

선박운항 안정성 평가를 위한 시뮬레이션 실험조건 도출 연구

† 공인영* · 권세혁** · 김선영***

*, *** 한국해양연구원 책임연구원, ** 한남대학교 정보통계학과 교수

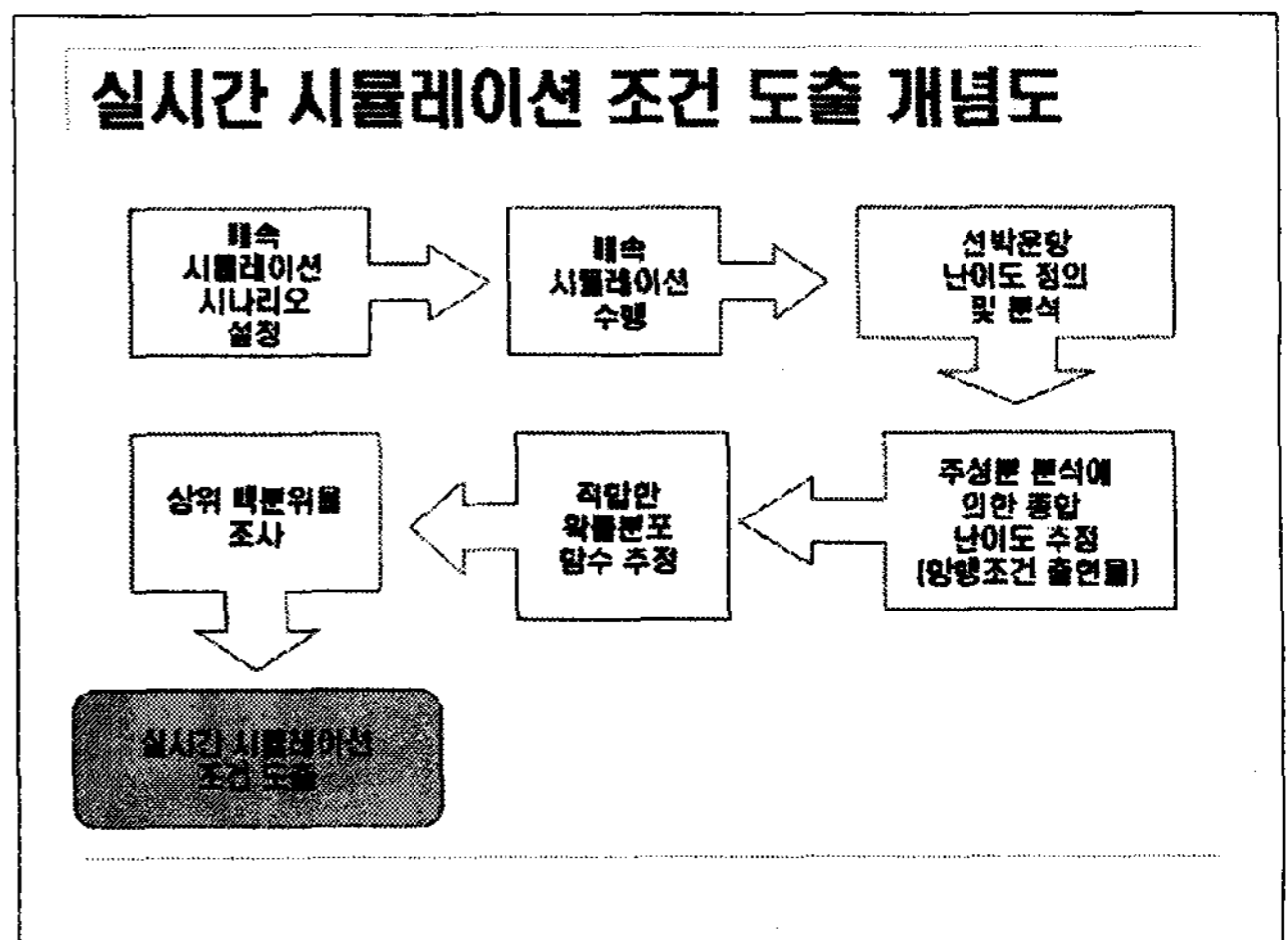
요약 : 항만이나 항로에서의 심층적인 선박운항 안전성 평가를 위한 목적으로 주로 선박운항 시뮬레이션 시스템이 사용되고 있다. 하지만, 실제 해상에서 선박이 조우할 수 있는 환경 조건은 매우 다양한 반면, 비용이나 시간적인 제약으로 인하여 실시간 선박운항 시뮬레이션은 극히 한정된 경우에 대해서만 수행되는 것이 일반적이다. 본 논문에서는, 이러한 실시간 시뮬레이션 실험 조건을 효과적이고 체계적으로 도출하기 위한 통계적 기법에 대하여 제안하고, 이 기법을 실제 선박 운항 안전성 평가를 위한 시뮬레이션 연구에 적용한 실증 분석 결과를 사례 연구로 기술하였다. 실증 분석에는 주성분을 이용한 종합 운항 난이도 산정 방법과 누적 확률분포 개념을 이용하여 선박 운항 난이도가 높은 실험 조건을 실시간 시뮬레이션 실험 조건으로 선택하는 기법을 제시하였다.

핵심용어 : 선박운항 안전성 평가, 시뮬레이션 실험 조건, 선박운항 난이도, 주성분 분석, 누적 확률분포 함수, 실시간 시뮬레이션, 배속 시뮬레이션

선박운항 안정성 평가를 위한 시뮬레이션 실험조건 도출 연구

공인영*, 권세혁*, 김선영†

* † 한국해양연구원 해양시스템안전연구소
* 한남대학교 정보통계학과



배경

- 항만이나 항로에서의 선박운항 안전성 평가를 위해 실시간 시뮬레이션 수행
 - 비용적, 시간적 제약으로 인하여 극히 제한된 조건에 대한 시뮬레이션 수행만 가능.
 - 대부분 극한 항행조건 및 통상적인 상황에 대한 시뮬레이션 조건 설정.
 - 체계적인 시뮬레이션 조건 설정 기법 정립 필요
- 배속 시뮬레이션 결과를 통계적으로 분석하여 실시간 시뮬레이션 조건을 결정하는 기법을 제안함.

배속 시뮬레이션 시나리오 설정

- 당진화력 및 태안화력 부두 접근항로에서 임항하는 15만 DWT급 석탄운반선에 대한 선박운항 안전성 평가를 위한 실시간 시뮬레이션 조건 결정

당진화력 접근항로

태안화력 접근항로

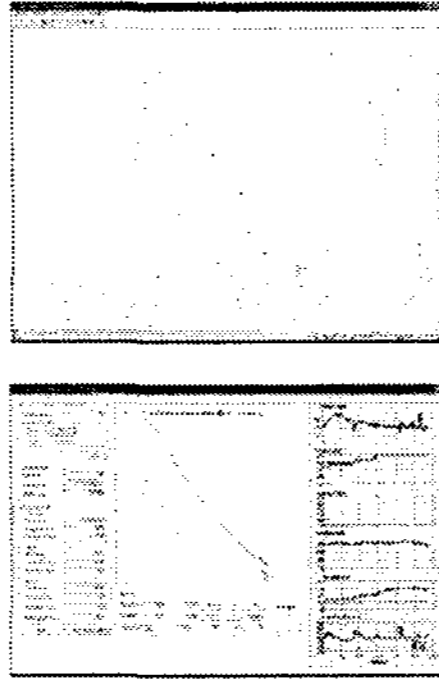
† 교신저자 : 공인영(중신회원), iygong@moeri.re.kr 042)868-7261

** 권세혁 : wolfpack@hannam.ac.kr 042)629-7622,

*** 김선영(정회원) : sykim@moeri.re.kr 042)868-7113

배속 시뮬레이션 수행 및 분석

- 선박 자동운항 알고리즘에 의한 배속(Fast Time) 시뮬레이션
 - 장점 : 환경 조건의 다양한 조합에 대해 체계적이고 객관적인 평가 가능. 고속 연산 가능.
 - 단점 : 동일한 입력일 경우 동일한 출력 결과.



주성분 분석

- 원 변수의 선형 결합인 주성분 변수를 이용하여 원 변수의 공분산 구조를 설명하는 기법

$$z_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i$$

- z_1 : 제 1 주성분
- z_2 : 제 2 주성분
- 원 변수의 종류가 많지 않고, 변수들 사이의 상관관계가 높을 경우, 제 1 주성분만으로 원 변수 변동의 80% 이상을 설명
 - 제 1 주성분(z_1)을 선박운항 종합 난이도로 사용
 - 이에 대응하는 선형계수(a_j)가 가중계수가 됨.

배속 시뮬레이션 시나리오 설정

- FTS 시나리오 : 49 Cases
 - 풍속 : 0.5, 15, 25 Knots
 - 풍향 : N ~ NNW (22.5도 간격) 16방위
 - 조류 조건 : 약낙조 -> 저조정조 조건으로 고정

풍향/풍속별 출현율

Speed(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
0.3 - 1.3	6.5	6.5	9.3	5.3	3.0	1.4	1.7	3.0	4.5
3.4 - 7.9	2.2	1.6	1.6	1.0	0.4	0.1	0.2	0.5	2.2
8.0 - 13.8	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1

Speed(m/s)	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM
0.3 - 3.3	4.0	4.1	2.7	2.4	1.9	3.5	4.6	12.0
3.4 - 7.9	2.6	2.3	1.3	1.1	1.0	2.3	2.1	0.0
8.0 - 13.8	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0

종합운항 난이도 추정

종합 난이도 지수	당진항역 접근항로	대진항역 접근항로
타사용량	0.66	0.64
표류량	0.32	-0.48
여유제어량	0.63	-0.62

- 종합운항 난이도(당진항역) = $0.66 \times R1 + 0.32 \times R2 - 0.68 \times R3$
- 종합운항 난이도(대진항역) = $0.64 \times R1 - 0.46 \times R2 - 0.62 \times R3$

- R1 : 타사용량 지수
- R2 : 표류량 지수
- R3 : 여유제어량 지수

풍속	풍향	풍속	풍향	풍속	풍향	풍속	풍향	풍속	풍향
0.5	N	15	N	25	N	0.5	N	15	N
0.5	NNE	15	NNE	25	NNE	0.5	NNE	15	NNE
0.5	NE	15	NE	25	NE	0.5	NE	15	NE
0.5	ENE	15	ENE	25	ENE	0.5	ENE	15	ENE
0.5	E	15	E	25	E	0.5	E	15	E
0.5	ESE	15	ESE	25	ESE	0.5	ESE	15	ESE
0.5	SE	15	SE	25	SE	0.5	SE	15	SE
0.5	SSE	15	SSE	25	SSE	0.5	SSE	15	SSE
0.5	S	15	S	25	S	0.5	S	15	S
0.5	SSW	15	SSW	25	SSW	0.5	SSW	15	SSW
0.5	SW	15	SW	25	SW	0.5	SW	15	SW
0.5	WSW	15	WSW	25	WSW	0.5	WSW	15	WSW
0.5	W	15	W	25	W	0.5	W	15	W
0.5	WNW	15	WNW	25	WNW	0.5	WNW	15	WNW
0.5	NW	15	NW	25	NW	0.5	NW	15	NW
0.5	NNW	15	NNW	25	NNW	0.5	NNW	15	NNW
0.5	CALM	15	CALM	25	CALM	0.5	CALM	15	CALM

선박운항 난이도

- 배속 시뮬레이션 결과 분석
 - 타사용량 지수
 - 여유제어량 지수
 - 표류량 지수

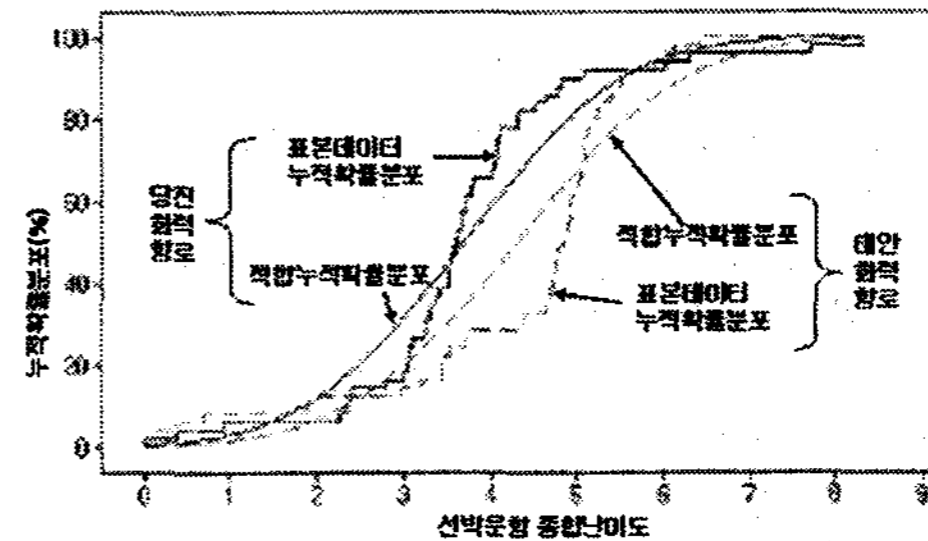
- 종합 운항 난이도 지수
 - 가중계수 사용

$$R = \sum_{j=1}^n a_j R_j$$

확률분포 함수 적합

- 출현율 비교를 => 극한 항행 조건 도출

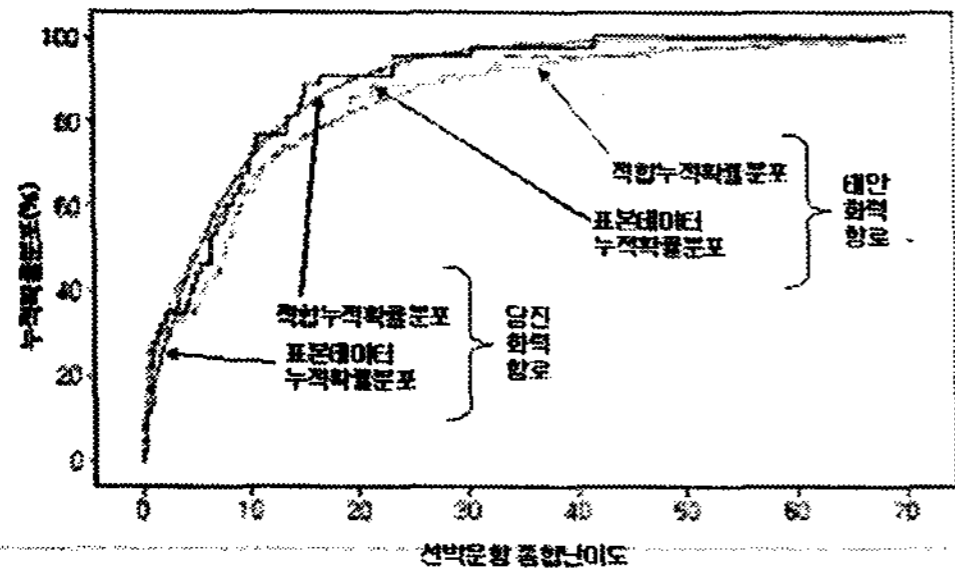
항로	당진	대진
종합 운항 난이도	평균 $\mu = 5.7$ 표준편차 $\sigma = 1.45$	평균 $\mu = 4.32$ 표준편차 $\sigma = 1.53$



확률분포 함수 적합

출현을 고려 =>
통상 항행 조건 도출

항로	당진	대안
남이도		
통상 항행 난이도	$\alpha = 0.83$ $\beta = 9.57$	$\alpha = 0.73$ $\beta = 20.5$



결언

- 실시간 시뮬레이션 수행 횟수 제한적
 - 실시간 시뮬레이션 조건의 합리적, 체계적인 선택 중요함.
- 실시간 시뮬레이션 조건의 체계적 도출 기법 제안
 - 배속 시뮬레이션
 - 선택방향 난이도 도출
 - 주성분 분석 기법에 의한 종합 난이도 추정
 - 누적 확률분포 함수 추정
 - 상위 백분위를 조사에 의한 시뮬레이션 조건 도출
 - 극한 항행조건(위험도만 고려) 및 통상 항행조건(위험도와 항행조건 출현을 동시 고려) 도출

실시간 시뮬레이션 조건 도출

항로	당진	대안
선택방향 종합 난이도	S 25 Knots	NE 25 Knots
상위 조건	SSW 25 Knots	ENE 25 Knots
	SW 25 Knots	E 25 Knots
선택방향 종합 난이도	WSW 25 Knots	ESE 25 Knots
(출현을 고려)	N 5 Knots	N 5 Knots
	NE 5 Knots	NE 5 Knots
	NNE 5 Knots	NNE 5 Knots

실시간 시뮬레이션 조건 도출

상위 5%, 10%, 20% 백분위 값

항로	당진	대안
통상 항행 난이도	5%	7.50
상위 5%	10%	6.00
상위 10%	20%	4.50
상위 20%	30%	3.00
(출현을 고려)	5%	11.10

Table 8 Number of Simulation Conditions for the 90th Percentile

항로	당진	대안
선택방향 종합 난이도	4	0
선택방향 종합 난이도 (출현을 고려)	3	3

Table 9 Number of Simulation Conditions for the 85th Percentile

항로	당진	대안
선택방향 종합 난이도	5	4
선택방향 종합 난이도 (출현을 고려)	8	8