집중관제 대상선박 선정을 위한 선박별 위험지수 개발

- 분석적 계층화 과정(AHP) 적용 -

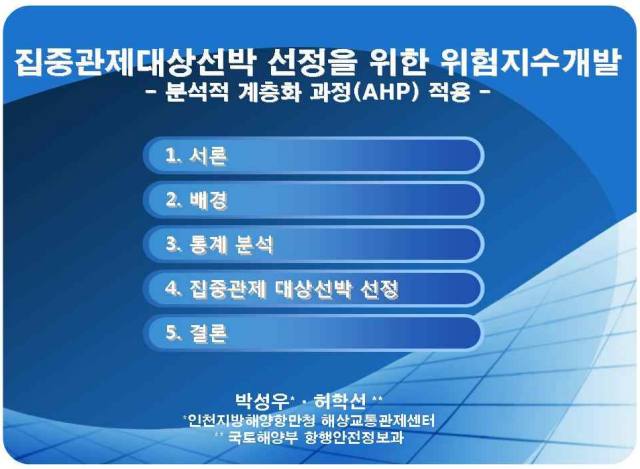
† 박 성우 · *서홍용 · **허 학선

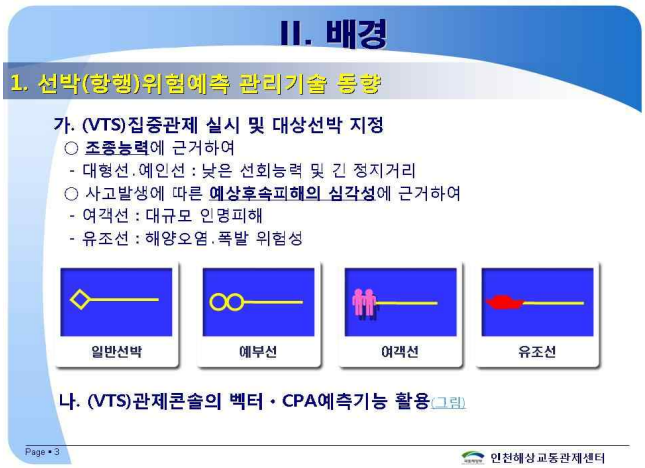
† 인천지방해양항만청 해상교통관제센터

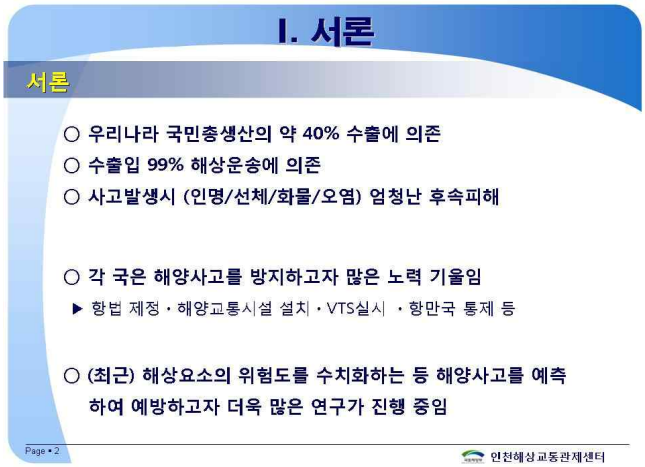
*, ** 국토해양부 항행안전정보과

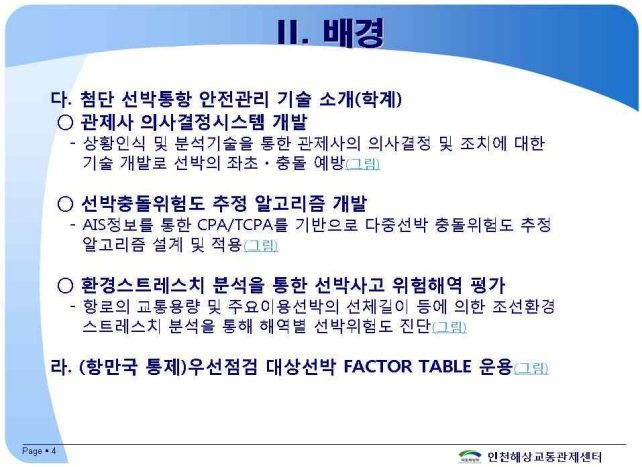
요 약 : 본 연구는 선박사고의 발생과 선박이 지닌 특성(선종/톤수/국적)간에 연관이 있을 것으로 가정하여 관제전문가를 대상으로 하는 설문조사 및 사고통계 분석을 통해 각 특성 별 가중치를 계량화하여 기준점수표를 마련하고자 하였다. 가중치 산정은 분석적 계층화 과정(AHP: Anlaytic Hierachy Process)를 거쳤으며 이를 통해 얻은 기준점수표를 바탕으로 인천항의 1일간 입항선에 적용하여 결과를 준사고이력 보유선박군의 점수와 비교하여 양 집단 간 높은 위험지수 해당선박 존재 비율을 비교하였다.

핵심용어 : 집중관제, 위험지수, 기준점수표, AHP, 분석적 계층화 과정









II. 배경

마. 분석적 계층화 과정(AHP: Analytic Hierachy Process) 소개

○ (개요) 1970년대 초반 T.Saaty교수(미국)에 의해 개발된 계층 분석적 의사결정방법으로 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 가중치를 계량화하는 의사결정방법론임

(예) 학교 A,B,C 세 곳을 두고 진로를 고민하는 경우(그림)

III. 사고통계 분석

1. 인천항의 지난 5년 간 발생사고('06~'10)

○ 총 사고 건수 : 48건 (관제선박 간 : 15건)

소계 (건)	충돌	좌초	접촉	좌주	화재 폭발	전복	침몰	기타
48	26	2	2	3	3	0	9	3

○ 총 사고 선박 : 52척(어선 23척 제외)

III. 사고통계 분석

2. 선종/총톤수/등록 국적 별 분류 및 사고발생율

(※ 어선 제외 / 사고척수: '06~'10 / 입항건수: '10년도)

○ 선종별 분류 및 입항척수에 비례한 사고율

선종별	척수	입항건	사고율
화물선	23	9094	0.25
여부선	16	6798	0.24
여객선	4	2825	0.14
기타선박	7	6798	0.10
위험물운반선	2	4046	0.05
계	52	22763	

○ 총톤수별 분류 및 입항척수에 비례한 사고율

총톤수	척수	입항척수	사고율
20미만	3	(미상)	
20~100	8	2190	0.37
100~500	9	6991	0.13
500~1,000	4	468	0.85
1,000~5,000	15	5536	0.27
5,000~10,000	5	1929	0.26
10,000이상	8	4204	0.19
계	52	21318	

○ 등록 국적별 분류 및 입항척수에 비례한 사고율

선박국적	한국	파나마	중국	라이베리아	기타	계
사고척수	34	7	3	2	6	52
입항척수	15603	2829	1265	472	4479	24648
사고율	0.22	0.25	0.24	0.42	0.13	

※자료(입항건수): PORT-MIS

IV. 집중관제 대상선박 선정

1. 계획 수립

가. 목표 설정

○ 선박의 여러 특성(선종/톤수/국적)에 따른 위험도를 수치화하여 집중관제 위험점수표 마련

나. 선박의 사고위험과 관련한 특성(평가항목) 선정 및 계층구조 작성(그림)

○ 사고/준사고 이력 : 사고위험 재발위험과 특별관리 필요

○ 선종 : 선형・조종특성과 관련

○ 톤수 : 크기・길이・선폭・항해사의 면허등급과 관련

○ 국적 : 특정국가의 선사 및 선박 관리체계와 관련

다. (설문조사 통해)비교행렬을 통한 평가항목별 가중치 획득(그림)

라. 가중치를 바탕으로 점수표 마련

마. 고위험 선박군의 기준점수 지정

바. (검증)사고위험유발 이력선박군과 일반선박군의 점수 비교

IV. 집중관제 대상선박 선정

2. 위험선박 평가항목(선박특성)에 대한 중요도 산출

가. 항목간 중요도 산출(설문결과 대입)

	사고/준사고	선종	톤수	국적
사고/준사고	1.000	2.200	2.800	2.600
선종	0.455	1.000	1.600	1.600
톤수	0.357	0.625	1.000	1.300
국적	0.385	0.625	0.769	1.000
중요도	**0.452**	**0.234**	**0.165**	**0.148**
Consistency Index				**0.007**

○ 네 가지 항목 중에서 '사고/준사고이력' 요소가 선박 사고위험과 가장 큰 관련이 있는 것으로 나타났으며 그 가중치(중요도)는 0.452임

(※ C.I : 일관성지수, 0.1 이하일 경우 대입 값에 모순이 없음을 뜻함)

IV. 집중관제 대상선박 선정

3. 위험선박 평가항목(선박특성)에 대한 중요도 산출

나. 평가항목 내 평가치 결정

○ (선종)각 항목 내 평가치 간 상대적 가중치를 정함

선별	사고율	위험도	비례치
화물선	0.25	높음	0.25
여부선	0.24		
여객선	0.12	보통	0.15
기타선박	0.10		
위험물운반선	0.05	낮음	0.05

각 선종군 간 중요도			
	높음	보통	낮음
높음	1.000	3.000	5.000
보통	0.333	1.000	3.000
낮음	0.200	0.333	1.000
가중치	**0.640**	**0.257**	**0.103**
Consistency Index			**0.019**

○ 선종 항목을 이루고 있는 각 선종별 위험도를 행렬에 대입하기 위해 사고율 0.10%미만은 '낮음', 0.20%이상은 높음으로 하여 세 군으로 분류,

○ 세 군 간 차이를 결정하기 위해 사고율 0.05~0.25를 3으로 나누어 위험도별 중간값의 비례치를 정하였음

○ 0.05 : 0.15 : 0.25=1 : 3 : 5 이므로 행렬에 대입하여,

○ '위험도 높음'군의 경우 0.640의 가중치를 보여 가장 높은 위험도를 보임

※ 이하 다른 평가항목에도 같은 방법 적용

IV. 집중관제 대상선박 선정

3. 위험선박 평가항목(선박특성)에 대한 중요도 산출

○ (톤수)각 항목 내 평가치 간 상대적 가중치를 정함

총톤수	사고율	위험도	비례치
500이상~1,000미만	0.85	매우높음	0.85
200이상~100미만	0.37	높음	0.61
1,000이상~5,000미만	0.27	보통	0.37
5,000이상~10,000미만	0.26		
10,000이상	0.19	낮음	0.13
100이상~500미만	0.13		

각 톤수군 간 중요도				
	매우높	높음	보통	낮음
매우높	1.000	3.000	5.000	7.000
높음	0.333	1.000	3.000	5.000
보통	0.200	0.333	1.000	3.000
낮음	0.143	0.200	0.333	1.000
가중치	0.567	0.265	0.115	0.053
Consistency Index				0.040

○ (톤수)각 항목 내 평가치 간 상대적 가중치를 정함

선박국적	라이베리아	한국	파나마	중국	기타
사고율	0.42	0.22	0.24	0.25	0.13
위험도	높음	보통			낮음
비례치	0.42	0.25			0.13

각 국적군 간 중요도			
	높음	보통	낮음
높음	1.000	2.000	3.000
보통	0.500	1.000	2.000
낮음	0.333	0.500	1.000
가중치	0.540	0.297	0.163
Consistency Index			0.005

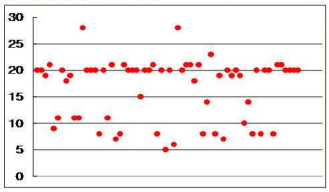
○ '사고이력'항목은 '이력 있음/없음'의 이분법적 문제이므로 아래와 같이 정함

	이력 있음	이력 없음
가중치	1.000	0.000

IV. 집중관제 대상선박 선정

5. 적용 및 기준점수 지정

가. 인천항 (1일 간)입항선박에 적용(11.5.11/총64척/PORT-MIS자료)



○ 약 83%(53척)의 선박이 20점 이하의 점수를 보임

나. 집중관제 대상선박 기준점수 지정

보통	집중관제 대상	위험선박
20점 이하	21~32점	33점 이상

평가항목 간 중요도	중요도
사고/준사고 이력	0.452
선종	0.234
톤수	0.165
국적	0.148

선 종	가중치
화물선/예부선	0.640
여객선/기타선박	0.257
위험물운반선	0.103

총톤수(톤)	가중치
500이상 1,000미만	0.567
200이상 100미만	0.265
1,000이상 10,000미만	0.115
100이상 500미만 또는 10,000이상	0.053

선박 국적	가중치
라이베리아	0.540
한국/중국/파나마	0.297
기타 국가	0.163

사고/준사고 이력	가중치
있음	1.000
없음	0.000

<<점수 계산 예시>>

○ **"A"호 (화물선/5,000톤/한국/준사고 이력없음)**

1. 선종에 따른 점수
- '선종'의 중요도 : 0.234
- 선종군 내 '화물선'의 가중치(높음) : 0.640
- 0.234 × 0.640 = 0.15점
- 0.15 × 100 = **15점(a)**
(※ 손쉬운 계산을 위해 결과값에 100을 임의로 곱함)

2. 톤수에 따른 점수
- '톤수'의 중요도 : 0.165
- '5,000톤 선박'의 가중치(보통) : 0.115
- 0.165 × 0.115 = 0.02점
- 0.02 × 100 = **2점(b)**

3. 국적에 따른 점수
- '국적'의 중요도 : 0.148
- '한국적 선박'의 가중치(보통) : 0.297
- 0.148 × 0.297 = 0.04점
- 0.04 ×100 = **4점(c)**

4. 사고/준사고 이력에 따른 점수
- '이력'에 따른 중요도 : 0.452
- '이력없음'의 가중치 : 0.000
- 0.452 × 0 × 100 = **0점(d)**

○ **최종점수(a+b+c+d)** = 15+2+4+0 = **21점**

IV. 집중관제 대상선박 선정

5. 적용 및 기준점수 지정

다. 일반선박군과 준사고이력 선박군에 적용 및 비교

	일반 입항선박	준사고이력 선박
집계 대상 기간	2011.5.11 (1일)	2011.1.1~5.15 (약6개월)
대상척수	64척	36척
집중관제대상 선박비율 (21점 이상)	18.7% (11척)	33.0% (12척)
평균점수	16.8점	18.1점

(자료/일반선자료: PORT-MIS/준사고자료: 준사고기록일지)

○ 준사고이력선박의 경우, 인천항 관제사가 근무 중 기록한 위험사례기록일지에서 약 6개월치 선박의 제원을 확인, 점수로 환산하였음
(동일한 환경 상 비교를 위해 준사고이력선박군에 평가항목 중 '사고/준사고이력'항목에 대한 점수(45점)을 적용하지 않음 → 양 선박군 모두 선종/총톤수/국적에 대한 항목별 점수 환산)

○ 준사고이력 선박군 내에 관제대상 선박비율이 일반선박군보다 두 배 가까이 높음을 알 수 있으며 양 선박군 간 평균점수도 다소 차이를 보임

○ 항행상 위험을 유발한 선박군의 위험지수가 보다 높다하면 본 평가항목과 위험도 간 상관관계가 존재하거나 본 점수표가 변별력을 가진다고 짐작할 수 있음

IV. 집중관제 대상선박 선정

4. 점수기준 테이블 마련

집중관제 대상선박 분류용 점수표

분류	항목	점수
사고/준사고 이력	이력 있음	45
	이력 없음	0
선종	화물선 / 예부선	15
	여객선 / 기타선	6
	위험물 운반선	2
총톤수 (톤)	500이상 1,000미만	9
	200이상 100미만	4
	1,000이상 5,000미만	2
	100이상 500미만 (또는) 10,000 이상	1
국적	라이베리아	8
	한국/중국/파나마	4
	기타 국가	2

(사고이력을 제외하면,)
○ 조합가능 최고점수 ▶ 32점
○ 조합가능 최저점수 ▶ 5점

집중관제 대상은 몇 점?

V. 결론

결론

○ 본 연구에서는 설문조사와 사고통계에 의한 계층적 분석과정을 통해 선박특성(선종/톤수/국적 등)에 대한 가중치를 도출하여, 지수화를 통한 집중관제 대상선박을 선정하는 방법을 제안하는데 의의를 두었음

○ (활용방안) VTS관제콘솔에 PORT-MIS등을 연동하여 선박제원을 확인, 이를 위험지수로 환산하여 다른 색상으로 모니터에 표시하는 등의 실적용을 생각할 수 있음

○ 한계점
1) 평가항목 별 가중치 선정시 사고유형을 분류하지 않은 사고율을 기반으로 하였기에 위험도를 좀 더 정밀히 반영하지 못하였고 연구인력의 한계로 충분한 검증과정을 거치지 못함
2) 설문대상자가 충분히 많지 않으며 인천항에 국한되어 타 항만에 적용할 경우 주요 입항 선종 등 지역특성을 고려하여야 할 것임
3) 더욱 다양한 평가항목으로 세분화(처녀입항/선장의 국적 여부 등) 필요