

계층적 분석과정 의사결정 지원시스템 개발에 대한 연구

이 재관, 서 의호
경영정보시스템 연구실
포항공과대학교 산업공학과

Abstract

The analytic hierarchy process is the decision making methodology used for selecting the best alternative among given alternatives. This methodology was applied to solving a variety of decision making problems. In spite of such a broad usage of AHP, there are few AHP supporting tools developed until now. In addition to the lack of tools, another problem of AHP is its too many pairwise comparisons. Generally, the number of pairwise comparisons increases rapidly as the number of criteria and alternatives increases. In this reason, the objective of this study is a development of AHP-based decision support system which can overcome this weak point of AHP.

1. 서론

계층적 분석과정(Analytic Hierarchy Process:AHP)은 Thomas.L.Saaty[15]가 창안한 이래로, 많은 종류의 문제해결에 적용되어 왔다. 주어진 대안들중에서 최적의 선택을 내려야할 의사결정의 상황이 있는 경우라면 광범위하게 적용될 수 있는 계층적 분석과정은 장기적인 기업의 경영 전략[5][6], 과학, 정치, 군사등의 다양한 분야에 적용되어 온 것이다.

이러한 계층적 분석과정의 폭넓은 적용을 뒷받침해줄 수 있었던 것은 복잡한 문제를 해결해야 하는 상황에서 필요한 평가기준들을 계층적 구조로 세분화하고, 그 세분화된 기준들로 평가를 하므로써, 인간의 의사결정을 구조적으로 표현해낼 수 있다는 점과, 세분화된 계층 구조내의 평가 기준들에 의해서 이루어지는 쌍비교과정의 합리성때문이다. 즉, 복잡한 문제의 해결을 세분화된 계층구조에 따른 일대일의 쌍비교로 분리해내므로써, 인간의 의사결정과정에 부담을 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있는 것이다[16]. 이러한 장점들은 의사결정 방법론으로서의 계층적 분석과정의 가능성을 크게 높여 주었다.

그러나, 이러한 계층적 분석과정의 폭넓은 적용에도 불구하고, 아직까지도 그 적용에는 개선되어야 할 사항들이 남아 있다. 첫째, 본격적인 계층적 분석과정 지원툴의 개발이 미흡하다는 사실이다. 특히 의사결정 지원시스템(Decision Support System:DSS)의 틀을 갖춘 계층적 분석과정 지원툴의 개발[6]은 아직 극소수에 불과하다. 둘째, 앞서 언급된 쌍비교 과정이 가지는 문제점이다. 실규모의 문제해결에서는 계층적 분석과정의 의사결정 대상이 될 대안의 수와 계층구조내의

평가기준의 수가 불가피하게 증가하게 되며, 이러한 대안과 기준의 증가는 쌍비교 횟수의 기하급수적인 증가를 가져오게 되어, 현실적으로 계층적 분석과정의 적용을 어렵게 만드는 중대한 원인이 된다.

본 논문은 이러한 두가지 문제점에 대한 대안으로서, 의사결정 지원시스템 개발 프레임워크에 따른 본격적인 계층적 분석과정 지원 의사결정 지원시스템의 개발과, 계층적 분석과정의 쌍비교 과정에서 비롯되는 문제점을 완화시켜 줄 수 있는 방법론의 도입을 그 목표로 한다.

2. 계층적 분석과정의 현존 지원툴

현존하는 계층적 분석과정 지원툴의 종류와 수는 극히 제한적이다. 대표적인 지원툴로는 Decision Support Software사에서 개발된 Expert Choice를 들 수 있으며, 이를 제외한 대부분의 시스템들은 특정 연구 결과를 얻기 위해서 사용되는 소규모의 시스템들에 불과하므로, 본격적인 계층적 분석과정 지원툴로서 분류하기에는 미흡한 점이 있다.

Expert Choice는 충실한 사용자 인터페이스와 민감도 분석(Sensitivity Analysis)기능등의 뛰어난 기능들을 가지고 있음에도 불구하고, 중대한 결점을 가지고 있는데, 생성하고자 하는 계층구조내의 각 수준에서의 노드의 숫자가 상위노드에 대해서 최대 7개를 넘을 수 없다는 제약이다[7]. 이러한 제약점은 하나의 기준이 최대 7개의 하부기준만을 가져야 한다는 것을 의미하는 것으로, Expert Choice의 효용을 반감시키는 결점이다. 또한 그 자체로서 확고한 의사결정 지원시스템의 틀을 갖추고 있지 못하므로, 계층구조내의 기준들과 대안들에 대한 정보를 종합적으로 저장하고 관리할 수 있는 데이터베이스의 요소가 불충분하다.

따라서, Expert Choice와 기타 소규모 계층적 분석과정 지원툴들의 문제점들을 검토해볼때, 새롭게 개발될 계층적 분석과정 지원툴은 충실한 사용자 인터페이스와 함께, 계층구조 생성시의 불합리한 제약을 극복할 수 있고, 지원툴 그 자체로서 하나의 의사결정지원 시스템의 역할을 충실히 수행할 수 있는 데이터베이스와 모델베이스를 갖추어야 한다.

3. 계층적 분석과정의 쌍비교 과정의 개선

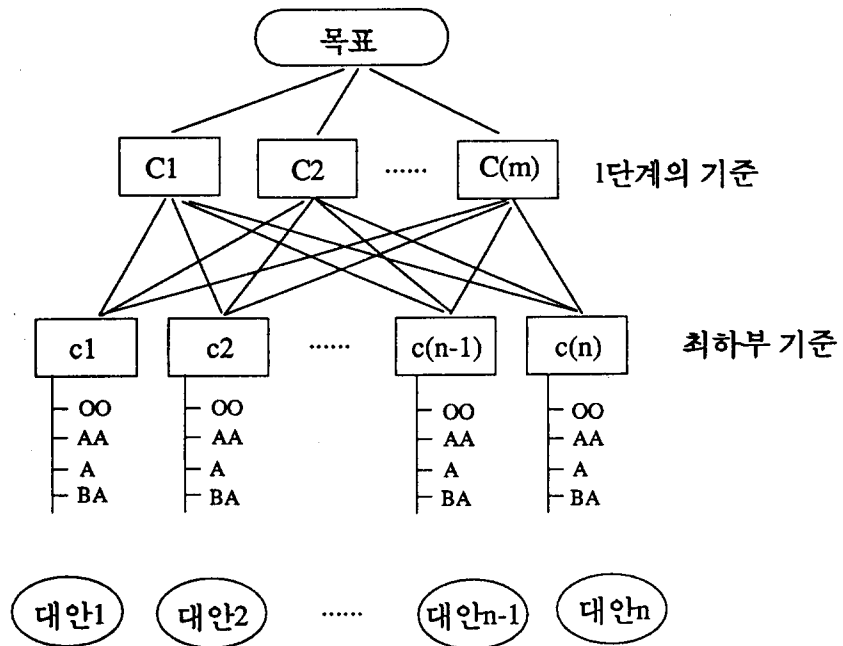
계층적 분석과정이 가지는 가장 큰 장점은 쌍비교과정의 합리성이다. 인간의 판단은 비교가 이루어지는 대상이 적을수록 효율적인 평가가 이루어 질 수 있다. 즉, A,B,C 세개의 대상에 대한 순위를 평가할 하는데 있어서 A와 B, A와 C, B와 C의 순으로 세번의 일대일 쌍비교를 통해서 하게 되므로 비교 판단의 과정에서 의사결정자에게 주어지는 부담을 완화시킬 수 있고, 합리적인 평가를 가능하게 한다.

반면, 복잡한 문제를 기준별로 세분화하여, 다수의 쌍비교문제로 분해하는 계층적 분석과정의 접근방식은 평가할 기준과 대안의 수가 증가함에 따라 쌍비교 횟수가 기하급수적으로 증가하는 문제점을 내포하고 있다. 예로써, n개의 대안을 m개의 기준에 대해서 평가한다면, 각각의 기준별로 nC_2 번의 쌍비교가 이루어져야 하며, 총 $m * nC_2$ 번의 쌍비교가 이루어져야 함을 알 수 있다. <표1>는 10개의 기준을 가진 계층적 분석과정의 계층구조의 경우 대안의 수가 증가함에 따라 이루어져야 하는 쌍비교의 횟수를 보여준다.

<표1> 쌍비교횟수의 증가예

| 기준 | 대안 | 쌍비교 횟수 |
|----|-----|---------|
| 10 | 10 | 495 |
| 10 | 50 | 12,295 |
| 10 | 100 | 49,545 |
| 10 | 150 | 111,795 |
| 10 | 200 | 199,045 |
| 10 | 250 | 311,295 |

이와 같은 쌍비교횟수의 급격한 증가는 계층적분석과정의 실규모 문제에의 적용을 어렵게 만드는 가장 큰 문제점으로 작용한다. 이러한 문제점의 해결을 위해서는 쌍비교를 대체할 수 있는 평가방법을 도입해야 한다. 그러나, 이러한 쌍비교방법의 대체는 계층적 분석과정의 장점인 쌍비교과정의 합리성을 저해할 우려 또한 없지 않다. 즉, 계층적 분석과정에서 쌍비교과정은 장점과 단점이 동시에 될 수 있는 요소이다. 이와 같은 배경하에 계층적 분석과정의 쌍비교의 문제점을 해결하기 위한 방법론은 장점을 살리면서 단점을 극복할 수 있는 것이어야 한다.



<그림1> Liberatore의 절충된 계층적 분석과정

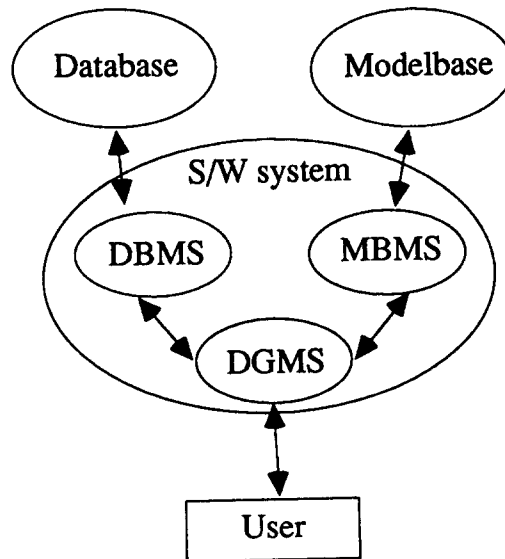
본 연구에서는 Liberatore[10]의 양자를 절충한 방법론<그림1>을 사용하여, 계층적 분석과정의 기준들에 대한 평가에서는 쌍비교 평가방식을 사용하고, 하위 대안들에 대한 평가에서는 등급 평가모델을 도입하였다. 즉, 가능한한 쌍비교를 도입할 수 있는 경우에는 쌍비교를 적용함으로써 본질적인 계층적 분석과정의 특성을 살리고, 쌍비교를 도입한다면 감당하기 어려운 만큼의 쌍비교 횟수 증가를 가져올 부분에 대해서는 등급평가모델을 도입하는 절충안이다. 본 시스템이 도입한 Liberatore의 방법은 먼저 기준에 관한 중요도를 쌍비교를 통해서 평가하고, 대안에 대한 직접적인 평가기준이 될 각각의 최하위 기준들에 대해서 4단계의 평가등급(탁월:Outstanding,평균이

상:above average,평균:average,평균이하:below average)를 두어 이들 평가등급에 대한 평가를 별도로 하고 다음으로 각 대안을 이 평가단계중 하나에 맵핑시키는 것이다<그림1>.

4. 계층적 분석과정 지원 의사결정 지원시스템

4.1 시스템 아키텍처

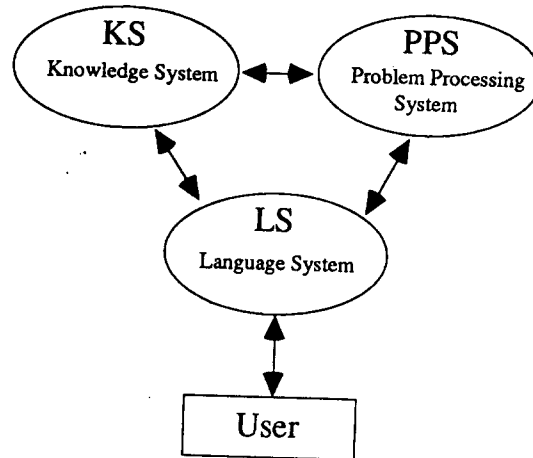
본 연구에서 개발된 시스템은 자동화된 환경에서 계층적 분석과정과 레이팅 모델을 이용하여, 주어진 대안을 평가함으로써, 의사결정자를 지원하는 것을 그 목표로 한다. 본 시스템은 기능적으로 볼 때 의사결정지원 시스템의 한 유형으로 분류될 수 있으며, 본 연구의 경우, 개선된 계층적 분석과정을 핵심 문제 해결 수단으로 하는 특수 목적의 의사결정지원 시스템이다. 넓은 의미의 의사결정지원 시스템은 비구조화 문제를 해결하기 위해서 의사결정자가 데이터와 모델을 활용하는 것을 지원하는 상호대화적 컴퓨터시스템으로 정의되는데[9], 이러한 기본적 정의는 이후에 시도된 다른 정의들에서도 큰 차이점없이 지속되고 있다. 이와 같이 기본정의의 측면인 기능적인 면에서 볼 때 의사결정지원 시스템의 영역은 의사결정자의 의사결정 행위에 직,간접적으로 도움을 줄 수 있는 상호대화가 가능한 컴퓨터 시스템으로 넓혀지며 본 연구에서 개발된 시스템도 의사결정지원 시스템의 유형으로 분류된다. 한편, 형태적인 측면에서 의사결정 시스템의 아키텍처에 접근하면 일반적인 의사결정시스템의 구축틀로서 Sprague와 Carlson의 프레임워크[13](이하 SC 프레임워크)와 Bonczek, Holsapple, Whinston의 프레임워크[11](이하 BHW 프레임워크)를 대표적인 구축틀로 들 수 있다.



<그림2> SC 프레임워크의 3 컴포넌트 모델

SC 프레임워크<그림2>는 의사결정지원 시스템을 데이터베이스(Database), 모델베이스(Modelbase)의 두가지 구성요소와 데이터베이스 관리 시스템(Database Management

System:DBMS)와 모델베이스 매니지먼트 시스템(Modelbase Management System:MBMS), 다이얼로그 매니지먼트 시스템(Dialog Generation and Management System:DGMS)의 세가지 요소로 구성된 소프트웨어 시스템의 크게 세개의 구성요소로 구성된 시스템으로 보았고, BHW 프레임워크<그림3>는 의사결정지원 시스템을 LS(Language System), KS(Knowledge System), PPS(Problem Processing System)의 세가지 구성요소로 이루어진 시스템으로 보았다.



<그림3> BHW 프레임워크의 3 컴포넌트 모델

이와 같은 두가지 프레임워크를 서로 대립적으로 분리하여 생각하는 학자들도 있는가 하면 두가지의 프레임워크를 유사하게 생각하고 있는 학자들도 있다[4][8]. 그러나, 이러한 두개의 프레임워크를 통해서 시스템을 개발, 유지하려는 근본적인 목적은 큰 차이가 없다. 의사결정지원시스템의 구성요소들간의 독립성을 유지하므로써, 의사결정자들이 다양한 모델을 통해서 데이터를 분석해볼 수 있게 하고, 편리한 사용자 인터페이스를 통해서 빠르고 정확한 결과를 제시해줄 수 있게 하기 위한 것이다.

본 연구에서 개발된 시스템은 SC프레임워크의 3 컴포넌트 모델을 기본으로하여 데이터베이스, 모델베이스, 사용자 인터페이스의 세개의 구성요소를 가진 형태를 기본 아키텍처로 하기로 하였다. 다음은 본 시스템의 데이터베이스, 모델베이스, 유저인터페이스의 세개의 구성요소 각각에 대한 요소별 설명이다.

4.1.1 데이터베이스

본 시스템의 데이터베이스는 평가의 대상이 되는 대안들과 계층구조내의 평가기준들에 대한 데이터를 저장한다. 뿐만아니라, 본 시스템이 사용하는 계층적 분석과정의 특성상, 계층적 분석과정의 트리형 계층구조 또한 데이터베이스의 저장대상이 된다. 물론 이러한 저장형태는 모델베이스의 모델을 데이터베이스에 저장한 형태라고도 볼 수 있지만, 계층적 분석과정의 특성에 의해서,

계층적 분석 과정의 계층 구조상의 기준들도 데이터베이스에서 관리하여야 할 대상이 될 수 있기 때문이다. 즉, 계층적 분석 과정들의 계층 구성 요소들에 대한 질의 및 관리용 데이터베이스를 통해서 해야할 필요성이 있는 것이다. 이에 덧붙여 각각의 대안들에 대한 다양한 종류의 자료들과 계층적 분석과정과 등급평가에 의한 결과들이 데이터베이스에 저장될 수 있다.

4.1.2 모델베이스

모델베이스 분야의 연구에서 모델이라는 용어는 많은 모호성을 지니고 있다. 이러한 이유로 모델베이스에 관련된 대부분의 논문의 저자들 역시 모델이라는 용어의 정의를 명확히 내리지 못하고 있다[4]. 본 시스템에서 모델의 의미는 계층적 분석과정의 계층구조를 의미한다. 즉, 문제를 해결하기 위해서 평가기준을 계층적 구조로 세분화해놓은 목표와 평가기준들간의 계층구조가 본 시스템이 문제를 해결하기 위해서 사용하는 모델이 된다.

따라서, 본 시스템의 모델베이스는 새로운 계층구조, 즉 모델들을 생성시키는 부분과, 데이터베이스와의 인터페이스를 통해서 관계형 데이터베이스에 저장된 계층 데이터를 통해 계층적 분석과정의 계층을 구성하는 부분, 구성된 계층을 이용해서 결과를 산출해 내는 알고리즘의 부분을 포함하고 있다. 본 시스템이 현재 지원해야 하는 분석 방법론은 계층적 분석과정과 이를 보충해주는 등급평가모델의 두가지를 들 수 있다. 비교적 특수한 목적을 위해서 제작되어지는 의사결정지원 시스템이므로 일반화된 모델베이스를 구성하지는 못했고, 문제의 특성상 계층적 분석과정과 등급평가모델만을 그 주 적용대상으로 하고 있다. 뿐만아니라 모델베이스에 대한 연구 또한 최근 활발히 진행되고 있는 분야[4][12]이므로 이러한 다양한 성과들의 도입은 앞으로 적용되어야 할 문제 범위의 확대에 따라서 검토되어야 할 것으로 생각된다.

4.1.3 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스 부분은 데이터베이스와 모델베이스의 내부적인 처리를 사용자와 연결시켜주는 부분이다. 원하는 결과를 얻기 위한 질의와 모델의 실행 명령을 데이터베이스와 모델베이스에 전달하고, 반대로 데이터베이스와 모델베이스로 부터 얻어진 결과를 다양한 출력 형태로 사용자에게 제시하는 역할을 한다. 본 시스템의 사용자 인터페이스는 마우스를 이용한 풀-다운 메뉴를 사용하였다. 이를 위해서 텍스트 모드를 기반으로 한 클리퍼의 한계사항을 극복하기 위한 방편으로 C프로그램언어로 작성된 클리퍼의 확장 라이브러리를 사용하여, 그래픽과 한글을 구현하였다.

4.2 시스템 구현

본 시스템을 개발하기 위한 도구로서는 데이터베이스 언어인 클리퍼를 이용하였다. 데이터베이스언어인 클리퍼가 가지는 장점은 무엇보다도 그 자체로서 컴파일러 방식의 프로그래밍 언어의 역할을 할 수가 있으므로 다용도적인 가능성을 가지고 있다는 것과 의사결정지원 시스템이 가지는 데이터베이스와의 밀접한 관계를 가장 효과적으로 지원할 수 있다는 것이다. 또한, PC를 기반으로 하는 데이터베이스의 언어의 표준적인 지위를 차지하고 있으므로 다른 데이터베이스와의

호환성면에서도 큰 장점을 가지고 있다.

본 시스템을 위한 분석의 과정은 새로운 요구사항의 모델화를 통해서, 개발되어야 할 시스템이 무엇을 해야 하는가를 알기위한 과정으로 시스템 분석의 한 방법론인 구조적 분석의 기법[3]을 사용하였다. 구조적 분석 기법은 시스템 분석의 한 방법론으로 데이터 흐름도(DFD:Data Flow Diagram)를 통한 정보 흐름 이해 및 모델링, 데이터사전(Data dictionary)과 코드 체계의 정의, 업무처리 방침(policy) 및 절차(procedure)의 명시를 뜻한다[1][2]. <그림4>는 이러한 분석을 통해 생성된 시스템의 최종적인 메뉴구성을 보여주며, 다음은 계층적 분석과정의 트리형 계층구조를 데이터베이스에 저장하기 위한 기본적인 데이터베이스 스키마 디자인의 예이다.

Node(Name, Level): 계층 구조상의 목표, 기준, 대안에 대한 테이블

Name: 계층적 분석과정 구조도상의 각 노드들의 이름

Level: 각 노드들의 단계

Link(Namep, Namec, Priority): 계층 구조상의 상위 노드와 하위 노드간의 연결을 정의하는 테이블, 상위노드에 연결된 부속 노드들의 우선순위(priority)값을 가지고 있다.

Namep: 상위노드의 이름

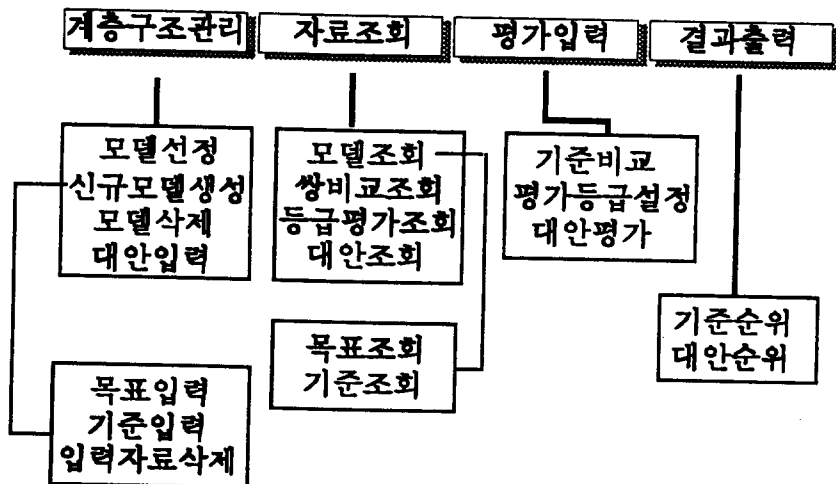
Namec: 하위노드의 이름

Matrix(Namep, Namec1, Namec2, Comparison): 계층 구조상의 상위 노드에 부속된 하위 노드들간의 쌍비교 값을 저장하는 테이블

Namep: 상위노드의 이름

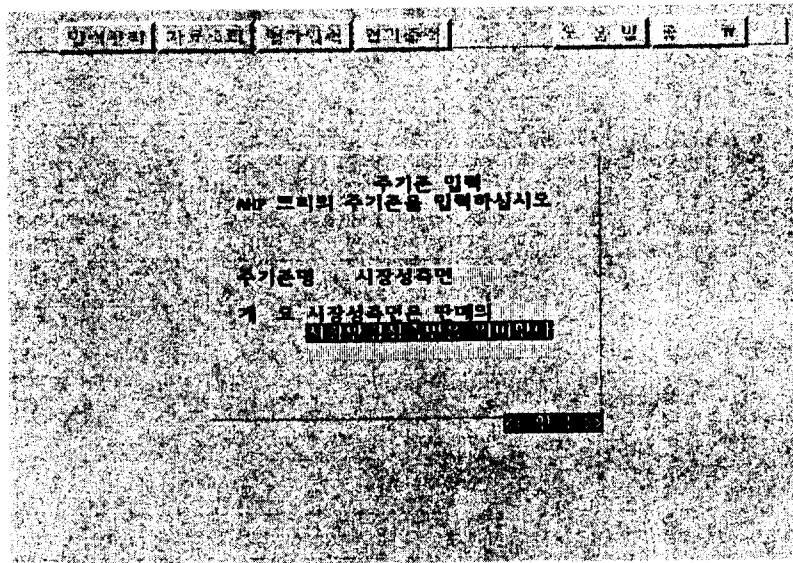
Namec1, Namec2: 쌍비교의 대상이 되는 두개의 하위노드 이름

Comparison: 두 하위 노드들간의 쌍비교 값

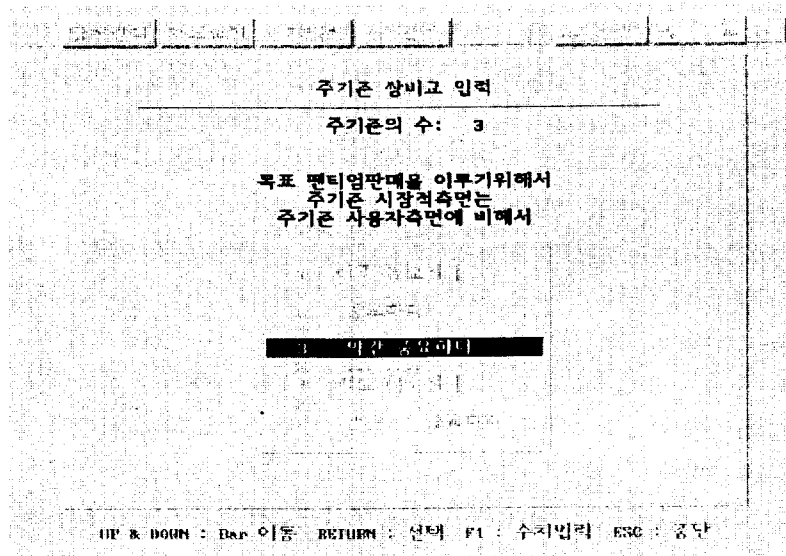


<그림4> 계층적 분석과정 의사결정 지원시스템의 메뉴구성도

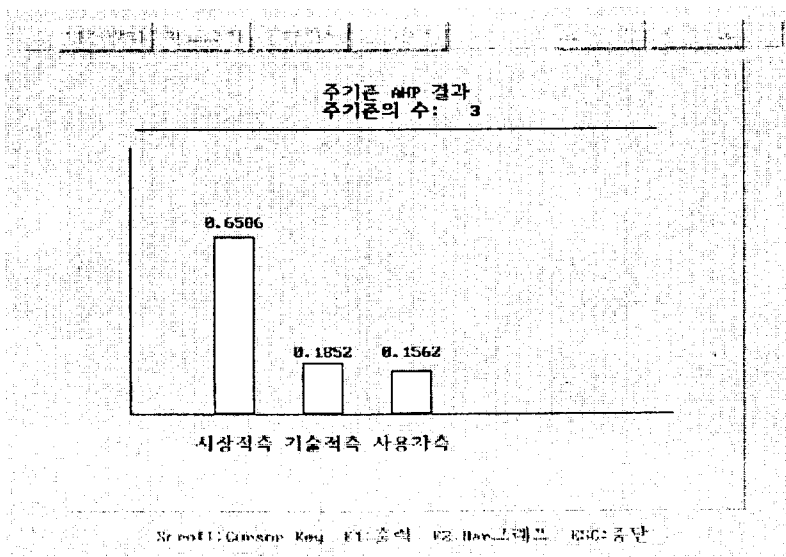
<그림4>에서는 본 시스템의 메뉴구성을 크게 네개의 주메뉴로 분류하고 있다. 크게는 계층구조관리, 자료조회, 평가입력, 결과출력의 네개의 주기능으로 분류하고, 각각의 주기능에 따라서 부기능들이 속해있다. 계층구조관리는 계층적 분석과정의 계층구조 모델을 생성하고, 이미 생성되어 있는 계층구조 모델중에서 문제에 적합한 모델을 선정하는 기능과 평가의 대상이 되는 대안들의 입력을 담당한다. <그림5>는 계층적 분석과정의 계층구조내의 기준을 입력하는 시스템 실행화면의 예제이다. 자료조회는 입력된 계층구조내의 목표와 기준에 대한 조회와, 입력된 쌍비교값, 대안들에 대한 자료를 조회하는 기능을 담당한다. 평가입력기능에서는 쌍비교과정을 이용한 기준의 중요도 평가와 Liberatore의 방법론을 위한 각 기준별 4단계평가등급의 설정, 대안들에 대한 평가등의 기능을 수행한다. <그림6>은 기준에 대한 쌍비교를 수행하는 시스템의 실행화면의 예제이다. 결과출력기능은 이상의 기능을 통해서 생성된 계층구조에 따라 평가된 결과를 출력하는 기능이다. 쌍비교로 평가된 기준들의 순위와 Liberatore의 4단계 등급평가에 의해 평가된 대안들의 순위를 볼 수 있다. <그림7>은 막대그래프로 출력된 결과출력화면의 예제이다.



<그림5> 시스템 실행화면 예제1



<그림6> 시스템 실행화면 예제2



<그림7> 시스템 실행화면 예제3

5. 결론

먼저 현재의 시스템이 가지는 문제점과 앞으로 개선되어야 할 사항들을 파악해보면, 첫째는, 현재의 시스템이 가지고 있는 모델베이스의 제약점이다. 현재의 시스템이 가지고 있는 모델베이스는 비록 계층적 분석과정을 주요수단으로 하는 의사결정 지원시스템의 모델베이스로 제약받고 있기는 하지만, 더 나은 문제 해결을 위해서는 계층적 분석과정 이외의 다양한 모델들의 적용도 가능하게 하는 것이 필요하리라 보인다. 이를 위해서는 모델베이스 전반에 관한 연구 결과[4]들이 앞으로 개선될 시스템에 적용되는 것이 필요할 것이다. 둘째는, 계층적 분석과정의 문제점을 개선할 수 있는 방법론의 도입이다. 현 시스템은 Liberatore의 방법론[10]을 도입하고 있지만, 문제의 특성에 맞는 계층적 분석과정의 더 많은 개선안들이 적용되어야 할 것이다. 이는 물론 계층적 분석과정 자체의 개선에 대한 보다 더 많은 연구가 필요하다는 것을 전제로 한다. 이와 같은 부분들의 개선과 함께 앞으로의 연구 필요성이 있는 부분은 현재의 시스템을 그룹 의사결정 지원시스템(Group DSS)으로 확장하는 것이다. 계층적 분석과정은 그 특성상, 그룹의 구성원들의 의사결정을 종합할 수 있는 능력이 뛰어나며, 이러한 관점에서 계층적 분석과정을 이용한 그룹 의사결정 지원시스템에 대한 연구가 이루어지고 있다[14].

이상의 연구를 통해서 계층적 분석과정을 이용한 의사결정 지원시스템의 가능성을 알아보았고, 클리퍼를 이용한 간단한 시스템을 구현해보았다. 계층적 분석과정은 비교적 간단한 문제 해결 절차에 비해 광범위한 영역에 적용될 수 있는 강력한 의사결정 방법론이다. 앞서 말한바와 같이 개선해야 할 점들도 많이 남아 있기는 하지만, 앞으로도 많은 분야에서 그 효과를 발휘할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 안중호, 경영과 정보통신기술, 학현사, 1993.
2. 이영환, 시스템 분석과 설계 - 경영정보시스템 개발을 중심으로, 법영사, 1989.
3. A.M. Geoffrion, "An introduction to structured modeling", management science 33, No.5 (May 1987), pp.547-588.
4. A.M. Chang, C.W.Holsapple and A.B.Whinston, "Model management issues and directions", Decision Support System 9,1993.
5. Chang-Kyo Suh, Eui-Ho Suh, and Kwan-Churn Baek, "The prioritizing telecommunication technologies for long-range R&D planning to the year 2006", IEEE transactions on engineering management, Vol 41, No.3 pp.264-275, August 1994.
6. Eui-Ho Suh, Chang-Kyo Shu, and Nam-Chul Do, "A decision support system for investment planning on a microcomputer", Journal of microcomputer application, 15(4), pp.297-311.
7. Expert Choice User manual version 8.0, decision support software inc, Pittsburgh, Pennsylvania 15213, 1992.
8. G.Ariav and M.J.Ginzberg, "DSS design:A systemic view of decision support", communication of the ACM, No.10, 1985.3.
9. M.S.Scott-Morton, Management Decision Systems:Computer-based Support for Decision Making, Cambridge,MA:Division of Research, Harvard University, 1971.
10. Liberatore, M.J., "An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation", IEEE Trans. on Eng. Mgmt, Vol. EM-34, No.1, 1987, pp.12-18.
11. R.H.Bonczkek, C.W.Holsapple and A.B.Whinston, Foundations of Decision Support Systems,Academic Press, New York, 1981.
12. R.W.Blanning, "Model Management Systems: An Overview", Decision Support Systems 9, 1992.
13. R.H.Sprague, Jr., A Framework for the development of Decision Support Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1982.
14. Robert F.Dyer and Ernest H.Forman, "Group decision support with the analytic hierarchy process", Decision Support Systems 8,1992.
15. Saaty,L.T., "How to make a decision:analytic hierarchy process", European journal of operation research vol.48, 1990, pp.9-26.
16. Saaty,L.T., Kearns,K.P., Analytic planning - the organization of systems, 1985.