'2000춘계학술발표회 논문집
한국원자력학회

해석적 계층과정 접근법을 사용한 에너지계통 설계전략의 순위방법론

Ranking Methodology for Energy System Design Strategies Based on AHP Approach

김성호
한국전력공사 전력연구원
대전광역시 유성구 문지동 103-16

요 약

이 연구에서는 해석적 계층과정 (AHP) 접근법을 기반으로 하는 순위방법론이 에너지계통 설계전략들 평가를 위하여 개발되었다. 신형가압경수로 (APWR) 가운데 특히 개량형에 적용될 수 있는 중대사고 완화 설비들과 결합된 다양한 설계전략들을 정량적으로 순위매기는 데 이 방법이 적용되었다. 선행작업 [Ghyym, 1998]에서 제안된 네 가지 설계전략들을 평가하기 위하여 네 가지 의사결정 판단기준들이 설정되었다. 고유벡터방법으로 얻어진 최종 우선권벡터에 따르면, 최선 설계전략은 습공동 방법 및 격납건물 수용력에 의존하는 전략이라는 것이 밝혀졌다. 또한, 다양한 우선권벡터 평가방법들이 최종 선호도순위에 미치는 영향이 파악되었다. 즉, 근사적 평가에 속하는 열방향 기하평균방법 및 Frankel 방법에 따른 순위결과들이 정확한 평가에 속하는 고유벡터방법의 결과와 비교되었다. 열방향 기하평균방법과는 달리, Frankel 방법을 사용한 경우는 상이한 설계전략순위가 얻어졌다. 결국, 적절한 순위를 얻기 위하여, 우선권벡터들 평가에서는 Frankel 방법을 제외한 고유벡터방법이나 열방향 기하평균방법의 사용이 권고되었다.

Abstract

In the present study, based on the analytic hierarchy process (AHP) approach, a ranking methodology was developed to quantitatively rank the various design strategies associated with some severe accident mitigation features (i.e., structures, systems, and components) for an advanced pressurized water reactor (APWR), especially, an evolutionary type. Four decision criteria were established for evaluating four design strategies proposed in the previous work [Ghyym, 1998]. It is found that, according to eigenvector method for priority vector, optimal strategy is the design strategy based on the combined approach using wet cavity method and containment capacity. In addition, the effect of evaluation methods (i.e., the eigenvector method, the row-wise geometric mean method, and the Frankel method [Frankel, 1992]) for priority vectors on final preference ranking was identified. In comparison with the exact method using the eigenvector method, it is found that the approximation using the Frankel method leads to different ranking of strategies. As a result, to obtain appropriate preference ranking, it was recommended that, except for the Frankel method, either the eigenvector method or the row-wise geometric mean method be applied to evaluation of priority vectors.

1 서론

다중기준 (**또는 다중속성**; **다중인자**) **의사결정 문제들의 해결책으로 정성적**, **정량적 속성들을 종합적으로 고려할 수 있는 의사결정 보조도구 및 다른 단위계를 갖는 정량적 속성들을 다룰 수 있는 방법론 등의 개발이 공학의 여러 분야들에서 연구되고 있다**. **특히**, **다중기준 아래에서 여러 대안들의 선호도순위 평가 및 최선 대안의 선정 등에 해석적 계층과정** (AHP) **접근법이 사용되고 있다**.

여기서는 선행연구 [Ghyym, 1998]**에서 제안된 설계전략 대안들을** AHP **접근법에 따라 정량적이고 종합적으로 선호도순위를 평가할 수 있는 방법론을 개발하는 데 주된 목적이 있다**. **또한**, **순위의 평가에 영향을 미치는 속성들 가운데 우선권벡터 평가방법들의 영향을 파악하고자 한다**. **이 방법론은 다중인자** (**예**: **안전성**, **가동성**, **인허가성**, **기술성**, **및 경제성 등**)**를 고려하는 차세대원전과 같은 에너지계통의 설계최적화 방법론의 개발 및 적용에 의사결정 보조도구로써 활용될 수 있다**.

AHP **접근법은 다중기준 의사결정 문제들을 수치적으로 다루는 데 사용될 수 있다**. **이 문제들은 의사결정자** (DM: Decision-Maker)**에 따라 단일 또는 그룹 의사결정 문제들로 분류된다**. **우선권벡터들이 점수치 및 확률분포수치로 얻어지느냐에 따라 각각 결정론적 및 확률론적** (Stochastic) AHP **접근법으로 나뉜다**. **여기서는 단일 의사결정의 경우에 결정론적** AHP **접근법이 고려된다**.

일반적으로, AHP **접근법을 적용한 다중기준 의사결정 문제해결은 다음과 같이 세 가지로 분류될 수 있다**: (1) **최선대안 선정**; (2) **순위 평가**; (3) **가중치 평가**. **이러한** AHP **접근법이 원자력 분야에서 적용된 부분적인 사례들은 다음과 같다**: **최선대안 선정의 경우로는 저**-/**중**-**준위 방사물 처분방식 선정** [Park *et al*., 1988]; **에너지공급보장 원자력기술 선정 및 투자우선 원자력기술 선정** [Lim, 1993]; **사용후 핵연료 중간저장방식 선정** [Shin *et al*., 1994]; **방사선차폐 콘크리트물질 선정** [Abulfaraj, 1994]; **환기계통 선정** [Sa & Narita, 1994]; **후행 핵연료 주기정책 선정** [Song & Shin, 1995]; **핵변환로 연료형태 선정** [Yu & Park, 1999] **등이 연구되었다**. **중요도순위 배정의 문제는 격납건물 직접가열현상의 중요도순위 평가에** [Wilson & Pilch, 1994] **적용되었다**. **가중치 평가로서는 중대사고 현상에 대한 전문가판단의 신뢰수준 연구가** [Zio, 1996] **해당된다고 볼 수 있다**. **다른 분야에서는 부품 대안들의 선정**, **신기술 개발전략의 선정 등에도 적용되었다**. **표 1-1에 주로 원자력분야에서 수행된 연구들이 정리되어 주어졌다**.

앞으로 AHP **접근법의 한계 사항들을 확장시키는 노력이 요구된다**. **계층구조 모델을 구성하고 있는 요소들**(**즉**, **대안들 및 판단기준들**)**이 대안들 사이**, **판단기준들 사이**, **또는 대안과 판단기준 사이에서 종속적이거나 되먹임이 있는 경우**, **그물구조를 도입한** ANP (Analytic Network

Process) 접근법의 개발이 필요하다. 상대중요도 배정의 주관성을 다루기 위하여 모호집합 개념을 도입한 모호집합론적 모델 또는 확률분포 개념을 도입한 Stochastic AHP 접근법의 개발이 필요하다. 의사결정자의 위험도행위가 반영된 리스크행위 모델의 개발도 필요하다. 다른 접근법들과의 비교연구에서는 ANP 접근법과의 비교, 모호집합론적 접근법과의 비교, 다중인자효용 (MAU: Multi-Attribute Utility) 방법과의 비교 등이 수행될 수 있다.

2 AHP 접근법

선호도순위 결정 알고리즘

이 연구에서 선호도순위를 평가하는 하나의 알고리즘이 개발되었다. AHP 접근법을 기반으로 하는 알고리즘은 다음과 같이 기술될 수 있다:

(단계1) 문제의 규정;
(단계2) 모델의 구성;
(단계3) 선호도의 척도화;
(단계4) 분해적 평가;
(단계5) 종합적 평가.

문제의 규정단계에서는 DM의 입장에서 고려된 대안, 기준, 및 목적 등이 정의된다. 모델의 구성단계에서는 각 층의 속성들이 정해지고 계층구조가 모델링된다. 선호도의 척도화단계에서는 각개 층에서 속성들끼리의 상대중요도가 배정된다. 델파이 방법의 결과, 실험데이터, 또는 공학적 판단에 따라서 얻어진 가용한 정보가 상대중요도 배정시 참조될 수 있다. 이러한 정보의 척도화에는 척도 1 9로 구성된 수치척도표 (참조 표2-1)가 사용된다. 이 척도들을 갖고 대안들 및 판단기준들에 대하여 각각 쌍쌍비교행렬 (PWCM: Pair-Wise Comparison Matrix)이 구성된다. 분해적 평가단계에서는 각개 층마다 우선권벡터가 구해진다. 속성간의 선호도순위를 알려줄 수 있는 우선권벡터들의 평가방법으로써 고유벡터방법 (또는 λ-max 방법)이 사용된다. 여기서, 상대중요도가 논리적으로 일관성 있게 배정되었는지 점검된다. λ-max 값이 계산되면 일관성지수(CI) 및 일관성비율(CR) 등이 다음과 같이 계산된다:

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \qquad (식2\text{-}1)$$

$$CR = CI/RI \qquad (식2\text{-}2)$$

(식2-1)에서 n 은 행렬의 크기이다. (식2-2)에서 RI 는 무작위지수로서 표2-2에 주어졌다. 일관성

지수가 0이면 일관적 PWCM라고 간주될 수 있다. 만약 비일관적이면 일관성이 만족될 때까지 단계3부터 반복되어야 한다. 만족조건은 다음과 같이 주어진다:

$$CR \leq 0.10 \quad \text{(식2-3)}$$

또한, 서로 이웃하는 상하위층간의 우선권벡터가 구해진다. 종합적 평가단계에서는 대안들의 최종 우선권벡터가 계산된다. 선호도순위는 최종 우선권벡터로부터 결정된다. 즉, 각 대안에 대응하는 최종벡터의 원소값이 클수록 선호도가 높다. 계산 결과에 따라 최선안이 선정되며, 선호도순위가 평가된다.

3 방법론의 적용

개발된 알고리즘에 따라 하나의 적용 예로써 여기서는 설계전략들의 순위결정 및 최선전략선정이 평가되었다. 우선권벡터들은 고유벡터방법으로 계산되었다.

<u>사례연구: 설계전략의 순위평가</u>

기존연구 [Ghyym, 1998]에서 제안된 개량형 가압경수로 원전에 적용가능한 설계전략들이 의사결정 대안들로서 다음과 같이 선정되었다:

(1) 대안1 (A_1; 전략1A) : 중대사고진행을 종결시키는데 ICR (In-Cavity Retention) 가운데 습공동 방법의 신빙성에만 의존하는 전략;

(2) 대안2 (A_2; 전략1B) : 중대사고진행을 종결시키는데 습공동 방법 및 격납건물건전성 보존 설비들의 신빙성에 의존하는 전략;

(3) 대안3 (A_3; 전략2A) : 중대사고진행을 종결시키는데 IVR (In-Vessel Retention) 가운데 ERVC (External Reactor Vessel Cooling) 방법의 신빙성에만 의존하는 전략;

(4) 대안4 (A_4; 전략2B) : 중대사고진행을 종결시키는데 ERVC 방법 및 격납건물건전성 보존 설비들의 신빙성에 의존하는 전략.

의사결정에 영향을 주는 판단기준들은 [Seul, Pers. Comm.] 다음과 같이 선정되었다. 여기에서, 부가가치가 높지만 리스크가 큰 신기술의 개발시 경제성은 중요도 가중치가 낮다고 가정되었다. 그러므로, 경제성은 판단기준그룹에서 제외되었다. 그러나 각 대안의 경제성에 대한 정보가 가용한 경우, 판단기준들의 하나로 경제성이 포함되어 재평가될 수 있다:

(1) 판단기준1 (C_1) = 소외결말감소 (CR; Consequence Reduction)

(2) 판단기준2 (C_2) = 규제 인허가성 (RL; Regulation Licensibility)

(3) 판단기준3 (C_3) = 기술완숙성 (TM; Technology Maturity)

(4) 판단기준4 (C_4) = 심층방어수준 (DD; Level of Defense-in-Depth): 각 대안의 심층방어선이 정성적으로 비교되어 표 3-1에 주어졌다.

개량형원전 설계전략들의 선호도순위 및 최선전략 평가를 위하여 모델링된 계층구조가 그림3-1에 주어졌다. 가용한 정보에 바탕을 둔 공학적 판단에 [Moon, Pers. Comm.] 따라 상대중요도가 배정되었다. 표2-1에 주어진 Saaty 척도 1 9를 사용하여 대안들 층 및 판단기준들층에 대하여 각각 쌍쌍비교행렬 (PWCM: Pair-Wise Comparison Matrix)이 구성되었다. 각 기준에서 비춰본 대안들의 상호중요도들이 PWCMs로써 표3-2a 표3-2d에 배정되었다. 단일 DM의 관점에서 본 기준들의 상호중요도들이 표3-3에 PWCMs로 주어졌다. 판단기준들 아래에서 대안들의 선호도를 표시하는 우선권벡터들이 표3-2a 표3-2d에 정리되어 주어졌다.

각 기준아래에서 대안들의 선호도순위는 다음과 같이 나타났다. 여기에서, a > b 는 선호도순위에서 대안 a가 대안 b 보다 앞선다는 뜻이다:

(1) 소외결말감소(CR) 아래에서 선호도순위는 전략2B > 전략2A > 전략1B > 전략1A;

(2) 규제 인허가성(RL) 아래에서는 전략1B > 전략2B > 전략1A > 전략2A;

(3) 기술완숙성(TM) 아래에서는 전략1B > 전략2B > 전략2A > 전략1A;

(4) 심층방어수준(DD) 아래에서는 전략2A > 전략2B > 전략1A > 전략1B.

기준들의 중요도는 표3-3에 우선권벡터로 계산되었다. 이 우선권벡터들은 기준층에서 기준들의 중요도 가중치로 사용된다. 기준들을 중요도가 큰 순서로부터 나열하면 다음과 같다: 규제 인허가성(RL) > 소외결말감소(CR) > 심층방어수준(DD) > 기술완숙성(TM).

고유벡터방법이 사용되어 얻어진 이러한 상하위층간의 우선권벡터들이 표3-4에 정리되어 주어졌다. 이 들로부터 계산된 최종 우선권벡터도 또한 표3-4에 보여졌다. 이 벡터로부터 최종 순위 (전략1B > 전략2B > 전략2A > 전략1A) 및 최선안 (A_2 즉, 전략1B)이 얻어진다. 참고적으로, 의사결정자의 리스크행위가 반영된 정성적 선정에 [Ghyym, 1998] 따르면, 리스크혐오의 성향에 기초한 최선안으로 전략1B가 제시되었다.

<u>우선권벡터 평가방법의 영향</u>

단일 DM이 본 기준의 우선권벡터 및 각 기준에서 본 대안들의 우선권벡터들은 고유벡터방법을 사용하여 정확하게 구해질 수 있다. 이 들은 열방향 기하평균법 이나 Frankel 방법 등이 사용되어 근사적으로 계산될 수 있다. 최종순위에 미치는 이러한 평가방법들의 영향을 파악하기 위하여 각 방법에 따라 우선권벡터들 및 최종 우선권벡터가 계산되었다. 고유벡터방법 (또는 λ-max 방법)에 따른 벡터들이 표3-4에 정리되었다. 열방향 기하평균방법의 결과는 표3-5에 주어졌다. Frankel 방법으로 얻어진 벡터들이 표3-6에 제시되었다. 각 방법에 따른 최종순위가 표3-7에 요약되었다. 고유벡터방법과 비교할 때, 열방향 기하평균방법으로는 동일한 결과가 나왔으나,

Frankel 근사방법의 경우는 최종 순위가 다르게 나타났다. 최선안에도 영향을 미쳐 Frankel 근사방법에서는 A_4가 최선안인 반면, 고유벡터방법이나 열방향 기하평균방법에서는 A_2가 최선안이다.

4 결론

단일목적 다중기준 의사결정문제를 정량적으로 평가하기 위하여 의사결정 모델링이 용이한 AHP 접근법에 기초하여 하나의 순위방법론이 개발되었다. 여기서 제안된 이 방법론은 대안들 및 판단기준들과 같은 의사결정변수들 사이의 관계에 대한 AHP 접근법의 제한 (즉, 속성간의 독립성 가정)에도 불구하고, 일부는 정량적이고 일부는 정성적인 판단기준들에 따르면, 대안들의 순위를 수치적으로 정량화 시키는 도구로 활용될 수 있다.

사례연구로 개량형원전 설계전략 대안들에 대하여 전문가판단으로 만들어진 쌍쌍비교행렬들을 가지고 순위가 평가되었다. 고유벡터방법으로 얻어진 최선안은 전략1B로 나타났고 최종 선호도순위는 전략1B > 전략2B > 전략2A > 전략1A로 얻어졌다. 또한, 대안들 선호도순위는 우선권벡터 평가방법에 의해 바뀔 수 있다는 것이 밝혀졌다. 즉, 근사적인 열방향 기하평균방법은 정확한 방법인 고유벡터방법과 같은 선호도순위를 보였지만, 근사적인 Frankel 방법은 다른 결과를 초래하였다. 그러므로 적절한 선호도순위는 고유벡터방법이나 열방향 기하평균법으로 얻어진 우선권벡터들로부터 얻어질 수 있다.

여기서 개발된 방법론은 사례연구와 마찬가지로 차세대원전의 주어진 설계대안들에서 최선안 선정에서도 용이하게 적용될 수 있다: 예컨대, 일차격납건물 벽두께 강화 최선안 선정, 수소제어계통 설계 최선안 선정, 또는 원자로공동침수계통 설계 최선안 선정 등. 또한, 안전분석에서 최적평가 전산코드로 평가되어야 하는 또는 열수력 실증실험장치에서 모사되어야 열수력현상들의 순위표 작성 및 중요현상 선정 등에 사용될 수 있다.

배정된 상대중요도의 영향평가가 수행되어야 하며 언어적 척도에 바탕을 둔 언어적 접근방법의 개발이 앞으로 요구된다.

감사의 글

저자는 Drs. Ahn, N. S., Yoon, M. H. (KEPRI)의 꾸준한 격려에 감사하며 Dr. Moon, J. H. (KISTEP) 및 Dr. Seul, K. W. (KINS)의 관심있는 토론에 감사한다.

참고문헌

Abulfaraj, W. H. (1994) Special concrete shield selection using the analytic hierarchy process, Nuclear Technology v. 107 n. 2, pp. 215-226, August.

Frankel, E. G. (1992) Stochastic expert choice in ship production project management, Journal of Ship Production Vol. 8, No. 3, pp. 184-189, August.

Ghyym, S. H. (1998) Overview of in-vessel retention concept involving level of passivity: With application to evolutionary pressurized water reactor design. Annals of Nuclear Energy, Vol. 25, No. 13, pp.997-1010.

Lim, C. Y. (1993) R&D strategy for nuclear power technology in Korea using AHP. M.Sc. thesis, Department of Nuclear Engineering, KAIST, Taejon, Korea, 50 pp.

Park, H. H., Han, K. W., Hahn, P. S., Lee, H. S., and Cho, W. J. (1988) An evaluation on the disposal alternatives for low- and intermediate- level radwaste (II), 169 p., KAERI/RR--681/87, Taejon, KAERI, February (In Korean).

Sa, S. D. and Narita, M. (1994) An analytical methodology for evaluating radiological protection alternatives using analytical hierarchy process, Journal of the Korean Association of Radiation Protection, Vol.19, No. 2, pp.99-108, August.

Shin, Y. H. *et al.* (1994) Comparison study of interim storage options for spent fuel storage program. KAERI Report PP-1-720-K001, July (In Korean).

Song, M. J. and Shin, S. W. (1995) Analysis of policy for nuclear fuel back-end cycle in Korea using AHP method, in Proceedings of the Korean Nuclear Society Spring Meeting, Ulsan, Korea. vol. 2. May 26-27, 1995 pp. 1061-1066 (In Korean).

Wilson, G. E. and Pilch, M. (1991) Appendix E: Confirmation of DCH phenomena ranking using the AHP methodology, in An integrated structure and scaling methodology for severe accident technical issue resolution. NUREG/CR-5809, EGG-2659.

Yu, D. H. and Park, W. S. (1999) Study on the selection of nuclear fuel type for a hybrid power extraction reactor. Proceedings of the Korean Nuclear Society Spring Meeting, Pohang, May (In Korean).

Zio, E. (1996) On the use of the analytic hierarchy process in the aggregation of expert judgments, Reliability Engineering & System Safety, Vol. 53, No. 2, pp.127-138.

표 1-1 원자력분야에서 AHP 접근법을 적용한 의사결정 문제의 연구

의사결정 문제	목적	분류	우선권벡터 평가방법	비고
저/중준위 방사물처분방식 선정 [Park *et al*., 1988]	최선대안 선정; 선호도순위 평가	3층 구조; 다중기준	N/A	3 대안들; 3 판단기준들
중대사고 열수력현상 중요도 순위배정 [Wilson/Pilch, 1991]	중요도순위 평가	3층 구조; 단일기준	N/A	3 시간간격들; 17 현상 대안들; 4 부품 판단기준들
원전기술 R&D투자 우선권 선정 [Lim, 1993]	최선대안 선정; 선호도순위 평가	3층 구조; 다중기준	고유벡터방법	4 대안들; 4 주판단기준들
사용후 핵연료 중간저장방식선정 [Shin *et al*., 1994]	최선대안 선정; 선호도순위 평가	4층 구조; 다중기준	N/A	4 (PWR)/ 2 (CANDU) 대안들; 7 판단기준들
방사선차폐 콘크리트물질 선정 [Abulfaraj, 1994]	최선대안 선정; 선호도순위 평가	3층 구조; 다중기준	열방향 기하평균방법	7 대안들; 4 판단기준들
우라늄광산 환기계통 선정 [Sa/Narita, 1994]	최선대안 선정	3층 구조; 다중기준	열방향 기하평균방법	5 대안들; 4 판단기준들
후행핵연료 주기정책 선정 [Song/Shin, 1995]	최선대안 선정	4층 구조; 다중기준	고유벡터방법	3 대안들; 5 주판단기준들
전문가판단 신뢰수준 평가 [Zio, 1996]	가중치 평가	5층 구조; 다중기준	고유벡터방법	3 대안들; 7 판단기준들
핵변환로 핵연료형태 선정 [Yu/Park, 1999]	최선대안 선정; 선호도순위 평가	5층 구조; 다중기준	N/A	4 대안들; 3 주판단기준들

표 2-1 척도표

Numerical scale	Symbol	Definition
1	EI	Equally Important
3	WI	Weakly more Important
5	SI	Strongly more Important
7	DI	Demonstrably (or very strongly) more Important
9	AI	Absolutely Important
2	EWI	Intermediate value between adjacent scales EI and WI
4	WSI	Intermediate value between adjacent scales WI and SI
6	SDI	Intermediate value between adjacent scales SI and DI
8	DAI	Intermediate value between adjacent scales DI and AI
Reciprocals	-	Appearing in the transpose position as reciprocals of scales 1-9
Rational numbers	-	Resulting from ratio scale

표 2-2 무작위지수 (RI)

Matrix order n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

표3-1 심층방어선

	1차 방어선	2차 방어선	3차 방어선
전략1A		인정	
전략1B		인정	인정
전력2A	인정		
전력2B	인정		인정

표 3-2a 판단기준 C1 에서 비춰본 각 대안의 선호도 비교

Criterion	PWCM with respect to C_1 : Consequence reduction (CR)				Priority vector
C_1	A_1	A_2	A_3	A_4	
A_1	1	1/3	1/5	1/7	0.055
A_2	3	1	1/3	1/5	0.118
A_3	5	3	1	1/3	0.262
A_4	7	5	3	1	0.565
	λ_{max} = 4.117; CI = 0.039; CR = 0.043				

표 3-2b 판단기준 C2 에서 비춰본 각 대안의 선호도 비교

Criterion	PWCM with respect to C_2 : Regulation licensibility (RL)				Priority vector
C_2	A_1	A_2	A_3	A_4	
A_1	1	1/5	2	1/3	0.110
A_2	5	1	7	3	0.578
A_3	1/2	1/7	1	1/3	0.071
A_4	3	1/3	3	1	0.241
	λ_{max} = 4.064; CI = 0.021; CR = 0.024				

표 3-2c 판단기준 C3 에서 비춰본 각 대안의 선호도 비교

Criterion	PWCM with respect to C_3 : Technology maturity (TM)				Priority vector
C_3	A_1	A_2	A_3	A_4	
A_1	1	1/7	1/3	1/5	0.053
A_2	7	1	5	3	0.548
A_3	3	1/5	1	1/5	0.102
A_4	5	1/3	5	1	0.297
	λ_{max} = 4.228; CI = 0.076; CR = 0.084				

표 3-2d 판단기준 C4 에서 비춰본 각 대안의 선호도 비교

Criterion	PWCM with respect to C_4 : Level of defense-in-depth (DD)				Priority vector
C_4	A_1	A_2	A_3	A_4	
A_1	1	3	1/7	1/3	0.101
A_2	1/3	1	1/9	1/5	0.049
A_3	7	9	1	3	0.607
A_4	3	5	1/3	1	0.243
	λ_{max} = 4.088; CI = 0.029; CR = 0.033				

표 3-3 단일 의사결정자의 경우 각 판단기준의 선호도 비교

Decision maker	PWCM for criteria with respect to DM				Priority vector
DM	C_1	C_2	C_3	C_4	
C_1	1	1/3	5	1	0.247
C_2	3	1	3	3	0.480
C_3	1/5	1/3	1	1/2	0.092
C_4	1	1/3	2	1	0.181
	λ_{max} = 4.254; CI = 0.085; CR = 0.094				

표 3-4 고유벡터방법에 따른 각 대안의 최종 우선권벡터 및 순위

	Priority vector evaluated by eigenvector method				Final priority vector **(Rank)**
	C_1	C_2	C_3	C_4	
DM	0.247	0.480	0.092	0.181	
A_1	0.055	0.110	0.053	0.101	0.089 (**4**)
A_2	0.118	0.578	0.548	0.049	0.366 (**1**)
A_3	0.262	0.071	0.102	0.607	0.218 (**3**)
A_4	0.565	0.241	0.297	0.243	0.327 (**2**)

표 3-5 열방향 기하평균방법에 따른 각 대안의 최종 우선권벡터 및 순위

Priority vector evaluated by geometric mean method					Final priority vector (Rank)
	C_1	C_2	C_3	C_4	
DM	0.240	0.480	0.090	0.190	
A_1	0.055	0.110	0.054	0.100	0.090 (**4**)
A_2	0.118	0.580	0.552	0.048	0.366 (**1**)
A_3	0.263	0.071	0.101	0.607	0.222 (**3**)
A_4	0.564	0.239	0.293	0.245	0.322 (**2**)

표 3-6 Frankel 방법에 따른 각 대안의 최종 우선권벡터 및 순위

Priority vector evaluated by Frankel approximation method					Final priority vector (Rank)
	C_1	C_2	C_3	C_4	
DM	0.309	0.422	0.086	0.183	
A_1	0.053	0.122	0.050	0.126	0.096 (**4**)
A_2	0.144	0.555	0.479	0.047	0.328 (**2**)
A_3	0.296	0.069	0.132	0.564	0.235 (**3**)
A_4	0.507	0.254	0.339	0.263	0.341 (**1**)

표 3-7 최종 순위에 미치는 우선권벡터 평가방법의 영향

	Rank			
Method	**1**	**2**	**3**	**4**
Eigenvector method	A_2	A_4	A_3	A_1
Geometric mean method	A_2	A_4	A_3	A_1
Frankel approximation method	A_4	A_2	A_3	A_1

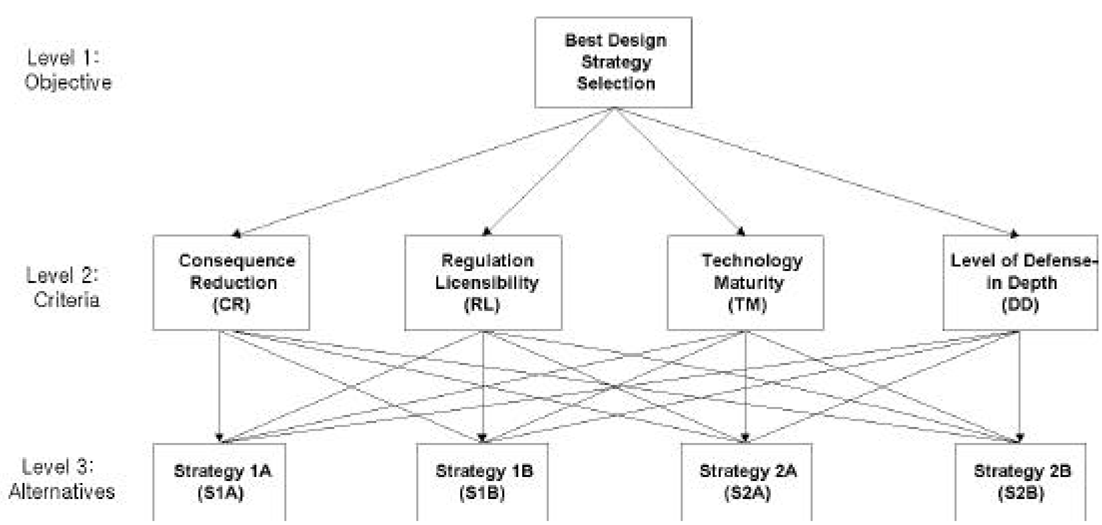

그림 3-1 설계전략의 3층 계층구조