<論文>

AHP를 이용한 경항공기 기종선정표의 개발

은희봉*, 권보헌**

Development of Checklist for the Selecting Optimum Light Airplane by the AHP

H. B. Eun*, B. H. Kwon**

목 차

Ⅰ. 목 적
Ⅱ. AHP의 이론적 배경
Ⅲ. 평가기준 및 가중치의 산출
Ⅳ. 결 론

Abstract

To decide the type of airplane to purchase in air service agencies is a typical matter of multi-criteria decision making process. The selection of airplane type is very important because it has great impact on the budget and management of air service agency, once the decision has been made.

AHP is being recognized as one of many effective methods of multi-criteria decision making processes.

In this study, checklist for the selecting optimum type of light airplane to be purchased is developed by the AHP

Key Words: AHP(계층화의사결정법), Multi-criteria decision making(다기준의사결정),Checklist for the selecting optimum type of airplane(기종선정표)

* 한국항공대학교 항공운항학과 부교수

** (주)대한항공 기장

Ⅰ. 목 적

항공기를 운영하는 기관에서 새로운 항공기를 구입 시 운영목적에 가장 적합한 항공기를 구입하는 문제는 매우 어렵고 중요한 문제이며 향후 기관의 운영 및 경영에 큰 영향을 미치게 된다. 또한, 운영목적에 가장 적합한 항공기의 결정을 위해서는 고려해야 할 요인이 매우 다양하며 이러한 결정을 위해서는 합리적인 의사결정기법이 필요하다.

AHP(Analytic Hierarchy Process)는 최근 가장 널리 응용되는 의사결정기법중의 하나로 인식되고 있으며, 이러한 다기준의사결정문제에 널리 적용되고 있다.

본 연구에서는 항공기 기종선정을 위하여 전문서적 및 전문가의 도움을 받아 필요한 평가요인들을 도출하고, 전문가그룹의 의견을 AHP 소프트웨어를 통하여 가중치를 구하여 기종선정표를 개발함으로써 컴퓨터를 통하지 않고도 현장에서 가장 적합한 기종을 선정할 수 있는 방법을 개발하고자 한다.

Ⅱ. AHP(계층화의사결정법)의 이론적 배경

2.1 개요

계층화의사결정법은 1972년 T. L. Saaty에 의해 개발된 다기준의사결정법이다. 이 기법은 정량적 또는 정성적인 기준들을 다루기 위한 측정이론으로서 의사결정자나 의사결정분석자들이 사용하는 데이터만큼 사람들의 경험과 지식도 가치가 있다는 원리에 기초한다.[27]

계층화의사결정법이 갖는 참신성은 다수의 목표, 다수의 평가기준, 다수의 의사결정주체가 포함되어 있는 의사결정문제를 계층화하여 해결하는데 있다. 즉, 여러 요소들을 한꺼번에 고려하여 각 요소들의 중요도 또는 가중치를 구하는 것은 매우 어렵기 때문에, 두 요소씩 쌍별로 비교하여 각 요소들의 중요도 또는 가중치를 구함으로써 의사결정자가 판단을 보다 편하고 쉽게 할 수 있도록 해준다.

계층화의사결정법을 이용한 문제의 해결은 의사결정문제에 대한 계층구조의 설계와 평가의 두 단계로 이루어진다. 계층구조의 설계는 해당문제에 대한 고도의 지식과 경험을 필요로 한다. 평가단계에서는 각 기준이나 대안의 쌍별 비교를 기초로 한다. 계층구조의 한 단계에서 각 요소들은 상위기준에 대한 상대적 중요도나 기여도의 관점에서 비교평가 된다.[21],[22] 이 비교과정에서 각 요소들의 우선순위나 가중치들은 상대적 척도를 나타내며, 이러한 상대적 가중치들의 합은 1이 된다.[27] 계층구조의 최종단계에서, 각 요소들의 최종 또는 전체적인 가중치는 상위단계에 있는 모든 요소들의 관점에서 기여도를 구함으로써 구해진다. 계층화의사결정법에서 사용되는 척도는 이산형과 연속형 값을 모두 취할 수 있으며, 쌍별 비교의 값은 실제 측정치를 이용할 수도 있고 또는, 평가자의 상대적 선호도를 반영하는 척도 값에 의해서 구할 수도 있다. [10],[20]

계층화의사결정법의 유용한 특징은 비율척도(Ratio Scale)를 통하여 가시적인 또는 정량적인 기준은 물론 비가시적 또는 정성적인 기준의 측정도 가능하다는 점이다.[14],[21] 또한 분석과정도 직관적이고 쉽다는 장점을 가지고 있어서 최근에 가장 많이 이용되고 있는 의사결정기법의 하나로 평가받고 있다.[19],[29]

2.2 계층화의사결정법의 적용절차

일반적으로 계층화의사결정법을 이용하여 의사결정문제를 해결하는 경우에는 다음의 4단계를 거친다.[22]

[단계1] 주어진 의사결정문제를 계층구조로 분해한다.

[단계2] 같은 계층에 있는 의사결정요소들을 대상으로 쌍별 비교를 실시한다. 쌍별 비교의 결과는 평가의 입력자료가 된다.

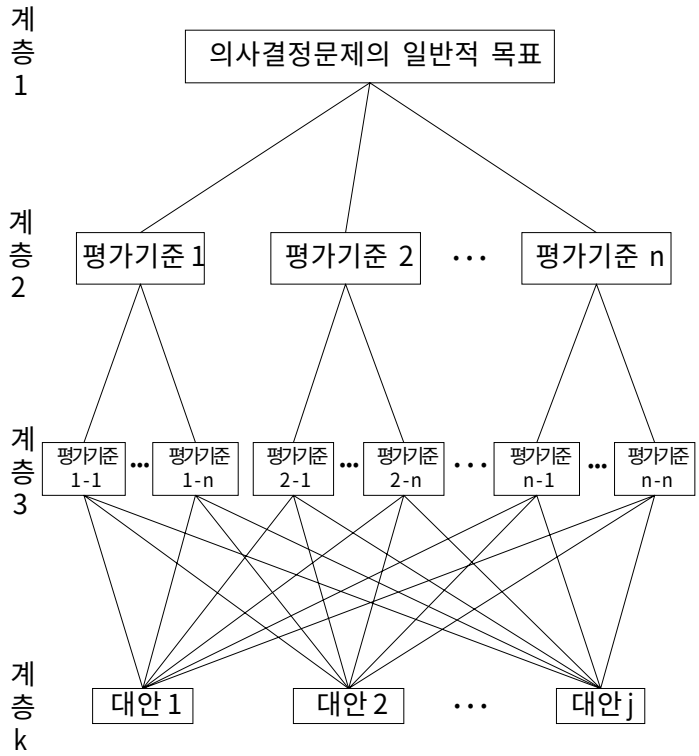
[단계3] 고유치 방법(Eigenvalue Method)을 이용하여 쌍별 비교된 요소들의 상대적 중요도 또는 가중치를 추정한다.

[단계4] 최하위계층에 있는 대안들의 우선순위를 구하기 위하여 각 계층에서 구해진 평가요소들의 가중치를 종합한다.

2.2.1 의사결정문제의 계층화

의사결정문제를 계층구조로 분해하여 구성하는 것은 계층화의사결정법 적용의 첫 번째 단계로서 가장 중요한 단계이다.

일반적인 계층구조는 최상위 계층에 가장 포괄적인 의사결정목표가 놓여지게 되며, 최하위 계층에는 선택을 위한 대안들이 위치하게 된다. 계층구조의 중간계층은 의사결정에 영향을 미치는 속성, 즉 평가기준들로 구성되는데, 하위계층으로 갈수록 보다 상세하고 구체적인 내용들로 구성된다. 계층구조의 일반적인 형태는 <그림 1>과 같다.[22],[29]



<그림 1> k계층 구조를 가지는 의사결정문제의 계층구조

이러한 계층구조에서 계층 수를 얼마로 하는 것이 적정한가에 대하여 Satty는 주어진 의사결정문제의 성격과 문제를 분석하고 해결하는데 필요한 세밀성의 정도에 따라 달라진다고 말하고 있다.[22],[23] 각 계층의 평가기준 개수는 문제가 복잡해짐에 따라 그 수가 늘어나며, 계층에 포함되는 속성의 수가 많아지면 평가자들이 혼돈할 우려가 있으므로 한 계층 내에 평가기준의 수가 9개를 넘지 않는 것이 좋다고 권고되고 있다.[17],[22]

2.2.2 평가기준의 쌍별 비교

가중치란 상대적 비중 또는 상대적 중요도를 의미한다. 만일 속성이 두 개뿐이라면 그 둘을 직접 비교하여 상대적 비중이나 중요도를 바로 판단할 수 있다. 그러나 속성이 여러 개일 경우에는 각각의 상대적 비중이나 중요도를 모두 고려하여 가중치를 결정하기란 쉽지 않다. 따라서 계층화 의사결정법에서는 속성 또는 평가기준들을 둘씩 선택하여 쌍별로 비교한다.[2] 쌍별 비교는 어떤 계층에 있는 한 기준이나 요소의 관점에서 직계 하위계층에 있는 기준들의 상대적 중요도 또는 기여도를 평가하고, 그 결과를 행렬로 나타내는 과정이다.[21] 예를 들어, 어떤 계층의 평가기준을 C_1, C_2, …, C_n이라고 하고, C_j에 비해 C_i의 중요도를 a_{ij}로 표시할 때, 이들 n개의 기준들 간 쌍별 비교의 결과는 다음과 같이 $n \times n$ 행렬로 나타낼 수 있다.

$$A = (a_{ij}), \quad i, j = 1, 2 \cdots, n.$$

여기서 행렬 A의 성분 a_{ij}는 다음과 같은 규칙을 따른다.[8],[26]

[규칙1] $a_{ij} = \beta$이면 $a_{ji} = 1/\beta$, 단 $\beta \neq 0$.

[규칙2] C_i와 C_j가 똑같이 중요하다면 $a_{ij} = a_{ji} = 1$이 된다.

특히 모든 i에 대하여 $a_{ii} = 1$이다.

즉, 행렬 A는 대각성분이 1인 역수행렬(Reciprocal Matrix)이다.[29]

따라서 성분 a_{ij}값이 결정되면 a_{ji}값은 자동적으로 결정되고, 또한 모든 대각성분의 값 $a_{ii} = 1$이므로 비교대상 평가기준의 개수가 n인 경우, 실제 쌍별 비교의 수는 $n(n-1)/2$이 된다.[20],[21]

이러한 행렬 A는 다음과 같이 정리될 수 있다.

$$A = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & a_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \end{vmatrix}$$

쌍별 비교과정에서는 먼저 평가기준들에 대한 의사결정자의 선호도를 어의적인 표현에 의해 나타내고, 이에 상응하는 적정한 수치를 부여하는 수량화과정이 필요하다.[8] 이를 위해서는 신뢰할 만한 평가척도가 필요하며, 일반적으로 계층화의사결정법에서는 9점 척도가 가장 많이 사용되고 있다.[16],[20],[22],

이러한 9점 척도의 내용을 <표 1>에 나타내었다.

9점 척도를 이용하여 요소 C_i와 C_j를 비교할 경우, C_i와 C_j가 똑같이 중요하다면 행렬의 a_{ij}에 1을 넣고, C_i가 C_j보다 조금 더 중요하다면 3을 넣고, C_i가 C_j보다 절대적으로 중요하다면 9를 넣는다. 그리고 a_{ji}에는 이들의 역수를 부여한다. 한편, Saaty는 계층화의사결정법에 의한 최종결과가 선택된 값에 비교적 크게 민감하지 않기 때문에 매우 정확한 값을 선택해야 한다는 부담감을 크게 갖지 않아도 된다고 주장하고 있다.[18],[19]

그러나 어떤 평가척도를 사용하느냐에 따라 그 결과가 달라지는 연구결과도 나와 있으므로 계층화의사결정법을 실제 의사결정문제에 적용할 경우에는 사용되는 평가척도의 적정성에 유의할 필요가 있다.[16]

<표 1> Saaty의 9점 척도

중요도	정 의	비고
1	요소i와 요소j의 중요성이 같다 (Equal Importance)	행렬의 i, j의 성분값
3	요소i가 요소j보다 조금 더 중요하다 (Moderate Importance)	〃
5	요소i가 요소j보다 상당히 중요하다 (Strong Importance)	〃
7	요소i가 요소j보다 매우 중요하다 (Very Strong Importance)	〃
9	요소i가 요소j보다 절대적으로 중요하다 (Absolute Importance)	〃
2,4,6,8	두 인접한 판단치의 중간 값	
역수	요소i에 대한 요소j의 중요성	

2.2.3 가중치의 추정

쌍별 비교를 한 후에는 각 계층에 대하여 비교대상 평가기준들이 갖는 상대적 가중치를 추정하여야 한다. 즉, 앞의 단계에서 쌍별 비교를 통하여 얻은 a_{ij}값을 이용하여 평가기준 C_1, C_2, …, C_n이 갖는 가중치 또는 중요도를 나타내는 수치 w_1, w_2, …, w_n을 추정하게 된다. 이러한 가중치 추정방법에는 고유치 방법(Eigenvalue Method)과 대수 최소자승법(Logarithmic Least Square Method)이 있다.

(1) 고유치 방법

먼저 가중치추정의 특수한 경우로서, 물체의 질량이나 치수처럼 객관적으로 정밀측정이 가능한 경우에 a_{ij}와 w_1, w_2사이에는 다음과 같은 식이 성립된다.

$$a_{ij} = w_i / w_j \ (i, j = 1, 2, 3, \cdots, n) \quad \text{----------①}$$

또한, 이 경우에 $a_{jk} \cdot a_{kj} = (w_i / w_k) \cdot (w_k / w_j) = w_i / w_j = a_{ij}$

이 성립되어 판단의 일관성이 완벽해진다.

판단의 일관성이 완벽하다는 것은 평가기준 C_1, C_2, C_3에 대하여 C_1: C_2를 2:1, C_1: C_3를 4:1이라고 평가했을 때 C_1: C_2: C_3 = 4 : 2 : 1로 완벽하게 일치되는 경우를 말한다.[7]

식 ①로부터

$$a_{ij} \cdot w_j = w_i$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \cdot w_i = n w_i, \quad i = 1, 2, \cdots, n$$

이 되며, 이 식을 행렬로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{vmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{vmatrix} = n \begin{vmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{vmatrix}$$

다시 말해 다음 식이 성립된다.[1],[7],

$$Aw = nw \quad \text{----------②}$$

여기서 $w = (w_1, w_2, \cdots, w_n)^T$는 실제 상대가중치를 나타내는 벡터이며, n은 요소의 수이다. 그런데 식 ②는 고유치와 고유벡터의 관계를 나타내는 일반적인 방정식 $Aw = \lambda w$ ---------- ③ 의 특수한 형태라고 볼 수 있다.

A가 $n \times n$ 행렬이고 n차원 공간 R^n에 속하는 영이 아닌 벡터 w에 대해서 Aw가 w의 스칼라 배이면 즉, 어떤 스칼라 λ에 대하여 $Aw = \lambda w$이면 w를 A의 고유벡터라 하고, 스칼라 λ를 A의 고유치라고 하며, w를 λ에 대응하는 고유벡터라 한다.[12],[15]

식 ③을 다시 쓰면

$Aw = \lambda I w$ (I 는 단위 행렬)

또는

$$(A - \lambda I)w = 0 \quad \text{----------④}$$

이 된다.

λ가 고유치가 되기 위해서는 이 방정식이 영이 아닌 해가 존재해야 하며, 식 ④가 영이 아닌 해를 갖기 위한 필요 충분조건은

$det\ (A - \lambda I) = 0$ 이다.

이 식을 행렬 A의 특성방정식이라 하고, 이 방정식을 만족하는 스칼라 λ는 행렬 A의 고유치이다.[12],[19],[24]

일반적으로 A가 n차 행렬인 경우에 n개의 λ값 $\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_n$이 존재하며, 또한 모든 i에 대해 $a_{ii} = 1$ 이면

$$\sum_{i=0}^{n} \lambda_i = n$$ 이 성립한다.

그리고 n개의 λ값 중에서 가장 큰 λ값인 $\lambda_{max} = n$이 되고, 나머지 λ_i 값들은 모두 0이 된다.[23] 따라서 식 ②는 쌍별 비교의 행렬 A가 일관성이 완벽한 경우에만 성립된다. 그러나 대부분의 의사결정문제에 있어서 a_{ij}는 정확한 물리적 측정에 의한 것이 아니라 평가자의 주관적인 판단에 의해 값이 결정되므로 a_{ij}는 이상적인 비율 w_i / w_j에서 벗어나게 된다. 따라서 판단의 일관성도 보장할 수 없게 되어 식 ②는 더 이상 성립되지 않는다.[22]

이러한 경우, 쌍별 비교행렬 A의 성분 a_{ij}값들이 일관성을 크게 벗어나지 않는 한 λ_{max}가 n에 가까운 값을 갖게 되는 성질을 이용하여 식 $Aw = \lambda_{max} w$를 통해 가중치 w를 추정할 수 있다.[3],[22]

벡터 w가 구해지면 w의 각각의 성분을 $a = \sum w_i$로 나눔으로써 정규화 된 가중치를 얻을 수 있다.[22]

(2) 대수 최소자승법

고유치 방법은 일관성을 측정할 수 있다는 장점이 있는 반면에 계산절차가 복잡하다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위한 방법이 대수 최소자승법으로서, 이 방법은 고유치 방법과는 반대로 계산절차는 쉬운 반면 일관성을 측정할 수 없다는 단점을 가지고 있다.[5]

일관성이 완벽한 경우 고유치 방법과 대수 최소자승법은 동일한 결과를 나타낸다.[4]

e_{ij}를 주관적 판단으로 인한 오차라 할 때

$$a_{ij} = (w_i / w_j) \cdot e_{ij} \quad \text{---------- ⑤}$$

라 할 수 있다.

대수 최소자승법은 위의 식 ⑤에서 e_{ij}를 최소화하는 즉,

$$\sum\sum [\ln a_{ij} - (\ln w_i - \ln w_j)]^2 \quad \text{---------- ⑥}$$

을 최소화하는 w를 구하도록 한다.

따라서 w는 다음 식에 의해 얻어질 수 있다.

$$w_i = \prod_{j=1}^{n} a_{ij}^{1/n}, \quad i = 1, 2, \cdots, n \quad \text{---------- ⑦}$$

2.2.4 일관성 측정

계층화의사결정법의 이용에 있어서 유용한 자료중의 하나가 일관성의 측정이다.

이 일관성 지수(Consistency Index)는 가중치나 기여도의 크기와 순서에 대한 일관성 정보를 제공한다.[9],[14],[21]

예를 들어, a_{ij}가 행렬 A의 한 요소를 나타낼 때 모든 요소에 대해서 $a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk}$이면 일관성이 완벽하다고 할 수 있다.[10]

Saaty는 λ_{max}의 값이 n에 근접할수록 쌍별 비교의 행렬 A가 일관성을 갖는 것으로 해석할 수 있다는 특성과 또한, λ_{max}의 값은 항상 n보다 크거나 같다는 특성을 이용하여 다음과 같은 일관성 측정법을 개발하였다.[22]

일관성 비율(CR: Consistency Ratio) = CI/RI

여기서 CI=($\lambda_{max} - n$) / (n-1)에 의해 계산되는 값이고, RI (Random Index)는 평가기준의 개수 n의 크기에 따라 <표 2>와 같은 값으로 나타난다.[22]

<표 2> RI 값

n	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

RI 값들은 1부터 9까지의 숫자를 임의로 뽑아 수백 개의 행렬을 만들고 이로부터 CI 값들을 계산하여 평균한 것이다.

일관성이 완벽한 경우 $\lambda_{max} = n$이 되므로 CI 값은 0이 될 것이고 따라서 CR 값도 0이 될 것이다. 반대로 판단의 일관성이 불량해 질수록 $\lambda_{max} > n$이 되고 CI나 CR 값은 0보다 점점 커지게 된다.

복잡하고 까다로운 의사결정에서 인간의 판단력에는 한계가 있으므로 대체로 CR>0이 된다.

계층화의사결정법에서는 이러한 점을 고려하여 완벽한 판단의 일관성을 요구하지는 않고 있다. 그러나 CR 값이 너무 크면 판단의 일관성이 불량하다고 보아야 하며, 그러한 판단으로부터 도출된 가중치는 의사결정에 이용하기 곤란하다.

Saaty는 CR≤0.1인 경우에만 판단의 일관성이 있다고 판단되며, CR>0.1이면 쌍별 비교를 다시 하거나 설문지를 수정해야 한다고 제안하고 있다. 그러나 그룹의사결정을 할 때는 CR>0.1인 설문지를 제외시키는 방법을 이용할 수도 있다.[22]

2.2.5 가중치의 종합

계층화의사결정법의 마지막 단계는 최하위 계층의 대안들에 대한 상대적 비중 또는 우선순위를 구하기 위하여 각각의 계층에서 계산된 평가기준들의 상대적 가중치를 종합하는 과정이다.

이는 최상위 계층의 의사결정문제를 해결하는데 있어서 최하위 계층에 있는 대안들이 미치는 영향이나 중요도를 알아보기 위하여 대안들의 종합가중치를 구하는 단계이다.

여기에서 각 기준들이 정량적, 정성적 요인으로 따로 분리되지 않았을 경우, 대안들의 종합가중치는 다음 식을 통하여 구할 수 있다.[22]

$$TW_j(1) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot x_{ij}, \quad j=1, 2, \cdots, m. \quad \text{---------- ⑧}$$

여기에서 $TW_j(1)$; j번째 대안의 종합가중치

w_i ; 평가기준 i의 상대적 가중치

x_{ij} ; 평가기준 i에 대한 j번째 대안의 가중치를 나타내며,

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \quad \text{---------- ⑨}$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 1 \quad \text{----------⑩}$$

이 된다.

그러나 정량적 요인과 정성적 요인에 대한 상대적 비중이나 대안의 중요도를 따로 분리하여 일반적인 수식으로 표현할 때는 다음 식과 같다.

$$TW_j(2) = \sum_{i=1}^{n} Ws_i \cdot Xs_{ij} + \sum_{i=1}^{n} Wo_i \cdot Xo_{ij}, \quad j=1, 2,\cdots, m.$$

---------- ⑪

여기에서 $TW_j(2)$; j번째 대안의 종합가중치,

Ws_i ; 정성적 평가기준 i의 상대적 가중치,

Xs_{ij} ; 정성적 평가기준 i에 대한 j번째 대안의 가중치,

Wo_i ; 정량적 평가기준 i의 상대적 가중치,

Xo_{ij} ; 정량적 평가기준 i에 대한 j번째 대안의 가중치를 나타내며,

$$\sum_{i=1}^{n}(Ws_i + Wo_i) = 1 \quad \text{---------- ⑫}$$

$$\sum_{j=1}^{m} Xs_{ij} = 1, \quad i=1, 2, \cdots, n \quad \text{---------- ⑬}$$

$$\sum_{j=1}^{m} Xo_{ij} = 1, \quad i=1, 2, \cdots, n \quad \text{---------- ⑭}$$

이 된다.

이들 대안의 종합가중치 TW_j는 각 대안의 상대적 비중 또는 우선순위를 나타내며 대안선정의 중요한 기준이 된다.[11]

2.3 그룹의사결정

일반적으로 대부분의 의사결정에는 매우 다양한 고려요소와 많은 불확실성이 내포되게 되므로 여러 전문가들이 참여하는 그룹의사결정형태로 이루어지게 마련이다. 그룹의사결정을 위해서는 모든 관련자들이 한자리에 모여 토의를 거쳐 의사결정을 할 수도 있겠으나, 그러한 방법에는 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 상위직책을 가진 전문가의 영향력이 개입될 수도 있다. 이러한 관점에서 볼 때 계층화의사결정법은 그룹의사결정을 위한 유용한 분석도구가 될 수 있다.[6]

계층화의사결정법은 의사결정과정에 참여하는 전문가들의 판단자료를 체계적으로 획득, 분석할 수 있도록 해 줄 뿐만 아니라, 의사결정자에게 일목요연하게 설명할 수 있기 때문에 유용하게 이용될 수 있다.

계층화의사결정법에서는 다수 전문가들의 의견을 수리적인 방법으로 종합한 후 이를 쌍별 비교행렬의 입력자료로 사용한다. 계층화의사결정법에서 다수 전문가들의 의견을 종합하기 위한 수리적 방법으로는 두 가지가 있다.[1]

첫 번째 방법은 각 평가자가 작성한 쌍별 비교행렬로부터 동일성분 값을 기하평균하여 얻어진 값으로 새로운 종합행렬을 만들고, 이 행렬로부터 고유치 방법을 이용하여 평가요소의 가중치를 계산하는 방법이다.[7]

예를 들어 k명이 그룹의사결정에 참여했을 때 k번째 평가자가 작성한 쌍별 비교행렬의 성분을 a_{ijl}이라고 하면, 기하평균에 의한 새로운 종합행렬의 성분 $\overline{a}_{ij}$는 다음과 같이 구해진다.

$$\overline{a}_{ij} = \prod_{l=1}^{k} (a_{ijl})^{1/k}$$

다수 평가자의 의견종합방법으로 기하평균을 일반적으로 사용하는 가장 큰 이유는 기하평균법이 쌍별 비교의 역수성질을 만족시키는 유일한 방법이라는 것이다.[3],[21]

예를 들어, 어떤 평가자가 기준 j에 대한 기준 i의 쌍별 비교값을 C로 평가했다면, 기준 i에 대한 기준 j의 쌍별 비교값은 1/C가 되므로 이들의 평균이 1이 되려면 이들 값의 기하평균을 이용해야 한다.

다수 평가자들의 의견을 종합하기 위한 두 번째 방법은 각 평가자들이 작성한 쌍별 비교행렬로부터 고유치 방법에 의해 평가기준들의 가중치를 도출하고 이를 산술평균하는 것이다. Saaty는 의사결정과정에 참여하는 평가자들이 해당 분야에 상당한 수준의 전문지식을 가지고 있다고 판단될 경우에는 평가자들의 가중치를 고려한 가중산술평균이 사용될 수 있다고 주장하고 있다.[22] 한편, 이러한 두 가지 수리적인 의견 종합방법 중에서 산술평균법보다 기하평균법이 보편적으로 사용되고 있으나 어떤 방법이 보다 바람직한 결과를 나타내는가에 대한 연구는 없는 것으로 나타났다.[1]

Ⅲ. 평가기준 및 가중치의 산출

3.1 평가기준

경·훈련기의 기종선정을 위한 평가기준은 경항공기의 전문도서인 Mooney MSE의 Flight Operation Manual과 Cessna 172RG의 Flight Operation Manual 및 관련문헌을 검토하여 예상

평가기준을 정한 후 H 대학교에서 비행교육을 담당하고 있는 교수들과 회의를 거쳐 6개의 주 항목과 12개의 세부 항목으로 구분하여 다음과 같이 설정하였다.

(1) 경제성

항공기 구입 시 막대한 자금은 중요한 고려 요소이며 또한, 새로운 항공기를 도입함으로써 발생하는 운영요원인 조종사, 정비사들에 대한 교육비, 그리고 항공기를 운영하기 위한 연료비, 정비비용, 기타 인건비 등도 큰 평가요소가 될 것이다.

감가상각은 항공기의 수명에 따라 구입가격에서 일정액씩 마이너스 요인으로 발생하게 된다. 현대의 대부분의 항공기들은 관리상태에 따라 수명은 상당히 연장되고 있으며, 따라서 감가상각비도 감소되고 있는 추세이다. 그러나 구입비용이 높은 항공기의 경우 감가상각은 상대적으로 크게 되며, 또한 개발연도 이후의 기간에 따라서 항공기의 가치가 달라지므로 감가상각도 달라지게 된다.

(2) 기술성

기술성은 새로운 기종을 도입 시 관련된 기술적 측면의 특성을 평가하기 위한 기준으로, 이 항목에 대한 기여도를 평가하기 위하여 세부 항목으로 항공기설계, 기술파급효과를 설정하였다.

항공기술은 고도의 첨단기술의 집약으로 산업체에 미치는 파급효과가 매우 크다. 특히, 근래에 정부의 적극적인 지원 하에 항공기 제작산업이 활기를 띠고 있으므로 새로운 기종의 선정 시 기술파급효과 등은 국가산업 차원에서 당연히 고려요소가 되어야 할 것이다.

(3) 운용성

경항공기의 운용정도를 평가하는 항목으로, 세부 항목은 항공기의 활용도, 교육목적의 적합도로 설정하였다. 즉, 항공기구조나 장비, 조종특성 등에 따라서 얼마나 다양한 목적으로 사용할 수 있는가, 또한 비행훈련 목적에 따라 계기비행 훈련이나 공중조작 훈련 중 어느 훈련에 더 적합한 항공기인가 하는 점은 훈련기 구입 시 중요하게 고려해야 할 항목이다.

이 평가항목은 항공기의 사용 목적에 따라 내용을 달리할 수 있다.

예로써, 선정 대상기종이 전투기일 경우 평가항목은 전투능력에 관한 항목인 기동성, 무장탑재능력 등이 평가요인이 될 수 있으며, 대상기종이 여객기일 경우 승객이나 화물의 탑재능력, 최대 비행거리 등이 관심사항이 될 수 있을 것이다.

(4) 정비/부품조달

정비기술의 난이도와 부품의 지속적인 조달능력 등을 평가하는 항목으로, 정비의 용이도, 보유기술의 활용도, 부품조달 등을 세부 항목으로 선정하였다. 특히, 기종선정에 있어서 동일 제작사의 항공기를 선정할 경우 일원화된 운영 및 정비기술, 부품조달이 가능하나, 다원화된 기종의 보유는 정비기술의 적용이나 인력에 있어서 상대적으로 많은 소요를 필요로 하게 된다.

(5) 안전성

비행안전은 항공기의 설계나 장비 또는 조종특성 등이 안전을 얼마나 고려하고 있는가 하는

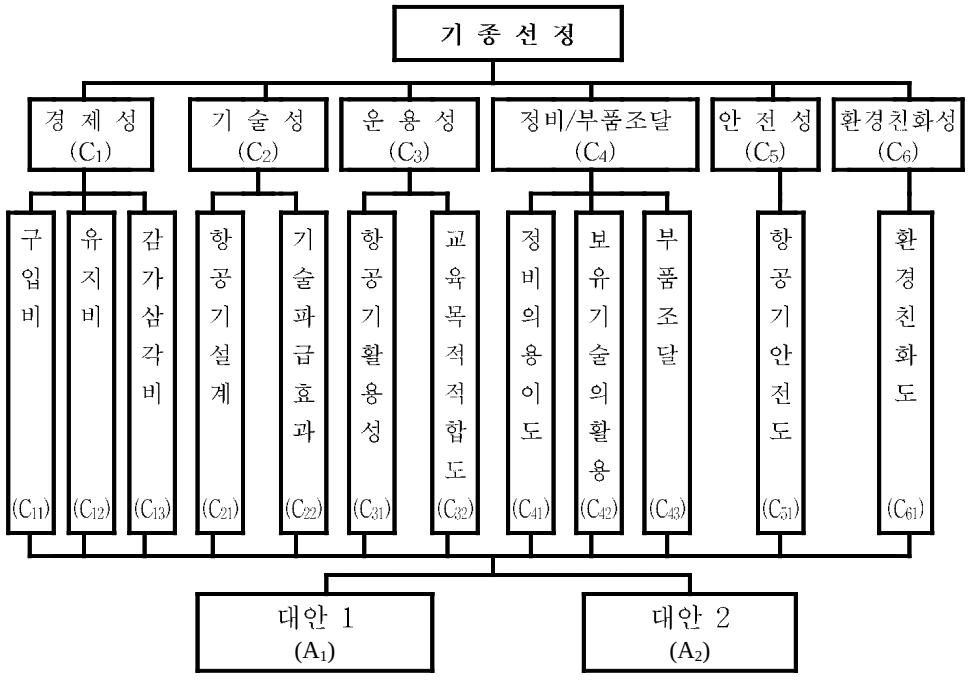
요소로 과거의 사고율 등을 참고할 수 있으면 쉽게 판단할 수 있다. 날개(Wing)의 부착 위치에 따라 조종석 시야가 달라지며, 이는 훈련 중 조종사가 공중경계를 위하여 얼마나 시야를 확보할 수 있는 가로 비행안전에 관련된다.

(6) 환경친화성

이 평가기준은 항공기가 가지는 주변환경에 대한 영향을 평가하기 위한 기준으로 항공기의 소음, 대기오염, 항공기부품에 환경친화성소재의 사용정도 등이 포함된다. 경항공기의 경우 이미 제작 시 소음측정을 통하여 기준이내로 들도록 인가되나 엔진의 형태와 출력에 따라 소음 정도는 다소 다를 수 있다.

3.1.2 의사결정 계층도 작성

도출된 평가대안 및 평가기준을 기초로 하여 경·훈련기의 기종선정을 위한 의사결정 계층도는 <그림 2>와 같이 작성된다.



<그림 2> 경항공기 기종선정을 위한 의사결정 계층도

최상위 계층에는 의사결정문제의 일반적 목표인 기종선정문제가 위치하게 되고, 계층2와 계층3에는 평가기준이 위치하며, 최하위 계층에는 평가대안이 위치하게 된다.

3.1.3 평가기준의 쌍별비교 및 가중치 도출

<그림 2>의 의사결정 계층도에 따라 평가기준들에 대한 판단행렬을 작성하기 위해서는 평가기준들간의 쌍별 비교가 필요하며, 본 연구에서는 이러한 쌍별 비교를 H 대학교에서 비행교육을

담당하고 있는 항공운항학과 교수 및 비행교육원 조종실기교수들을 대상으로 설문을 통하여 수행하였다.

<표 3> 설문배포 및 응답현황

소속 기관	배포 인원	응답 인원
항공운항학과 교수	6	6
비행교육원 조종실기교수	9	9
계	15	15

총 배포자 15명 중 15명 모두가 설문에 응하였으며, 응답자 중 2인은 일관성비율이 불량하여 (CI>0.1) 표본에서 제외하고 총 13부를 설문분석에 이용하였다. 쌍별비교는 Satty의 9점 척도를 이용하여 평가하였으며, 그룹 평가자료의 종합방법으로는 기하평균법을 이용하였다. 각 개인의 자료를 기하평균한 후 새로운 행렬을 작성하여 한국과학기술원이 개발한 AHP 소프트웨어를 이용하여 가중치를 도출하였다. 이러한 계산결과를 <표 4>에 나타냈다.

<표 4> 가중치 계산결과

의사결정 목표 (Level 1)	평가기준 (Level 2)	평가기준 (Level 3)	Level 3 가중치
기종 선정	경제성 (0.068)	구입비(0.143)	0.01
		유지비(0.714)	0.049
		감가상각(0.143)	0.01
	기술성 (0.049)	항공기설계(0.75)	0.037
		기술파급효과(0.25)	0.012
	운용성 (0.17)	항공기의 활용도(0.25)	0.043
		운영목적의 적합도 (0.75)	0.128
	정비/ 부품조달 (0.194)	정비의 용이도(0.258)	0.05
		보유기술의 활용(0.105)	0.02
		부품조달(0.637)	0.124
	안전성 (0.419)	비행안전도(1.0)	0.419
	환경친화성 (0.1)	환경친화도(1.0)	0.1

3.1.4 기종선정표의 작성

기종선정표는 좌측 칸에 각 평가기준과 세부평가기준을 배치하고, 이에 대하여 각각의 가중계수를 표시하였다. 평가방법은 각 세부평가기준에 대하여 각 대안별로 100점을 나누어 배점한다.

즉 각 세부평가기준별로 각 대안에 부여한 점수를 합산하면 100점이 된다. 이 부여된 점수에 가중계수를 곱하면 평가점수가 된다. 이 점수를 각 평가기준별로 세로로 합산하면 평가기준별 점수가 되며, 세로로 모두 합산하면 각 대안이 받은 총점수가 된다. 기종선정표는 <표 5>에 표시하였다.

<표 5> 경항공기용 기종선정표

평가기준	세부평가기준	가중계수	평가 대안							
			대안1:		대안2:		대안3:		대안4:	
			평가점수	가중점수	평가점수	가중점수	평가점수	가중점수	평가점수	가중점수
경제성	구입비	0.01								
	유지비	0.048								
	감가상각	0.01								
	소계									
기술성	항공기설계	0.037								
	기술파급효과	0.012								
	소계									
운용성	항공기활용도	0.042								
	운영목적 적합도	0.128								
	소계									
정비/부품조달	정비의 용이도	0.05								
	보유기술의 활용	0.02								
	부품조달	0.124								
	소계									
안전성	비행안전도	0.419								
	소계									
환경친화성	환경친화도	0.1								
	소계									
대안의 종합점수										

평가방법

(1) 평가는 각 대안별로 세부평가기준들에 대하여 100점을 나누어 점수 부여
(각 세부평가기준에 대하여 평가대안들의 평가점수 합은 100점)

(2) 각 대안별로 세부기준들에 대한 평가점수에 가중계수를 곱하여 가중점수 계산
(가중점수= 평가점수 × 가중계수)

(3) 평가기준에 대한 소계는 가중점수를 세로로 합산

(4) 종합점수는 각 대안에 대하여 전체 세부평가기준의 가중점수를 세로로 합산

Ⅳ. 결 론

본 연구에서는 경항공기의 기종선정 시 기존의 AHP Software를 이용하지 않고 동일한 결과를 얻을 수 있는 기종선정표를 개발하고자 하였다.

즉, 이미 전문가 그룹에 의하여 얻어진 자료를 AHP Software에 의하여 가중치를 구한 후 가중계수를 기종선정표에 적용하여 평가하게 함으로써 경항공기의 기종선정 시 컴퓨터를 사용하지 않고도 과학적인 의사결정기법인 AHP를 이용하여 기종선정을 할 수 있도록 하였다.

이러한 경항공용 기종선정표를 개발한 후 기종선정표에 도입하여 얻은 결과와 AHP Software에 의한 결과를 비교하여 동일함을 확인할 수 있었다.

향후 컴퓨터를 사용할 수 없는 상황에서 기종선정표를 활용함으로써 손쉽게 합리적인 방법으로 기종선정을 위한 의사결정을 할 수 있을 것으로 기대된다.

< 참고문헌 >

[1] 김형준, "계층화의사결정법을 이용한 전원구성비율 설정에 관한 연구", 공학박사학위 논문, 1996.

[2] 이재관, 「의사결정과 경영과학」, 박영사, 1995, p. 338.

[3] Aczel, J. and T. L. Saaty, "Procedures for Synthesizing Ratio Judgements", Journal of Mathematical Psychology, vol.27, No.1, 1983, pp.93-102.

[4] Barzila Cook, "Consistent Weights for Judgements Matrices of the Relative Importance of Alternatives", Operations Research Letters, vol.6, No.3, 1989, pp.131-139.

[5] Crawford, G. and C. Williams, "A Note on the Analysis of Subjective Judgement Matrices", Journal of Mathematical Psychology, vol.29, 1985, pp.387-404.

[6] Dyer, R. F. and F. H. Forman, "Group Decision Support with the Analytic Hierarchy Process", Decision Support Systems, vol.8, 1992, pp.99~124.

[7] Hannan, E. L., "An Eigenvalue Method for Evaluating Contestants", Computer and Operations Research, vol.10, No.1, 1983, pp.41-46.

[8] Hokey Min and Emanuel Melachrinoudis, "The Relocation of a Hybrid Manufacturing/Distribution Facility from Supply Chain Perspectives: a Case Study", Omega, vol.27, Issue 1, 1999, pp.75-85.

[9] Holguin - Veras, J., " Comparative Assessment of AHP and MAV in Highway Planning : Case Study", Journal of Transportation Engineering, vol.121, No.2, 1995, pp.191-200.

[10] Jensen, R. E., " An Alternative Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structure", Journal of Mathematical Psychology, vol.28, No.3, 1984, pp.317~332.

[11] Kamenetzky, R. D., "The Relationship between the Analytic Hierarchy Process and Additive Value Function", Decision Science, vol.13, No.4, 1982, pp.702~713.

[12] Kolman, B., Introductory Linear Algebra, Macmillan, New York, 1993.

[13] Melachrinoudis, E. and K. Rice, "The Prioritization of Technologies in a Research Laboratory", IEEE Transactions on Engineering Management, vol.38, No.3, August, 1991.

[14] Min, H., "Location Analysis of International Consolidation Terminals Using the Analytic Hierarchy Process", Journal of Business Logistics, vol.15, No.2, 1994, pp.25~45.

[15] OECD/NEA, The Economics of the Fuel Cycle, 1994.

[16] Olson, D. L., G. Fliedner and K. Currie, "Comparison of the REMRANDT System with Analytic Hierarchy Process", European Journal of Operational Research, vol.82, 1995, pp. 522-541.

[17] Saaty, T. L., "A Scaling Method of Priorities in Hierarchical Structures", Journal of Mathematical Psychology, vol.15, No.3 1997, pp.234-281.

[18] Saaty, T. L., "Highlights and Critical Points in the Theory and Application of the Analytic Hierarchy Process", European Journal of Operational Research, vol.74, 1994, pp.426-447.

[19] Saaty, T. L., "How to make a Decision : The Analytic Hierarchy Process", Interfaces, vol.24, No.6, NOV.-Dec. 1994, pp.19~43.

[20] Saaty, T. L., "Modeling Unstructured Decision Problems-The Theory of Analytical Hierarchies", Mathematic and Computers in Simulation, vol.20, No.3, 1978, pp.147~158.

[21] Saaty, T. L., "Priority Setting in Complex Problems", IEEE Transactions on Engineering Management, vol.30, No.3, 1983, pp.140~155.

[22] Saaty, T. L., "The Analytic Hierarchy Process", New york, McGraw-Hill, 1980.

[23] Saaty, T. L., and L. G. Vargas, "Inconsistency and Rank Preservation", Journal of Mathematical Psychology, vol.28, No.2, 1984, pp.205-214.

[24] Searle, S. R. and W. H. Hausman, Matrix Algebra for Business and Economics, Wiley - Interscience, New York, 1970.

[25] Sharif, M. N. and V. Sundararajan, "A Quantitative Model for the Evaluation of Technological Alternatives", Technological Forecasting and Social Change, vol.24, 1983, pp.15~29.

[26] Stan Lipovetsky and Asher Tishler, "Interval Estimation of Priorities in the AHP", European Journal of Operational Research, vol.114, Issue 1, 1999, pp.153-164.

[27] Vargas, L. G., "An Overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications", European Journal of Operational Research, vol.48, 1990.

[28] Waston, S. R. and A. N. S. Freeling, "Assessing Attribute Weights", Omega, vol.10, No.6, 1982, pp.582~583.

[29] Zahedi, F., "The Analytic Hierarchy Process : A Survey of the Method and its Applications", Interfaces, vol.16, July-Aug. 1986, pp.96~108.