	0	-3	-2	-1	0	0	0	0	0	0	0

< 마지막 단계 테이블로부터 얻은 편차변수의 값 >

i	d'_i	d^-_i
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0.825
5	0	0.250
6	0.875	0
7	3.375	0
8	14	0
9	5.375	0

< 의사 결정 변수의 값 >

- $x_1 = 1.875$
- $x_2 = 0.750$
- $x_3 = 0.175$

< 성취하지 못한 목적의 값 >

- $P_1 = 0$
- $P_2 = 3.850$
- $P_3 = 43.5$

< 프로젝트 결정과 최적해를 이용한 의사 결정 모형 해설 >

- ① G1 : 목적1은 모두 달성되어 연간 운영 예산에 대한 초과분이 하나도 발생 하지 않는다
- ② G2: 가중치를 부여한 각 프로젝트 선택은 3.85 만큼 목적이 달성되지 않았다. 이중 연료 장치 개발 계획의 가중치 1을 부여한 선택은 0.875만큼 초과되어 선택되고 (선호됨을 표시), 해외 마케팅 전략의 가중치 2를 부여한 선택은 0.25만큼 미달되어 선택된다. 또한 공해 방출 통제 장비 개발 계획의 가중치 3를 부여한 선택은 0.25만큼 미달되어 선택된다. (배타됨을 표시)
- ③ G3 : 빠른 현금 수입의 보장은 43.5만큼 목적이 달성되지 않았다. 1년째에는 3.375십만원의 초과 수입이 발생하고 2년째에는 14억원의 초과 수입이 발생한다. 3년째에는 5,375십만원의 초과 수입이 발생한다. 모두 22.76백만원의 초과 수입이 발생 하였다.
- ④ G1,G2,G3 등 각각의 목적을 달성 시키기 위해서 이중 연료 기화기 개발 계획은 1.875의 비율로 선호되고 해외 마케팅 전략은 0.75의 비율로 보장된다. 또한 공해 방출 통제 장비 개발 계획은 0.25의 비율로 배타되고 있다.
- ⑤ 0.2 비율이 세가지 프로젝트 선택에서 제외된 것은 각 프로젝트에 대한 가중치 부여나 목적 순위의 선택이 의사 결정자의 주관적 선호도에서 오는 누락이다

4. EXPERT SYSTEM의 기능 및 구조

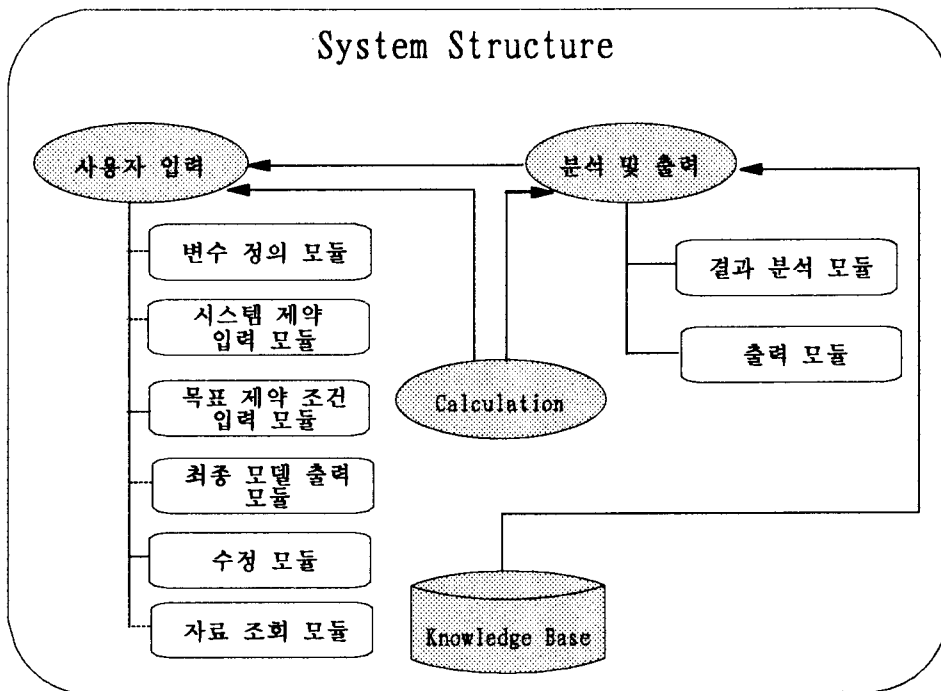
앞서 서술한 Case Study의 결과값을 놓고서 목적계획에 관한 전문 지식이 없는 일반 의사결정자들이 어떠한 프로젝트를 선정할 것인가 혹은 그 결과값들의 의미를 파악하기란 쉬운일이 아니다. 이미 목적 계획법을 계산하는데 있어서 Computer를 이용한 소프트웨어는 개발되어있지만, 일반 의사결정자가 사용하기는 쉽지 않으며, 그렇게 계산되어나온 결과를 분석하여 주거나 우선 순위나 가중치의 변동시 그것을 비교하여 주는 기능은 더욱더 없다.

본연구에서 개발된 시스템은 사용자들 편의를 위하여 대화형으로 변수나 기타 제약조건을 입력받으며, 계산되어 나온 결과를 분석·비교하여 주는데 초점을 두었다. 이 시스템의 흐름은 다음 < 그림 1 > 과 같이 크게 3단계로 구분할 수 있다.

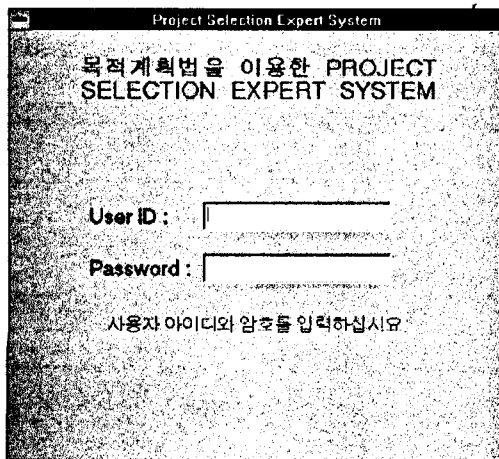
사용자 입력 부분은 사용자에게 분석 대상이 되는 프로젝트의 데이터와 변수들의 정의와 각종 제약 등을 입력 받는 단계 이며, 실제 계산과정인 Calculation 부분은 사용자의 눈에는 보이지 않으나 마지막

분석 및 출력에서 계산 과정을 출력할 수 있게 설계하였다. 분석 및 출력 부분은 계산결과와 나온 결과 값들을 분석하여 사용자에게 제시하여 주며, 이때 knowledge base에 담겨진 정보를 참조하게 된다. 또한 사용자가 제약조건을 변경하거나 우선순위를 변경할 경우 그것을 다시 계산하여 이전의 결과와 비교할 수 있도록 설계하였다. < 그림 1 > 은 이 시스템의 중요 부분의 구조도이며, < 그림 2 > 와 < 그림 3 > 은 이 시스템의 구동시의 초기 화면과 사용자 번호와 암호의 입력후의 초기 화면이다.

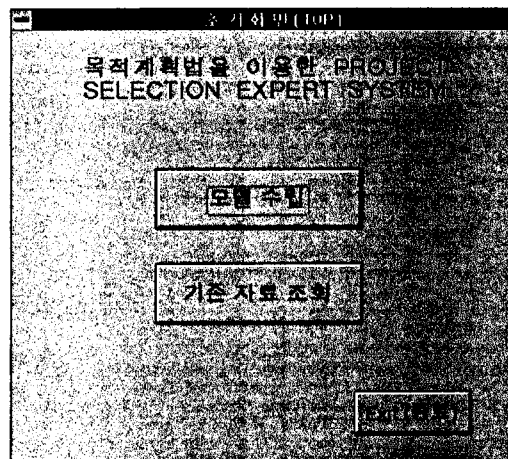
< 그림 1 > 시스템의 구조



< 그림 2 > 시스템의 구동시 첫화면



< 그림 3 > 사용자 아이디의 입력후의 초기화면

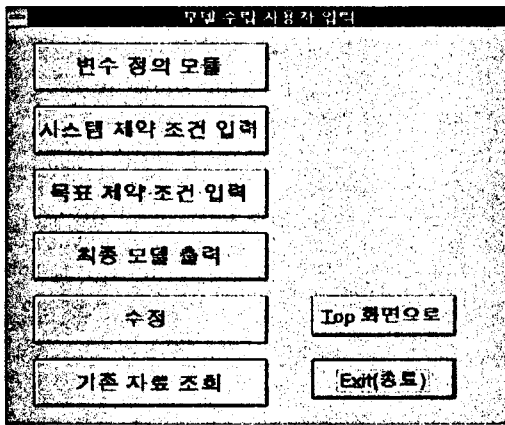


4.1 모델 수립 사용자 입력

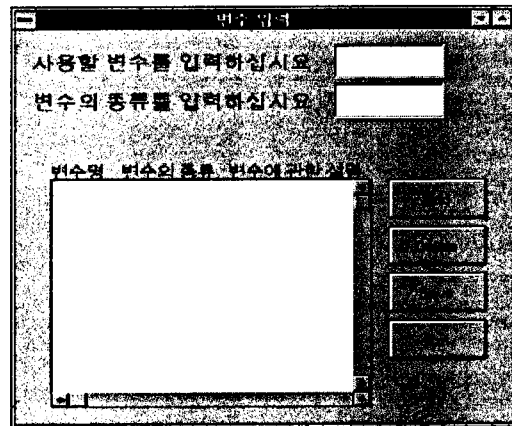
이 부분은 사용자에게 데이터를 입력받는 부분이다. 그림 4는 각 모듈의 메뉴화면이고 그림 5는 변수입력 모듈의 화면이다. 가 모듈에서 입력받는 절차는 사용자에게 친근감을 줄 수 있도록 대화형으로 설계되었다. 가 모듈을 살펴보면,

- ① 변수 정의 모듈 : 모형화하는데 사용될 변수들을 정의한다.
- ② 시스템 제약 모듈 : 모형화하려고 하는 시스템 제약조건을 입력한다. 이 편차변수를 생성하거나 우선순위 등을 묻지 않게 되며, 절대적인 우선 순위를 가지게 된다.
- ③ 목표제약 조건 입력 모듈 : 이루고자 하는 목표의 수준을 입력하는 모듈로 편차 변수를 생성하고 우선순위 등을 부여한다.
- ④ 최종 모델 출력 모듈 : 앞의 단계를 거쳐서 완성된 모형을 보여 주는 기능인데, 입력받는 데이터의 정확성에 따라 결과치에 막대한 영향을 미치게 되므로, 사용자의 입력이 모두 끝났을 때 그 유효성을 검증하여 주게 된다. 이상이 있을 경우 수정 모듈로 넘어가고, 이상이 없을 경우 계산을 시작하게 된다.
- ⑤ 수정 모듈 : 최종적으로 완성된 모형을 수정할 수 있도록 하는 기능이다. 즉 수치를 잘 못 입력하였거나, 기타 모형을 수정할 필요가 있을 경우 모형을 수정할 수 있도록 하여 준다.
- ⑥ 기존자료조회모듈 : 기존에 입력된 과거의 모델이나 분석 데이터를 조회하여 열람하거나 과거의 모델을 약간 수정하여 다시 사용할 수 있도록 하여 준다. 그림 6은 이 모듈에서의 부분모듈인 자료조회 화면이다.

< 그림 4 > 모델수립 사용자 입력 메뉴 화면



< 그림 5 > 변수 입력 모듈 화면



4.2 입력 데이터의 처리

이 부분은 사용자에게 보이지 않고 시스템 내부의 변형심플렉스법의 연산 절차를 따라서 행해지며 사용자에게 그림 7의 화면이 보여진다.

4.3 분석 및 출력

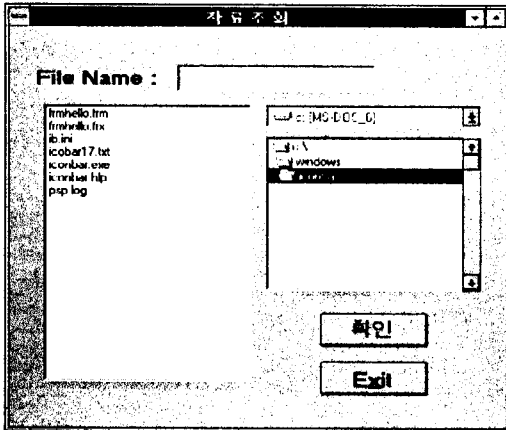
이 부분은 계산되어져 나온 결과값들을 knowledge-base에 포함되어 있는 지식을 바탕으로 사용자가 이해할 수 있도록 설명하여 주며, 사용자가 결과값의 변화를 원할 경우 모델을 어떻게 변화시켜야 하는가에 관한 정보를 제공해 준다.

- ① 결과 분석 모듈 : 계산되어 나온 결과값과 그 값들의 분석을 행하여 나타내어 주며, 만약 계산상의 오류가 발생하였을 경우 그 원인이 될 수 있는 것들을 나타내어 준다. 또한 사용자

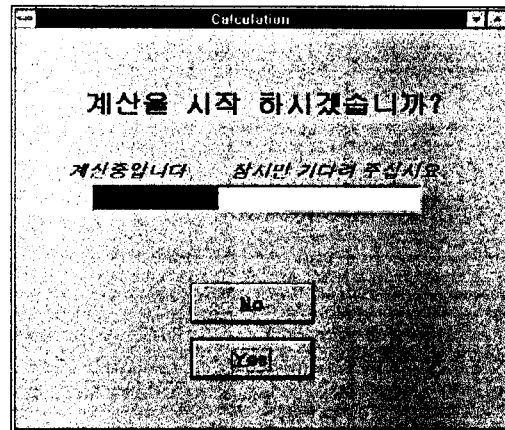
가 그 우선순위나 제약조건을 변경하여 다시 계산할 수 있도록 하며, 그 결과 값들을 비교 분석하여 어느 프로젝트를 선택할 것 인지를 나타내어 주는 모듈이다.

② 출력 모듈 : 이 모듈은 나온 결과값과 분석을 Reporting해주는 모듈이다.

< 그림 6 > 기존 데이터 조회 화면



< 그림 7 > 자료 처리 화면



4.4 Knowledge-Base

나온 결과의 분석시에 전문가의 지식이 저장되어 있는 knowledge base에서 데이터를 참조하여 나타내어 준다. 이 시스템의 핵심이라고 할 수 있는 knowledge base는 계산되어 나온 결과의 의미를 나타내어 주며, 그 결과값이 원하는 결과가 아니었을 경우 모델을 어떻게 변화시킬 것인가에 대한 지식을 제공하여 주며, 가중치와 우선순위의 변경으로 인한 결과값들의 차이가 의미하는 바를 분석하여 준다.

구축되어진 knowledge-base는 결과값의 변화에 따른 모델의 수정에 관한 지식은 Rule을 이용하여였고 서로 다른 해들간의 비교는 Constraints를 사용하여 표현되어졌다.

5. 결론

오늘날 기업의 외부 경영 환경은 불확실하고 유동적이다. 예전과 같이 비용의 최소화나 이윤의 극대화라는 기업 목적의 단순 논리로는 변화하는 기업 환경에 부응 할 수 없고 다양하게 요구되어 지는 기업 목적의 실현에 많은 문제점을 가져온다.

이러한 입장에서 목적 계획법은 기업의 다수 목적들을 조절하고 상충하는 목적들간의 절충 과정을 통해 경영 목적들을 달성해 가는 강력한 공학적 기법이라 하겠다.

모든 목적을 계량화하고 목적 수준을 결정해야 하는 문제나 먼저 높은 수준의 목적을 달성하고 낮은 수준의 목적을 만족시켜야 함으로 목적의 우선 순위에 대한 조직체내의 의견 일치가 있어야 한다는 등의 문제점이 있지만 이러한 결점들에도 다수의 목적들을 다룰 수 있다는 장점으로 인하여 앞으로의 경영 문제 해결에 널리 응용될 것이다.

본연구에서 개발된 전문가 시스템은 오늘날 처럼 PC가 보급된 상황에서 목적 계획법에 전문지식이 없는 의사결정자가 전문적인 지식을 습득하고 복잡한 계산을 행할 필요없이 단순히 기본입력만을 통해 해와 함께 그 해의 분석결과까지 손쉽게 이해하도록 설계하여, 기업체에서의 경영 활동뿐만 아니라 다방면에서 누구나 손쉽게 목적계획법을 이용하여 의사 결정을 할 수 있도록 할 수 있으리라 생각된다.

앞으로의 연구과제로는 앞서 이야기한 목적 수준을 결정하고 목적의 우선 순위 결정 등에 있어서 보

다 더 실재를 반영할 수 있도록 하는 표준화된 지표를 찾는 것과 knowledge-base를 사용자에게 보다 많은 지식을 제공할 수 있도록 하는 것이라 할 수 있겠다.

參 考 文 獻

1. A. Charnes, and W. W. Cooper, *Management Models and Industrial Applications and Linear Programming*, John Wiley & Sons, Inc., NewYork, 1961.
2. James P. Ignizio, *Introduction To Expert Systems: The Development and Implementation of Rule-Based Expert Systems*, MacGraw-Hill International Editions, 1991.
3. Joseph Giarrantano, Gary Riley, *Expert Systems: Principles and Programming*, PWS Publishing company, Park Plaza, Boston, MA, 1994.
4. Kamlesh Mathur, Daniel Solow, *Management Science*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1994.
5. Lynn E. Bussey, *The Economic Analysis of Industrial Projects*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1978.
6. 이 상문, 현대 경영 과학, 무역 경영사, 1990.