

해상테러 위험요소의 구조와 우선순위 분석

장운재* · 금종수**

*목포해양대학교대학원, **목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

An Analysis on Structure of Risk Factor for Maritime Terrorism using FSM and AHP

Woon-Jae Jang* · Jong-Soo Keum**

*Graduate school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

**Division of Maritime transportation system, Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

요약 : 전 세계는 테러리스트에 의한 세계무역센터의 공격으로 인해 테러로부터의 안전과 보호를 강화하기 위해 초점이 맞추어져 있다. 본 연구는 해상테러 위험요소의 구조와 우선순위를 분석하고자 한다. 이를 위해 먼저 테러의 유형과 사례를 토대로 브레인스토밍법을 이용하여 해상테러 위험요소를 추출하였고, 퍼지구조모델법을 이용하여 위험요소를 그래프로 구조화 하였으며, 계층분석법을 이용하여 위험요소간의 우선순위를 분석하였다. 그 결과 외부영향이 가장 큰 것으로 나타났다.

핵심용어 : 테러리즘, 해상테러 위험요소, 브레인스토밍법, 퍼지구조모델, 계층분석법

Abstract : Since the destruction of World Trade Center the attention of the united States and the wider international community has focussed upon the need to strengthen security and prevent terrorism. This paper suggests an analysis prior to risk factor and structure for anti-terrorism in the korean maritime society. For this, in this paper, maritime terror risk factor was extracted by type and case of terror using brainstorming method. Also, risk factor is structured by FSM method and analyzed for ranking of each risk factor by AHP. At the result, the evaluation of risk factor is especially over maximum factor for related external impact.

Key words : terrorism, maritime terror risk factor, FSM(Fuzzy Strucure Modeling), brainstorming method, AHP(analytic hierarchy processing)

1. 서 론

지난 2001년 9월 11일 뉴욕에서 발생한 항공기 테러사건은 이후로 국제사회는 테러의 심각성을 인식하고 대테러운동을 전개하기 시작하였으며 선박 및 항공시설에 대한 대테러 대응체계 구축의 필요성을 인식하였다. 이에 따라 해양보안 대책으로 ISPS(International Airip and Port facility Security)code를 제정하였으며, 2004년 7월 1일부터 ISPS Code가 전 세계적으로 발효되었다. 따라서 국제항해에 종사하는 모든 여객선 및 500톤 이상의 화물선은 적법한 국제선박 보안증서를 소지해야하고, 국제항해에 종사하는 선박들이 이용하는 항만시설은 항만시설 보안증서를 소지해야 하는 등 테러를 예방하기 위한 노력을 계속하고 있다(조, 2003).

우리나라는 수출입물동량의 99%이상을 항만을 통해 수송하고 있어 해상에서의 테러사태 발생시 경제적 사회적 손실은 매우 크다고 할 수 있다.

따라서 이러한 해상에서 테러에 대한 예방과 방지정책을 수립하기 위해서는 테러에 대한 어떠한 위험이 있는지에 관

한 테러 위험요소의 선정과 선정된 요소간의 유기적인 결합 관계를 파악할 필요가 있다.

본 연구에서는 Brainstorming법에 의해 해상테러에 대한 위험요소를 추출하였다. 한편, 추출된 테러 위험요소는 많은 요소들이 상호 복잡하고 유기적으로 관계하기 때문에 진문가의 직관에 의하여 정성적으로 분석하는 데에는 한계가 있다. 따라서 이들 요소를 정량적으로 분석하여 시스템을 구조화하는 방법으로 ISM법이 널리 알려져 있다(금 등, 2001). 그러나 ISM법은 하나의 구조그래프를 그릴 수 있는데 반해 ISM법에 퍼지이론을 도입한 방법인 FSM법(Fuzzy Strucure Modeling)은 여러 개의 구조그래프를 그릴 수 있으므로 보다 현실성을 반영한 것이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서도 FSM법을 이용하여 테러 위험요소에 대한 구조를 분석하고자 한다.

한편, 모든 테러위험 요소에 대해 전부 대응한다는 것은 막대한 예산이 소요되므로 현실적인 정책으로 적용하기 위해서는 이들 요소간의 우선순위를 선정할 필요가 있다. 본 연구에서는 인간의 의식을 계층구조의 형태로 분석하여 의사결정을 보다 용이하게 하는 방법으로 널리 알려진 AHP법(Analytic Hierarchy Processing)을 이용하여 중요도를 산출하여 테러 위험요소간의 우선순위를 결정하고자 한다.

* 정회원, jwj98@mmu.ac.kr 061)240-7151

** 종신회원, jskeum@mmu.ac.kr 061)240-7075

2. 이론적 배경

2.1 구조분석을 위한 요소의 선정

테러의 위험을 표현하는 핵심요소의 선정을 위해서는 우선적으로 테러에 대한 사례와 위협형태에 대한 고찰을 할 필요가 있다.

해운에서의 테러에 대한 사례는 다음과 같다(해양한국, 2004).

2003년 3월 26일 오전 3시 인도네시아의 수마트라 앞바다를 항해하던 케미컬 탱커 '데위 마드림(Dewi Madrim)'호는 고속 모터보터를 타고 기관총과 대검으로 중무장한 10명의 해적에 의해 납치되었다. 이 해적들은 한 시간 넘게 선박의 침로와 속력을 변경하는 등 직접 선박을 조종해보고 선장과 항해사를 납치해 갔다. 그 후 해적들은 두 사람의 몸값을 요구하지 않고 있어 항해술을 학습할 목적으로 납치사건을 벌인 것으로 추정된다. 이 사건은 플로리다 비행학교에서 항공기 조종술을 익혔던 9.11 테러범들의 형태와 같은 것으로 볼 수 있다.

또 알 카에다 조직과 연계된 필리핀의 아부 사이야프(Abu Sayyaf) 집단은 2000년에 사바 휴양지 호텔에서 심해 잠수기술을 가진 정비기사를 납치해 갔다가 지난해 6월에 석방했다. 이 정비기사는 그동안 납치범들에게 잠수기술을 교습했다고 한다.

테러리스트와 결탁한 것으로 보이는 해적들의 예인선 도난사건이 10건 정도 발생했고, 이는 싱가포르와 같이 인구와 선박이 밀집한 항구도시에 납치된 유조선을 예인해 폭발시키는데 사용하기 위한 것으로 추정되고 있다.

선박이 알 카에다 자살 폭탄에 의한 해상공격 대상이라는 것은 이미 예멘에서 실증되었다.

2000년 10월 12일 아덴항에 정박하고 있던 미국군함 콜(USS Cole)호에서 고속 모터보터를 이용한 자살폭탄 공격을 받아 17명의 수병이 사망하는 사건이 일어났다. 동일한 방법으로 2002년 10월 6일 아덴항 앞바다에서 프랑스 유조선 램부르(limburg)호가 원유 30만 배럴을싣고 가다가 테러공격을 받고 1명이 사망하고 10만 배럴의 원유가 유출되는 사고가 발생했다.

2003년 6월 그리스 당국은 지중해에서 발틱 스카이(Baltic Sky)호를 나포했다. 이배는 수단의 가공수하인 앞으로 가는 8,000개의 기폭장치와 주로 질산암모늄으로 된 680톤의 폭약을싣고 있었다. 질산암모늄은 광산의 폭약과 아시아 농경지의 비료로 이용되는 물질로 작년 10월 밴(Van)을 이용한 인도네시아 발리섬의 나이트클럽 폭파와 2003년 6월 자카르타의 매리오트(Marriot)호텔 폭파에도 모두 질산암모늄이 사용되었다. 지금 알카에다 조직은 방사성 폭탄의 입수에 혈안이 되어 있는 것으로 알려져 있다.

한편, 해운에 대한 테러리스트의 위협은 세가지의 형태로 나타날 것으로 예상하고 있다(해양한국, 2004).

- 1) 폭탄이나 기타의 무기를 선박을 이용하여 항구에 반입
- 2) 선박을 손상시켜 해양을 오염시키거나 선박의 항행을 방해

- 3) 선박을 '떠나는 폭탄'으로 전환시킴

미국의 랜드 연구소는 '해상보안; 글로벌 해상컨테이너 해운시스템의 개선책'이라는 보고서에서 '컨테이너를 이용한 테러리스트들의 잠재적 위협'에 대해 언급하고 있으며 해상화물 컨테이너를 대량살상무기(WMD)의 미국 국내 반입용기로 사용할 수 있고 동시에 컨테이너 자체를 공격용 무기로 사용할 수 있다고 지적했다.

또 OECD산하 해사위원회의 '해상운송에서의 보안: 위협요소와 경제적 영향'이라는 보고서에서 컨테이너화물, 벌크화물, 선박, 사람, 자금, 외부영향 등의 위협요소가 경제에 미치는 영향을 분석하였다(해사위원회, 2003).

따라서 이러한 테러에 대한 사례와 위협형태를 토대로 Brainstorming법에 의해 요소를 추출한 결과 18개의 해상테러 위협요소를 추출할 수 있다.

2.2 FSM법과 AHP법

1) FSM법

대상시스템을 $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ 로 하고, 추출된 요인간 종속관계를 표시하는 행렬로서 퍼지종속행렬 A를 식(1)과 같이 정의한다(양 등, 2003; 天笠美知夫, 1989).

$$A = [a_{ij}] \quad (1)$$

여기서, 행렬 A는 $n \times n$ 행렬이고, 그 요소 a_{ij} 는 식(2)의 퍼지 2항관계로 나타낸다.

$$a_{ij} = f_r(s_i, s_j), 0 \leq a_{ij} \leq 1 \quad (2)$$

여기서, a_{ij} 는 요인 s_i 가 s_j 에 종속하는 정도를 표시한 것이고, f_r 이란 집합 S의 요소간의 퍼지2항관계에 관한 멤버쉽 함수를 의미하며, f_r 과 f_r^- 는 각각 식(3)과 같이 정의된다.

$$f_r : S \times S \rightarrow [0, 1] \quad (3)$$

$$f_r^- : S \times S \rightarrow [0, 1]$$

또한, f_r 과 f_r^- 의 관계는 식(4)와 같다.

$$f_r^- = \frac{(1 - f_r)}{(1 + \lambda f_r)}, -1 < \lambda < \infty \quad (4)$$

구조모델을 구성하기 위한 알고리즘을 정리하면 다음과 같다.

[단계1] 퍼지종속행렬 $A = [a_{ij}]$ 가 주어지면, A로부터 다음

의 [정의 1],[정의 2],[정의3]을 만족하는 행렬 A' 를 만든다.

역시 p 를 미리 주어진 반개구간(0,1]의 실수라 할 때, f_r 에 대해 다음과 같이 정의한다.

[정의1] $\forall (s_i, s_j) \in S \times S$ 에 대해서 $f_r(s_i, s_j) \leq p$ 가 만족되어지면 퍼지 비반사율이 성립한다.

[정의2] $\forall (s_i, s_j) \in S \times S, (i \neq j)$ 에 대해서 $f_r(s_i, s_j) < p$ 혹은 $f_r(s_j, s_i) < p$ 적어도 어느 한 쪽이 성립하면 퍼지 비대칭율이 성립된다.

[정의3] $\forall (s_i, s_j), (s_j, s_k), (s_i, s_k) \in S \times S (i \neq j, j \neq k,$

$i \neq k)$ 에 대해서, $M = \bigvee_{j=1}^n (f_r(s_i, s_j)) \wedge (f_r(s_j, s_k)) \geq p$ 일 때, $f_r(s_i, s_k) \geq M$ 이 만족되면 퍼지 반추이율이 성립한다.

[단계2] 역시 p 에 의하여 A' 에서 레벨집합을 구한다. 레벨집합은 대상시스템 S 의 요소가 어떤 계층에 속하는지, 계층과 계층간의 결합관계를 부여하는 “최상층레벨집합 $L_t(s)$ ”, “중간레벨집합 $L_i(s)$ ”, “최하층레벨집합 $L_b(s)$ ”, “독립레벨집합 $L_{is}(s)$ ”는 각각 식(5)와 같이 정의된다.

$$L_t(s) = \{s_k \mid \bigvee_{j=1}^n a_{kj} < p \leq \bigvee_{i=1}^n a_{ik}\} \quad (5)$$

$$L_i(s) = \{s_k \mid p \leq \bigvee_{i=1}^n a_{ik}, p \leq \bigvee_{j=1}^n a_{kj}\}$$

$$L_b(s) = \{s_k \mid \bigvee_{i=1}^n a_{jk} < p \leq \bigvee_{j=1}^n a_{kj}\}$$

$$L_{is}(s) = \{s_k \mid \bigvee_{i=1}^n a_{ik} < p, \bigvee_{j=1}^n a_{kj} < p\}$$

[단계3] 수정행렬 A' 구성

각 요소간의 종속관계를 구조분석하기 위하여 단계2에서 구해진 $L_t(s)$ 의 행과 $L_b(s)$ 의 열, $L_{is}(s)$ 의 행과 열을 제거하고 남은 행과 열로 A' 를 다시 구성한다.

[단계4] 단일계층행렬의 구성

단계 3에 의해서 재구성된 A' 로부터 블록집합 Q_j 에 따라 단일계층행렬 $A^{(j)}$ 를 만든다.

[단계5] 구조화그래프의 작성

퍼지 구조파라미터 λ 를 정하여 단일계층행렬 $A^{(j)}$ 에 관한 구조그래프를 구성한다. 여기서 s_j 에 대한 정칙행을 s_{ik} (단, $k=1,2,\dots,n'$)라 할 때 s_{ik} 는 식 (6)의 연산에 의해 $a \cdot j$ 는 $a \cdot j^*$ 로 치환되어 소거되고, s_j 에 직접 종속된 요소가 결정되

어 구조그래프를 구할 수 있게 된다. 여기서, []은 열벡터를 표시한다.

$$[a_j^*] = [a \cdot j] \wedge [\overline{a \cdot i1}] \wedge \cdots \wedge [\overline{a \cdot in'}] \quad (6)$$

2) AHP법

계층분석법은 복잡한 평가대상을 계층구조의 형태로 분석함으로써 의사결정을 보다 용이하게 하고자 하는 목적으로 널리 사용되고 있다(금 등, 2001).

계층분석법은 불분명한 선택문제에 있어서 문제를 계층적으로 분석하여 평가할 수 있고, 정성적인 특성들을 정량적인 판단기준에 따라서 평가하고, 다수의 전문가들의 의견을 반영함으로써 보다 객관적이고 일관적인 평가를 할 수 있는 이론이다. 이 이론의 핵심은 각 단계의 요소들 사이의 중요도를 결정하는 과정과 척도라고 할 수 있다. 중요도는 동일한 단계의 두 개의 요소들을 쌍대 비교하여 얻을 수 있다. 사물이나 형상에 대한 인간의 사고를 9개의 등급으로 나누고 유연성 있는 가중치를 산출하고, 일관성 검증을 통해 주관적으로 결정한 중요도에 대한 논리적 일관성을 확인한 후 가중치를 적용하는 방식이다. 이러한 일관성 검정은 피처버그 주립대학의 Tomas L. Satty 교수에 의해 제안되었으며 일관성 지표(C.I.)와 일관성 비율(C.R.)에 의해 표현되며 통상 C.I. 와 C.R.값이 0.1이하의 값을 가질 때, 일관성이 있는 것으로 검증된다(Satty, 1980).

이상 기술한 FSM법과 AHP법에 의해 테러위험 요소의 구조분석과 우선순위 결정을 위한 절차는 Fig.1과 같은 흐름도로 나타낼 수 있다.

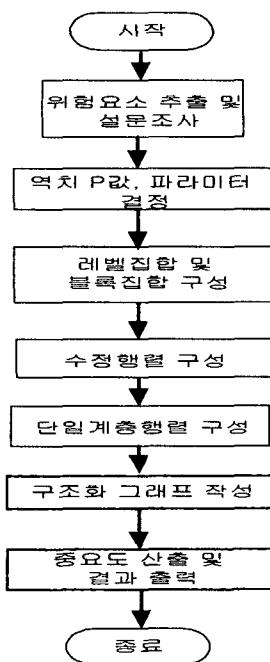


Fig.1 Flow chart for evaluation model of Risk Level

3. 테러위험요소 구조분석과 우선순위 결정

3.1 설문의 평준화

본 연구에서는 Brainstorming법에 의해 추출한 18개의 항목에 대하여 S_i 는 S_j 보다 어느 정도 중요한가를 설문대상자에게 판단하게 하여, 설문란 a_{ij} 에 평지치 $[0, 1]$ 로 기입하게 하였다. 설문의 대상자는 선박 운항자(항해사 이상), 대학(교수, 대학원생)그룹으로 하였으며, 총 50명 중 30명을 회수하였다. 이때 회수한 설문에 해당하는 종속행렬은 $A^k = [a_{ij}^k]_{18 \times 18}$ ($k = 1, 2, \dots, 30$)로 표현할 수 있다. 이를 $A^k = [a_{ij}^k]_{18 \times 18} = [\sum_{k=1}^{30} a_{ij}^k / 30]_{18 \times 18}$ 로서 평준화하면 행렬 A와 같은 평지 종속행렬을 획득할 수 있다. Table 1은 테러위험 요소의 번호와 내용을 나타내고 있다.

Table 1 Risk factor of terror

요소번호	내용
1	테러위험요소
2	화물과 관련된 요소
3	선박과 관련된 요소
4	사람과 관련된 요소
5	자금과 관련된 요소
6	외부영향에 관련된 요소
7	화물로 위장하여 사람, 무기 반입
8	화물로 위장하여 생화학 물자 반입
9	선박 자체를 무기로 이용
10	타선박을 테러하기 위하여 선박을 이용
11	선박을 침몰시켜 해상교통의 혼란 방해
12	사고를 유발시키기 위해 선원을 협박
13	테러리스트로 활동을 위해 선원으로 위장
14	테러활동을 위해 선박을 불도로 자금을 확보
15	테러조직의 활동을 위해 불법자금 수송
16	인명·재산상의 손실
17	무역거래의 중단
18	테러 안전성 확보를 위해 수송비 추가 부담

A =

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
S1 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	S2 0.22 0.21 0.41 0.11 0.24 0.30 0.31 0.23 0.32 0.34 0.32 0.32 0.34 0.33 0.47 0.49 0.47	S3 0.32 0.30 0.42 0.13 0.31 0.23 0.32 0.33 0.31 0.31 0.33 0.32 0.34 0.21 0.46 0.45 0.47	S4 0.25 0.31 0.33 0.09 0.12 0.23 0.32 0.21 0.31 0.21 0.21 0.24 0.25 0.32 0.28 0.46 0.47 0.46	S5 0.32 0.33 0.31 0.42 0.09 0.31 0.23 0.33 0.35 0.35 0.25 0.31 0.32 0.32 0.35 0.37 0.48 0.46 0.49	S6 0.53 0.13 0.21 0.41 0.12 0.00 0.32 0.24 0.37 0.35 0.31 0.34 0.36 0.28 0.34 0.32 0.25 0.31	S7 0.33 0.45 0.27 0.32 0.15 0.37 0.00 0.39 0.21 0.34 0.32 0.33 0.42 0.41 0.21 0.22 0.32 0.23	S8 0.32 0.46 0.33 0.31 0.21 0.48 0.31 0.00 0.24 0.37 0.31 0.34 0.44 0.42 0.37 0.40 0.41 0.42	S9 0.21 0.12 0.46 0.33 0.12 0.43 0.37 0.25 0.00 0.40 0.46 0.34 0.21 0.37 0.24 0.41 0.40 0.43	S10 0.32 0.21 0.47 0.34 0.12 0.32 0.34 0.21 0.38 0.00 0.32 0.43 0.34 0.39 0.20 0.40 0.42 0.41	S11 0.35 0.32 0.49 0.21 0.13 0.24 0.33 0.37 0.24 0.26 0.00 0.33 0.35 0.33 0.24 0.32 0.25 0.31	S12 0.37 0.15 0.21 0.45 0.11 0.35 0.38 0.21 0.35 0.24 0.48 0.00 0.21 0.23 0.27 0.34 0.31 0.27	S13 0.32 0.44 0.35 0.47 0.10 0.23 0.45 0.24 0.22 0.24 0.33 0.31 0.00 0.45 0.33 0.42 0.41 0.41	S14 0.24 0.32 0.34 0.34 0.16 0.37 0.35 0.34 0.28 0.31 0.34 0.30 0.32 0.00 0.38 0.38 0.27 0.26	S15 0.35 0.24 0.37 0.33 0.15 0.34 0.21 0.26 0.37 0.28 0.34 0.31 0.33 0.23 0.00 0.40 0.43 0.44	S16 0.44 0.35 0.25 0.34 0.11 0.46 0.32 0.34 0.31 0.21 0.34 0.32 0.21 0.31 0.28 0.00 0.35 0.36	S17 0.43 0.31 0.32 0.34 0.15 0.47 0.35 0.35 0.35 0.32 0.31 0.33 0.39 0.35 0.34 0.29 0.00 0.38	S18 0.44 0.31 0.35 0.31 0.14 0.45 0.28 0.32 0.23 0.32 0.33 0.34 0.27 0.22 0.26 0.31 0.37 0.00

3.2 FSM법에 의한 시스템 구조동정

1) 레벨집합 및 블록집합의 구성

역치 P값의 결정은 퍼지행렬 A에 대하여 퍼지 비반사율, 퍼지 비대칭율을 만족시키도록 결정해야한다. 이때 결정된 역치 P값의 의미는 역치 이하의 값은 종속관계가 없다는 것을 가정하며, 역치 P값에 의해 레벨수가 변화할 수도 있으며, 범위는 반폐구간(0,1]의 실수로 설정하여야 함을 나타낸다. P값의 결정은 반복적으로 P값을 대입하여 가장 구조가 적정하다는 수준에서 결정하는 것이 일반적이다. 따라서 본 연구에서도 반복적으로 값을 대입한 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 역치 P값이 0.5이상인 경우 $L_b(s)$ 층이 거의 대부분 존재하여 구조를 파악하기가 어렵고, 역치 P값이 0.4미만인 경우 $L_i(s)$ 층의 분화가 미진하여 구조를 파악하기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 가장 분화가 잘된 역치 P = 0.45를 채택한다.

Table 2 Level and Block Set

P Value	Level set/ Block set	
P(0.40)	Level set	$L_t(s)$ S_1
		$L_b(s)$ S_8, S_9, S_{15}
		$L_i(s)$ $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{16}, S_{17}, S_{18}$
		$L_{is}(s)$ $\{\emptyset\}$
	Block set	$S_i \in L_b(s)$ $B(S_i) \subset L_t(s)$
		S_8, S_9, S_{15} S_1
P(0.45)	Level set	$L_t(s)$ S_1
		$L_b(s)$ $S_8, S_9, S_{10}, S_{13}, S_{15}$
		$L_i(s)$ $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_{11}, S_{12}, S_{14}, S_{16}, S_{17}, S_{18}$
		$L_{is}(s)$ $\{\emptyset\}$
	Block set	$S_i \in L_b(s)$ $B(S_i) \subset L_t(s)$
		$S_8, S_9, S_{10}, S_{13}, S_{15}$ S_1
P(0.50)	Level set	$L_t(s)$ S_1
		$L_b(s)$ $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{15}, S_{16}, S_{17}, S_{18}$
		$L_i(s)$ $\{\emptyset\}$
		$L_{is}(s)$ $\{\emptyset\}$
	Block set	$S_i \in L_b(s)$ $B(S_i) \subset L_t(s)$
		$S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{15}, S_{16}, S_{17}, S_{18}$ S_1

2) 구조동정

행렬 A에서 불필요한 행과 열을 소거한다. 즉, 최상층 레벨집합에 해당하는 S_1 의 행, 최하층 레벨집합에 해당하는 $S_8, S_9, S_{10}, S_{13}, S_{15}$ 의 열을 소거하여 행렬 A^2 를 구성한다.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S11	S12	S14	S16	S17	S18
S2	0.22	0.00	0.21	0.41	0.31	0.24	0.30	0.34	0.32	0.34	0.47	0.49	0.47
S3	0.32	0.32	0.00	0.42	0.33	0.31	0.23	0.31	0.33	0.34	0.46	0.45	0.47
S4	0.25	0.31	0.33	0.00	0.32	0.23	0.32	0.21	0.24	0.32	0.46	0.47	0.46
S5	0.32	0.33	0.31	0.42	0.00	0.31	0.23	0.31	0.32	0.35	0.48	0.46	0.49
S6	0.53	0.13	0.21	0.41	0.32	0.00	0.32	0.31	0.34	0.28	0.32	0.25	0.31
S7	0.33	0.45	0.27	0.32	0.25	0.37	0.00	0.32	0.33	0.41	0.22	0.32	0.23
S8	0.32	0.46	0.33	0.31	0.21	0.48	0.31	0.31	0.34	0.42	0.40	0.41	0.42
S9	0.21	0.12	0.45	0.33	0.22	0.43	0.37	0.46	0.34	0.37	0.41	0.40	0.43
S10	0.32	0.21	0.47	0.34	0.32	0.32	0.34	0.32	0.43	0.39	0.40	0.42	0.41
S11	0.35	0.32	0.49	0.21	0.33	0.24	0.33	0.00	0.33	0.33	0.32	0.25	0.31
S12	0.37	0.15	0.21	0.45	0.31	0.35	0.38	0.48	0.00	0.23	0.34	0.31	0.27
S13	0.32	0.44	0.35	0.47	0.40	0.23	0.45	0.33	0.31	0.45	0.42	0.41	0.41
S14	0.24	0.32	0.34	0.34	0.46	0.37	0.35	0.34	0.30	0.00	0.38	0.27	0.26
S15	0.35	0.24	0.37	0.33	0.45	0.34	0.21	0.34	0.31	0.23	0.40	0.43	0.44
S16	0.44	0.35	0.25	0.34	0.21	0.46	0.32	0.34	0.32	0.31	0.00	0.35	0.36
S17	0.43	0.31	0.32	0.34	0.35	0.47	0.35	0.31	0.33	0.35	0.29	0.00	0.38
S18	0.44	0.31	0.35	0.31	0.24	0.45	0.28	0.33	0.34	0.22	0.31	0.37	0.00

행렬 $A^{(k)}$ 의 행 또는 열이 $a_{ij}^{(k)} \geq P$ 를 만족하는 단일 요소 $a_{ij}^{(k)}$ 만을 포함하는 행 또는 열을 정칙행이라 하고 정칙행 및 열을 그래프 위에 올리면 그 행과 열은 소거할 수 있다. 예를 들어 A^2 행렬에서 S_1 에 대한 정칙 행을 구하면 S_6 이다. 따라서 S_1 열은 보집합 연산을 하여 교체 투입한다. 이러한 보집합 연산 시 λ 의 값은 $-1 < \lambda < \infty$ 범위 내에서 결정하게 되는데 본 연구에서는 λ 의 값을 여러 번 축차 대입하여 가장 구조에 잘 적합하다고 여겨지는 값인 -0.3 으로 하였다. 이러한 순으로 종속관계를 그래프로 표시하면 Fig. 2와 같이 나타낼 수 있다.

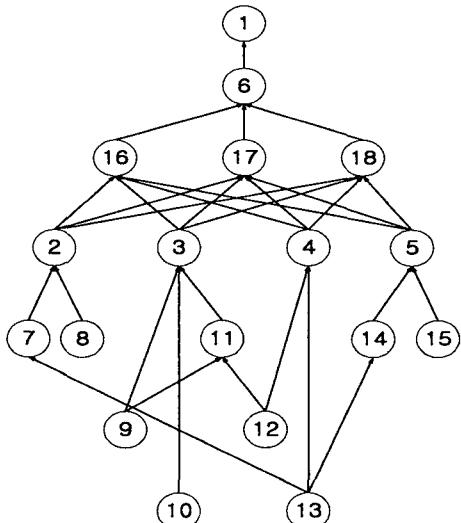


Fig. 2 Structure Graph by FSM($p=0.45$, $\lambda=-0.3$)

Fig. 2에서 보는 바와 같이 테러 위험요소는 외부영향에 관한요소가 직접적인 영향을 미치고 있다. 외부영향에 관한요소는 인명·재산상의 손실 요소, 무역거래의 중단요소, 테러 안전성 확보를 위해 수송비 추가 부담 요소 등 3가지의 요소가 직접적인 영향을 미치고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 순서로 요소간의 구조를 파악할 수 있다.

한편, FSM법에 의해 요소간의 종속관계에 의해 해상 테러 위험요소의 구조는 파악하였으나 모든 요소를 전부 적용한다는 것은 현실적으로 어렵기 때문에 각 요소 간 우선순위를 결정할 필요가 있다.

3.3 AHP법에 의한 요소간 우선순위 분석

계층분석법의 일대비교에 의한 임의의 두 요소간의 상대적 중요도를 면접 및 설문조사를 실시하여 외부영향, 화물, 선박, 사람, 자금과 관련한 요소 등 5가지의 요소에 대해 중요도를 선정하였다.

각 평가요소별 설문 응답자의 수에 따라 기하평균한 일대비교 자료 및 계층분석법에 의해 구한 테러요소의 중요도는 Table 3과 같다.

최대고유치 $\lambda_{\max} = 5.361$ 로서 중요도의 정합도(C.I) 및 정합비(C.R)는 각각 0.090과 0.081로 통상 계층분석법에서 인정되는 0.1이하의 값으로 그 유효성이 인정된다.

Table 3. Pairwise comparison matrix and weight of evaluation factor

요소	외부 영향	화물	선박	사람	자금	중요도
외부 영향	1.00	3.50	4.30	6.50	8.70	0.499
화물	0.29	1.00	4.20	5.30	7.40	0.281
선박	0.23	0.24	1.00	2.30	4.90	0.148
사람	0.15	0.19	0.43	1.00	4.20	0.072
자금	0.11	0.14	0.20	0.24	1.00	0.030

$$\lambda_{\max}=5.361, C.I.=0.090, C.R.=0.081$$

Table 3에서 보는 바와 같이 응답자는 외부영향에 관한요소(0.499)를 가장 중요하게 느끼고 그다음으로 화물이 관한요소(0.281), 선박에 관한 요소(0.148), 사람에 관한 요소(0.072), 자금에 관한 요소(0.030)순으로 중요하게 느끼는 것으로 조사되었다.

각 요소 중 세부요소간의 중요도는 Table 4에서 보이는 바와 같이 정합도와 정합비가 0.1이하로 유효성이 인정된다. 외부영향에 관한 요소 중 각 세부요소간의 중요도는 인명·재산상의 손실(0.637)을 상대적으로 가장 중요하게 여기고 있으며, 무역거래의 중단(0.258), 테러 안전성 확보를 위하여 수송비 추가 부담(0.125) 순으로 중요하게 여기고 있는 것으로 나타났다.

화물과 관련된 요소에서는 화물로 위치하여 생화학 물자 반입(0.750), 화물로 위치하여 사람, 무기 반입(0.250)순으로 중요하게 여기고 있는 것으로 나타났다.

선박과 관련된 요소는 선박자체를 무기로 이용(0.691), 선박을 침몰시켜 해상교통의 흐름 방해(0.218), 타 선박을 테러하기 위하여 선박을 이용(0.091)등의 순으로 중요한 것으로 나타났다.

사람과 관련된 요소는 사고를 유발시키기 위해 선원을 협

박(0.667), 테러리스트로 활동을 위해 선원으로 위장(0.333)등의 순으로 중요하게 여기는 것으로 나타났다.

자금과 관련한 요소에서는 테러활동을 위해 선박을 불모로 자금 확보(0.833), 테러조직의 활동을 위해 불법자금 수송(0.167)등의 순으로 중요하게 여기는 것으로 나타났다.

Table 4 Pairwise comparison matrix and weight

1. External Impact Factor

외부영향	16 요소	17 요소	18 요소	중요도
16 요소	1.00	3.00	5.00	0.637
17 요소	0.33	1.00	3.00	0.258
18 요소	0.20	0.33	1.00	0.105

$\lambda_{\max}=3.039$, C.I.=0.019, C.R.=0.033

2. Cargo Factor

화물	7 요소	8 요소	중요도
7 요소	1.00	0.33	0.250
8 요소	3.00	1.00	0.750

$\lambda_{\max}=2.000$, C.I.=0.0

3. Vessel Factor

선박	9 요소	10 요소	11 요소	중요도
9 요소	1.00	6.00	4.00	0.691
10 요소	0.17	1.00	0.33	0.091
11 요소	0.25	3.00	1.00	0.218

$\lambda_{\max}=3.059$, C.I.=0.030, C.R.=0.051

4. People Factor

사람	12 요소	13 요소	중요도
12 요소	1.00	2.00	0.667
13 요소	0.50	1.00	0.333

$\lambda_{\max}=2.000$, C.I.=0.0

5. Money Factor

자금	14 요소	15 요소	중요도
14 요소	1.00	5.00	0.833
15 요소	0.20	1.00	0.167

$\lambda_{\max}=2.000$, C.I.=0.0

4. 결 론

오늘날 수출입물·동량의 99%이상을 해상을 통해 수송하고 있는 우리나라의 경우 해상에서의 테러사태 발생시 경제적 사회적 손실은 매우 크다고 할 수 있다.

해상에서의 테러 위험 요소는 대테러의 예방과 방지정책의 마련을 위해 대단히 중요하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 Brainstorming법에 의해 해상테러에 대한 위험요소 18개를 추출하였고 FSM법을 이용하여 테러 위험요소에 대

한 구조를 분석하였다.

그리고 계층분석법을 이용하여 중요도를 산출하여 테러위험 요소간의 우선순위를 결정하였다. 그 결과 해상테러의 위험요소는 외부영향과 관련된 요소에 의해 가장 영향을 많이 받으며, 화물, 선박, 사람, 자금과 관련된 요소 등의 순으로 위험이 높은 것으로 나타났다.

따라서 위험요소를 경감하기 위하여 비교적 중요한 요소로 평가된 외부영향 및 화물과 관련된 요소를 우선적으로 경감할 수 있는 방안을 마련할 필요가 있다.

본 연구는 해상테러에 관한 위험요소를 선정하고 위험요소를 구조화시켜 요소간의 우선순위를 결정하여 해상 대테러에 관한 정책수행 방향을 설정하는 기초 자료를 제시하였다는데 의의가 있다.

그러나 앞으로의 연구는 해상테러에 관한 충분한 자료를 축적하여 해상테러 위험성을 평가할 수 있는 확장연구가 필요 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 금종수·윤명오·장운재(2001), 연안해역의 항행안전성 평가에 관한 연구, 해양환경안전학회지 제7권 2호
- [2] 양원재·금종수·전승환(2003), 선박충돌사고 위험성 제어방안에 관한 연구, 2003년도 해양환경안전학회 춘계학술발표회집.
- [3] 조동오(2003), ISM code 및 ISPS Code의 비교연구, 2003년도 해양환경안전학회 춘계학술발표회집.
- [4] 해양한국(2004), 해양한국 2004. 각 월호
- [5] 天笠美知夫(1989), システム構成論-フアジイ論理を基礎として-森山書店
- [6] 椎塚久雄, 尹藤節子(1992), フアジイ構造モデル:Case Study-學生採用意の意識構造-經營の科學
- [7] E. Tazaki and M. Amagasa(1979), *Structural Modeling in a Class od System Using fuzzy set Theory*, Fuzzy Set system. Vol.2 No1.
- [8] Maritime Transport Committee(2003), Security in Maritime Transport : Risk Factors and Economic Impact.
- [9] Satty.T.L. & Kearns,K.P.(1985), *Analytical Planning*, Pergamon press.