

## 국가해양력시스템의 구조모델과 평가에 관한 연구(I)

임 봉 택\* · 이 철 영\*\*

### A Study on the Structural Model and Evaluation of National Maritime Power System(I)

*B. T. Lim · C. Y. Lee*

**Key Words** : 국가해양력시스템(National Maritime Power System), 구조모델(Structural Model), 인자분석법(Factor Analysis), 주성인분석법(PCA, Principle Component Analysis), 인자부하량(Factor Loading), 기본요소(Basic Factor), 복합요소(Component factor), 속성(Attributes).

#### Abstract

For composing the structure model of national maritime power system by system structural modelling, in this study, the 50 basic factors are selected by survey of the extensive and thorough literatures on maritime, sea, maritime power and sea power. And the basic factors are classified into 36 component factors by cluster method. The 9 attributes are extracted by the application of the principle component analysis method, one of the factor analysis method in system engineering, to component factors.

In this study, we define the attributes composing the national maritime power system by integrating the result of this study and existed our studies relating to this topic. Which are showed in Table 2. and we show the structure model of national maritime power system in Fig. 3. In Table 2, the 9 attributes are as follows: the fundamental power of maritime, shipping and port power, naval power, fishing power, shipbuilding power, the power of ocean research and development, dependency on seaborne trade, the protection power of ocean environment and the will and inclination of government. Also, in the case of evaluating this system, we conform the importance of considering the interactions among the attributes which have strong interactions in structure model of national maritime power system.

\* 정희원, 한국해양대학교 물류시스템공학과 대학원 박사과정

\*\* 정희원, 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수



평가치는 이 초공간 내에서 하나의 점으로 표현할 수 있으므로, 전부  $n$ 개의 점이 원점의 주위에 분포하게 된다. 여기서, 원점을 통과하는 하나의 직선을 가상하고  $n$ 개의 점으로부터 이것에 수직선을 내렸을 때, 수직선 길이의 제곱 합이 최소가 되는 축을 선정하면 이것이 주성인축이 된다. 예를 들어  $p$ 가 3인 경우,  $n$ 개의 점이 럭비공을 약간 편편하게 찌그려뜨린 등밀도 분포를 하고 있다고 하면, 가장 긴 쪽의 직선에 해당하는 축이 제 1주성인축이 된다. 다음으로, 이 축에 직교하는  $(p-1)$ 차원의 공간을 생각하고, 그 중에서 가장 긴 쪽 방향의 분포축을 구하면 이것이 제 2주성인축인데, 제 2주성인축은 제 1주성인축에 직교한다. 이하 같은 방법으로 다음의 주성인축을 결정하면 된다.

그런데, 제 1주성인축은 평가치의 산포도가 가장 큰 방향을 나타낸 것으로, 말하자면 평가치의 가장 큰 특징을 나타낸 것이라고 할 수 있다. 또, 제 2주성인축은 제 1주성인축을 제외한 경우에 최대의 특징을 나타낸 것이다. 이와 같이 순차적으로 주성인축을 결정해 가면, 초평면에 내렸던 수직선이 원점 부근에 모여와서 그 분포가 구에 가깝게 되고, 최장축을 가리는 것이 어렵게 된다. 따라서,  $p$ 개의 주성인 축을 모두 구할 필요는 없고,  $q$ 개 구한 정도로 중단하고 나머지는 불규칙 오차라고 보아도 좋다. 이것은 결국  $p$ 개의 변수를 갖는 원문제를 그 보다 적은  $q$ 개의 새로운 변수로 표현한 것이 된다.

한편, 제 1주성인축은 다음의 식(2)와 식(3)과 같이 표시된다.

$$\frac{x_1}{l_{11}} = \frac{x_2}{l_{12}} = \dots = \frac{x_p}{l_{1p}} \quad (2)$$

$$l_{11}^2 + l_{12}^2 + \dots + l_{1p}^2 = 1 \quad (3)$$

식(2)의  $l_{1i}$ 는 제 1주성인축의 기울기 계수이며 식(1)의 첫 번째 계수와 같다. 제 2주성인 이하도 제 1주성인과 같은 방법으로 표시된다.

실제로  $l_{ij}$  를 구하기 위해서는 다음과 같은 계산

을 행한다.

먼저,  $n$ 조의 평가치로부터 평가항목간의 상관행렬  $R$ 을 만든다. 상관행렬은  $x_i$ 와  $x_i$  와의 상관계수  $r_{ii}$ 를  $i$ 행  $i'$ 열의 요소로 하는 행렬이다.  $x$ 가 규준화되어 있는 경우에는  $x_i$ 가 분산·공분산 행렬과 일치한다. 이 경우, 상관행렬의 대각요소  $r_{ii}$ 는 모두 1이며, 그 합은  $p$ 가 된다.

$x_i$ 가 규준화되어 있지 않으면 다음과 같은 규준화 절차를 적용한다.

$$\text{평균} : \bar{X}_i = \sum_{a=1}^n X_{ia} / n \quad (4)$$

분산·공분산 :

$$V_{ii} = \sum_{a=1}^n (X_{ia} - \bar{X}_i)(X_{ia} - \bar{X}_i) / (n-1) \quad (5)$$

$$\text{상관계수: } r_{ii} = V_{ii} / \sqrt{V_{ii} V_{i'i}} \quad (6)$$

$$\text{단, } i = 1, 2, \dots, p, \quad i' = 1, 2, \dots, p$$

그런데, 상관행렬  $R$ 의 고유치를 크기 순으로  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ 라 하면, 이것은 다음 식을 만족한다.

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = p \quad (7)$$

$$\lambda_1 \geq \lambda_2, \dots, \geq \lambda_p \geq 0 \quad (8)$$

여기서,  $x_1, x_2, \dots, x_p$ 를 좌표축으로 하는  $p$ 차원의 공간에서 제  $j$ 주성인축에 있어서의 분산  $V[z_j]$ 는  $\lambda_j$ 와 같다. 이 사실을 이용하여  $q$ 의 값을 결정해 줄 수 있다. 즉,  $(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p) / p$  의 값이 0.6에서 0.8 정도 될 때의  $q$ 에서 중단한다면, 오차의 분산은 20~40% 정도 되므로 대체로 만족스럽게 된다.

$R$ 의 고유치  $\lambda_j$ 가 구해졌다면, 다음에는 그것에 대응하는 고유벡터  $[l_{j1}, l_{j2}, \dots, l_{jp}]$ 를 구한다.  $j=1 \sim q$ 에 있어서 각각의 벡터를 구하면 식(1)의 계수는 모두 구한 것이 된다.

주성인 사이는 서로 독립이나 주성인  $z_i$ 와 원래의 변수  $x_i$ 와의 상관관계는 식(9)와 같이 표시되는데, 이것을 인자부하량(FL, Factor Loading)이라고 한다.

$$FL = \sqrt{\lambda_j} \cdot l_{ji} \quad (9)$$

2.1.2 주성인의 해석

주성인 분석에 의해서 선형모델 식(1)의 해를 구하여도, 그로부터 구체적인 결과를 도출하는 과정이 수반되어야 효과가 있다.

여러 가지 해석방법이 있지만, 먼저 고려되어야 할 것은 인자부하량의 부호와 그 값을 고려한 주성인축의 해석이다.  $z_1$ 에 대하여  $l_{1j}$ 가 전부 정의 값을 갖는다면,  $x_1 \sim x_p$  중 어느 것이 증가하여도  $z_1$ 이 증가한다. 즉,  $z_1$ 이 대상 시스템의 전반적인 능력 특성을 표시하는 것으로 간주할 수 있다. 만약 부호가 동일하지 않다면, 정의 변수와 부의 변수를 그룹으로 나누어 인자부하량의 절대치가 비교적 큰 것에 주목한다면 주성인축의 의미가 분명해진다. 다음은 변수의 그룹화 문제이다. 변수끼리의 관련 강도는 다음과 같다. 우선, 두 개의 변수에 있어서는 상관행렬에서 관계계수의 절대치가 큰 것일수록 관련이 강하다는 것을 쉽게 알 수 있다. 그러나 몇 개의 변수가 서로 관련되어 있는지는 판단하기가 어렵다. 이 경우에는 적당한 2개의 주성인축(통상  $z_1-z_2$ , 또는  $z_2-z_3$ )으로 구성된 평면상에 변수의 인자부하량을 표시해 보면 좋다. 이렇게 하면, 주성인에 가깝도록 기여를 한 변수는 모여와서 그룹을 형성한다.

주성인분석은 곧바로 데이터 분석에 쓰기보다는 약간의 해석적 사고와 조합하는 편이 좋은 경우가 많다. 즉, 변수가 몇 개의 수준으로 구분되는 경우에는, 각 수준을 독립변수로 하여 주성인분석을 행함으로써, 수준과 성인과의 한계가 명확해지고 상호작용의 존재도 확실해진다. 또한, 가능하다면 데이터를 분석하기 전에 미리 분류하거나 정리하여 두고, 구하고 싶은 항목만 주성인분석하는 것도 중요하다.

2.2 국가해양력시스템의 속성

본 절에서는 2.1절에서 살펴본 주성인분석법을 이용하여 국가해양력시스템을 구성하는 속성을 추출해보고자 한다.

2.2.1 기본요소와 복합요소

본 연구에서는 해양 및 해양력과 관련된 전문서적들을 조사하여, 국가해양력시스템을 구성하고 있다고 판단되는 50개의 기본요소(basic factor)를 추출하였다. 그리고, 이 기본요소 중에서 서로 중복되거나 동일 또는 비슷한 속성을 갖는 것들을 그룹화하여 36개의 복합요소(component factor)로 분류하였다. Table 1은 ①번에서 ⑤⑥번의 복합요소를 나타낸 것으로, 순서상의 특별한 의미부여 없이 무작위로 나열된 것이다.

Table 1 Component factors composing the national maritime power system

① 국가 보유 선복량의 규모(SV)	⑩ 조선 인구(SN)
② 수·출입 물동량의 규모(CV)	⑪ 해양무역에 의한 GNP 창출 규모(GP)
③ 선원 수(CM)	⑫ 해군력 규모(NV)
④ 국제 정기선 Line 수(LN)	⑬ 해군 무기체계 및 작전능력(NW)
⑤ 국제 Main Trunk 상 위치 여부(MT) <sup>1</sup>	⑭ 해군 인원수(NN)
⑥ 선적 수 또는 부두 길이(BN)	⑮ 해양오염 방재능력(PA) <sup>4</sup>
⑦ 한만 비율 수준(PC)	⑯ 해양오염 방제제도(PS) <sup>5</sup>
⑧ 한만 서비스 수준(FS)	⑰ 해역의 크기(SE)
⑨ 어자원 규모(FV)	⑱ 해안선의 길이(CL)
⑩ 연간 어획량(FY)	⑳ 한만 입지 조건(HC)
⑪ 수산기술 수준(FT) <sup>2</sup>	㉑ 한만 배후지의 조건(HL)
⑫ 수산인구(FMI)	㉒ 국민성(PN) <sup>3</sup>
⑬ 어업생산성(FP)	㉓ 해양 문학 및 예술 수준(CA)
⑭ 해양자원의 규모(RV) <sup>3</sup>	㉔ 해양레포츠 시설 수준(MF)
⑮ 해양자원관련 연구자 수(RN)	㉕ 해양레포츠 인구(MN)
⑯ 해양 탐조사선 규모(RS)	㉖ 정부의 형태(GT) <sup>7</sup>
⑰ 연간 조선능력(SB)	㉗ 정부의 성격(GN) <sup>8</sup>
⑱ 조선기술 수준(ST)	㉘ 지리적 해양 접근 용이성(OA) <sup>9</sup>

1. 자국의 주요 항만의 국제 Main Trunk 상 위치 여부	5. 국가적 방제시스템의 정비 수준
2. 중앙식, 유통가공, 자원조성, 어로, 경영정보 등의 기술을 모두 포함	6. 해양의 가치와 중요성에 대한 국민의 인식 및 공감대, 해양적 기질 등
3. 광물, 에너지, 해수, 공간 등의 모든 자원을 포함	7. 정부 조직상 해양관련 조직의 위치 및 중요성
4. 선박, 장비, 기술 등을 포함한 방제 세력의 규모	8. 국가 의사결정자 또는 의사결정 그룹의 해양 지향적 성향
	9. In Bound & Out Bound

2.2.2 속성의 도출

여기에서는 국가해양력시스템을 구성하는 속성을 도출하기 위하여, 위의 복합요소를 대상으로 하여 2.1절에서 살펴본 PCA를 적용하도록 한다. 우



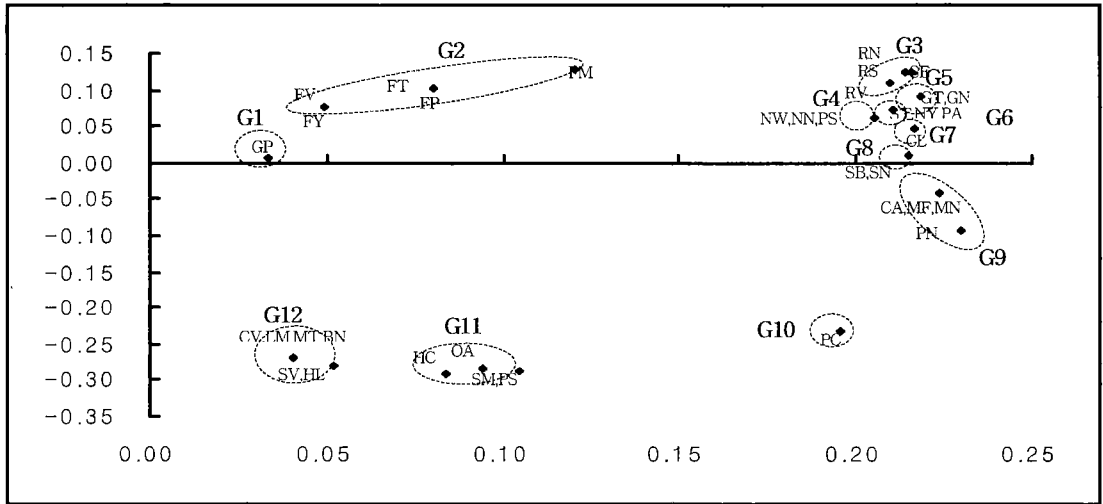


Fig. 2 A grouping result by PCA process with  $R'$

-3.42, 6.37, 11.28, 20.87이 된다. 그리고 고유벡터를 계산하여 둔다. 여기서, 산출된 고유치로부터 최대고유치를 갖는  $\lambda_{36}$ 과  $\lambda_{35}$ 를 제 1, 2주성인축으로 선택하고, 이것에 대응하는 고유벡터 값을 좌표평면 상에 기점하여 그룹화하면 Fig. 2를 얻을 수 있다.

Fig. 2에 의한 그룹화 결과를 살펴보면, 우선, G1, G2, G3, G8, G9는 해양무역에 의한 GNP 창출 규모, 수산, 해양개발, 조선, 해양기반 부문으로, G11, G12는 해운·항만 부문으로 각각 명확히 그룹화된다. 그리고, G4는 해군, G5는 정부, G6는 해양오염방제 부문을 중심으로 각각 그룹화될 수 있으나 여전히 그 경계는 명확하지 않다. 또한, G7이나 G10은 별도의 속성으로 분류될 만하지 않은 복합요소이나, 많은 복합요소와 상관관계를 맺고 있기 때문에 별도의 그룹으로 나타난 것이다.

Table 6에서, 제 1주성인인  $\lambda_{36}$ 과 제 2주성인인  $\lambda_{35}$ 의 고유치를 합하면 그 값이 32.15로 누적비율이 89%(32.15/36)에 이르기 때문에, Fig. 2로 표현된 주성인 1, 2는 상관행렬  $R'$ 의 특성을 잘 표현하고 있음을 알 수 있다.

또한, Fig 2에서도 G4에서 G7까지의 경계가 명

확하지 않기 때문에 또 한번의 PCA 절차를 생각해볼 수도 있으나, 그 결과는 복합요소들이 갖는 상관관계들이 대부분 무시되어 버리는 결과를 초래하기 때문에 바람직하지 않았다. 즉, 이 절차에 의하면 4개의 그룹으로 분류되는데, GNP 관련 부문, 해양기반력, 해운·항만 부문을 각각 명확히 분류되나, 나머지 6가지 속성이 하나의 그룹으로 분류되었다. 이 같은 결과는 이 그룹에 포함된 각 부문들이 상호관련성이 많기 때문이다.

이상의 분석절차에 의하여, 국가해양력시스템의 속성을 도출하기 위한 복합요소의 그룹화는 Fig. 2에 의한 결과가 가장 적절하다고 할 수 있다.

### 3. 결론

본 연구에서는 국가해양력시스템을 구성하고 있는 속성들을 도출하기 위하여, 우선, 50개의 기본요소를 문헌조사를 통하여 추출하고, 이들을 재분류하여 36개의 복합요소를 산출하였다. 다음으로는, 이들 복합요소를 대상으로 시스템 분석방법인 주성인분석법을 적용하여 그룹화 함으로써 최종적으

Table 2 The definition of attributes composing the national maritime power system

번호	속 성 명	속 성 설 명	구 성 복 합 요 소
1	해양기반력 (The fundamental power of maritime)	해양력이 건전하게 발전될 수 있는 자연적 조건과 해양문화적 발달기반에 관련된 요소들로 구성된 속성	국가소유 해역의 크기, 해안선의 길이, 항만 입지 조건, 항만 배후지의 조건, 국민성, 해양문화 및 예술의 발달 수준, 해양 레포츠 인구, 해양 레포츠 시설 규모, 지리적 해양 접근 용이성, 정부의 성격, 정부의 형태, 국가 소유 해양 자원의 규모 등
2	해운·항만력 (Shipping & port power)	해상운송력 및 항만의 발달과 관련된 요소들로 구성된 속성	국가 보유 선박량의 규모, 연간 조선능력, 조선기술 수준, 해양무역에 의한 GNP 창출 규모, 항만 입지조건, 항만 배후지의 조건, 국민성, 정부의 형태, 정부의 성격, 지리적 해양 접근용이성, 수·출입 물동량의 규모, 선원수, 자국 경유 국제 정기선 Line 수, 자국 주요 항만의 국제 Main Trunk 상 위치 여부, 선석 수 또는 부두 길이, 항만비용 수준, 제반 항만 서비스 수준 등
3	해군력 (Naval power)	해군의 임무 및 역할, 해군의 규모, 해군력 건설 등과 관련된 복합요소로 구성된 속성	해군력 규모(함정의 척수 및 톤수), 조선 기술 수준, 해군 무기체계 및 작전 능력, 국가 소유 해역의 크기, 해안선의 길이, 정부의 형태, 정부의 성격, 해군 구성원 수, 선박량, 선원 수 등
4	수산력 (Fishing power)	수산물의 획득, 증·양식, 관련 기술 수준, 어업 생산성 등의 복합요소로 구성된 속성	국가소유 수산 자원의 규모, 연간 어획량, 수산관련 기술 수준, 수산 인구, 어업 생산성, 해양 자원 개발 여건 및 기술 수준, 해양관련 연구소 및 연구자 수, 해양 탐사 및 조사선 규모 및 능력, 국가소유 해역의 크기, 해안선의 길이, 해양오염 방제 능력, 국민성 등
5	조선력 (Shipbuilding power)	복합요소 중 조선산업과 관련된 속성들로 구성된 속성	연간 조선능력, 선박량, 조선 기술 수준, 조선관련 인구, 해양무역에 의한 GNP 창출 규모, 해군 무기체계 및 작전능력, 해양 탐사 및 조사선 규모 및 능력 등
6	해양개발능력 (The power of ocean research & development)	해양자원(광물, 에너지, 해수, 공간)의 개발, 보존 등과 관련된 여건과 기술 수준 등을 나타내는 복합요소로 구성된 속성	해양자원의 개발 여건 및 기술 수준, 수자원 규모, 어획량, 수산관련 기술의 수준, 어업생산성, 해양관련 연구소 및 연구자 수, 해양 탐사 및 조사선 규모 및 능력, 해양무역에 의한 GNP 창출 규모, 국가 소유 해역의 크기, 해안선의 길이, 해양오염 방제 능력, 해양오염 방제 관련 제도의 정비 수준, 국민성, 정부의 형태, 정부의 성격, 조선 기술 수준 등
7	해양무역의존도 (Dependency on seaborne trade)	해양무역에 의해서 창출되는 경제적 국가이익과 관련된 복합요소들로 구성된 속성	해양무역에 의한 GNP 창출 규모, 국가 보유 선박량의 규모, 수·출입 물동량의 규모, 자국 경유 국제 정기선 Line 수, 자국 주요 항만의 국제 Main Trunk 상 위치 여부, 선석 수 또는 부두 길이, 항만비용 수준, 제반 항만 서비스 수준, 항만 입지조건, 항만 배후지의 조건, 국민성, 정부의 형태, 정부의 성격, 지리적 해양접근 용이성 등
8	해양환경보호력 (The protection power of ocean environment)	해양환경보호를 위한 능력이나 제도 등과 관련된 복합요소들로 구성된 속성	어획량, 어업생산성, 해양관련 연구소 및 연구자 수, 해양오염 방제 능력, 해양오염 방제 관련 제도의 정비 수준, 정부의 형태, 정부의 성격 등
9	정부 (The will and inclination of government)	정부의 형태와 정부의 성격 등과 같이 국가 의사결정 계층의 해양지향적 성향이나 의지에 의해서 영향을 받는 복합요소로 구성된 속성	국가 보유 선박량의 규모, 해양관련 연구소 및 연구자 수, 해양 탐사 및 조사선 규모 및 능력, 해양무역에 의한 GNP 창출 규모, 해군력 규모, 해군 무기체계 및 작전 능력, 해군 구성원 수, 해양오염 방제 능력, 해양오염 방제 관련 제도의 정비 수준, 국민성, 정부의 형태, 정부의 성격 등

로 9개의 속성들을 도출할 수 있었다.

본 연구에 의한 결과에 본 연구자들이 기존에 연구했던 결과[4]들을 종합하여 정리하면, 국가해양력시스템을 구성하고 있는 속성들을 다음의 Table

2와 같이 정의 할 수 있다. Table 2에서 밑줄로 표시된 것은 해당 속성을 구성하는 중요한 복합요소를 나타낸 것이다.

한편, Table 2와 2.2절의 분석과정을 통한 결과를

토대로 국가해양력시스템의 구조모델을 도식화하면 Fig. 3과 같이 나타낼 수 있다.

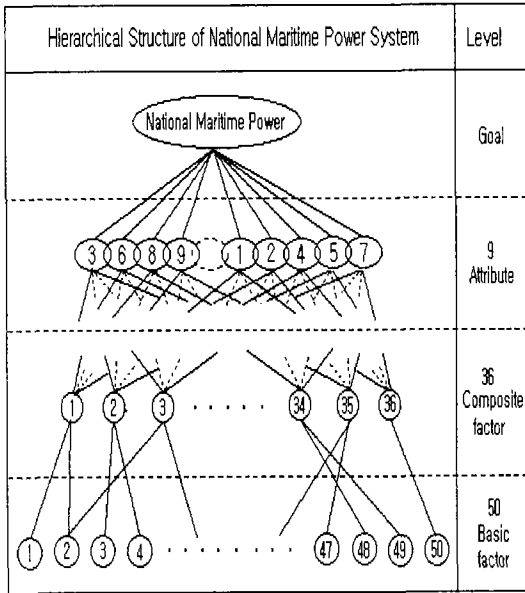


Fig. 3 A hierarchical structure model of national maritime power system

Fig. 3을 살펴보면, 속성간의 중복성(interaction)을 고려하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다. 즉, 기본요소계층에서 복합요소계층으로 그룹화 될 때는 중복성이 미미하거나 없을 수 있지만, 복합요소계층에서 속성계층으로 그룹화 될 때는 대다수의 복합요소가 대부분의 속성들에 공통으로 포함되는 경우가 많다. 다시 말해, 속성간의 중복작용이 심하게 나타난다는 것이다. Table 2에서 해양기반력이나 정부속성을 구성하는 주 복합요소들은 거의 모든 속성에 공통으로 포함된다. 또한, 그림의 속성계층에서 가운데 점선 원을 기준으로 2부분으로 경계를 설정한 것은 Fig. 2의 분석에 기초한 것으로, 우측의 속성들은 해양기반력을 중심으로 뚜렷이 그룹화가 되고, 좌측의 속성들은 정부속성에 의하여 많은 영향을 받기 때문에 속성들이 밀집되어 나타난 것을 보이기 위해서이다.

이상과 같이, 국가해양력시스템을 구성하는 속성들은 상호중복성이 강한 구조모델로 구성되어 있기 때문에, 이 시스템을 평가할 때에도 반드시 속성간의 상호중복작용을 고려하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다.

(\* 본 연구와 관련된 후속 연구내용은 본 연구결과에 기초하여 세계 주요 20개 국가의 해양력을 실제로 평가해 보는 것이다. 이에 대한 결과는 다음 호에 발표할 예정이다)

### 참고문헌

- 1) 김진현·홍진용, "해양 21세기", (주)나남출판, 1998.
- 2) 부산일보, "바다, 우리의 미래", 1998. 5. 29(금) 제 8면.
- 3) 해양수산개발원·부산발전연구원·경남개발연구원, "부산·경남지역 「21세기 해양정책포럼」", 1999. 7.
- 4) 임봉택·이철영, "해양력 평가를 위한 해양력의 개념과 속성에 관한 연구", 한국항만학회지 제 11권 제 2호, 1997. 12.
- 5) 임인수, "해양전략의 기본개념 연구", 해양전략 제 88호, 해군대학, 1995.
- 6) 이영혁·김세영, "해운산업이 국민경제 미치는 영향", 해운산업연구원, 1993.
- 7) Alfred. T. Mahan, "The Influence of Sea Power Upon History, 1660-1783", Boston, Little, Brown and Co. 1947.
- 8) Luc Cuyves, "Sea power; a global journey", Central Television Enterprise Limited, US, 1993.
- 9) "The Times Atlas of the Oceans", London, Times Books Limited, 1983.
- 10) The Sejong Institute, "Sea Power and Korea in the 21st Century; Proceeding of the 3rd International Sea Power Symposium", 1994.
- 11) 寺野壽郎, "시스템工學入門", 共立出版株式會社, 1985.