

선박조종시물레이션 근접도평가 검토 방안 고찰

* 김상태

* 선박안전기술공단 해사안전연구센터 연구원

요 약 : 근접도 평가시 충돌(침범)확률이 0.0001이하면 안전하다고 판단한다. 하지만 안전진단서상 수치가 0에 수렴하는 경우가 많아 간과하기 쉬우며 이 값을 이해하기 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 근접도 평가 결과를 손쉽게 평가하는 방법을 제안하고 평균값과 표준편차값이 갖는 의미를 해석하여 안전진단 검토 및 사전검토서 작성시 도움이 되고자 한다.

핵심용어 : 근접도평가, 침범확률, 정규분포, 평균, 표준편차

선박조종시물레이션
근접도 평가 검토 방안 고찰

선박안전기술공단
김상태 연구원

정규분포란?

- ◆ 평균치를 중심으로 좌우대칭의 종형(型)으로 나타내는 분포를 정규분포라 하며 모든 정규분포는 표준정규분포로 나타낼 수 있음.
- ◆ 표준정규분포의 평균값은 0, 분산은 1 임.

논문의 목적

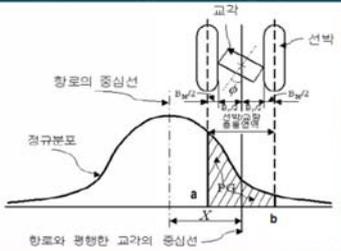
- ◆ 근접도 평가 결과를 손쉽게 검토 하는 방법을 제안함.
- ◆ 평균과 표준편차가 갖는 의미를 해석함.

- ◆ 모든 정규 분포는 표준정규분포로 변환가능하며 정규분포를 표준정규분포로 전환할 때 z값을 활용함.
- ◆ e는 값이 2.71828...인 자연로그의 밑으로, 무리수 임.

$$z = \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)$$

* 주저자 : 김상태(정회원), sangtai82@kst.or.kr

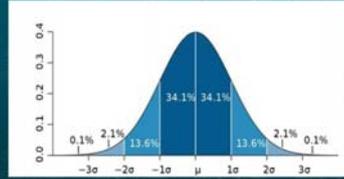
근접도를 산출하는 일반식



$$P = \int_a^b \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx$$

$$P(a \leq Z \leq b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times \int_a^b e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

표준 정규분포 특성



평균을 중심으로,
 $\pm 1\sigma$ 의 범위에 **68.2%**
 $\pm 2\sigma$ 의 범위에 **95.4%**
 $\pm 3\sigma$ 의 범위에 **99.7%**

선박의 통항량

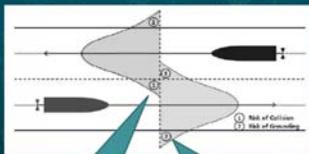
- ◆ 항로의 중앙 또는 가장 안전한 항로를 가장 많은 선박이 항행하며 이를 중심으로 종모양의 정규분포를 나타냄.
- ◆ 한 척의 배는 항로의 중앙 또는 가장 안전한 항로로 운항할 확률이 높음.
- ◆ 시뮬레이션마다 다르게 나타나는 정규분포를 표준정규분포로 변환하여 충돌 위험을 계산함. (각 시뮬레이션마다 평균과 표준편차값이 다름.)

충돌확률 검토방법표

$\pm 3.719016 \times \sigma$ 의 범위에 z값의 99.99%가 포함되므로 아래와 같은 표를 만들 수 있음.

수식	충돌확률	위험도	안전대책
$m > 3.72 \times \sigma$	10^{-4} 보다 작은 경우임	안전	필요없음
$m = 3.72 \times \sigma$	10^{-4}	위험	필요함
$m < 3.72 \times \sigma$	10^{-4} 보다 큰 경우임	위험	필요함

교차하는 선박의 통항



① 면적이 항로 중앙을 침범할 확률임.

② 면적이 항로 외곽을 침범할 확률임.

검토 1. 울산 원유 부이 신설 사업

1. 보고서

구분	근접도		
	평균	표준편차	충돌확률
접안 시뮬레이션	541.9m	107.1m	0.0000
이안 시뮬레이션	539.3m	106.7m	0.0000

2. 검토

	표준편차	$3.72 \times \sigma$	평균
접안 시뮬레이션	107.05m	398.1m	541.88m
이안 시뮬레이션	106.65m	396.6m	539.25m

3. 결과

두 경우 모두 평균값이 $3.72 \times \sigma$ 보다 큰 경우 이므로 타당함.

검토 2. 부산항 신항 유류기지 사업

1. 보고서

	근접도		
	평균	표준편차	충돌확률
접안 시뮬레이션	289.3m	64.0m	0.014x10 ⁻⁴
이안 시뮬레이션	282.2m	73.3m	0.42x10 ⁻⁴

2. 검토

	표준편차	3.72*σ	평균
접안 시뮬레이션	64.0m	238.0m	289.3m
이안 시뮬레이션	73.3m	272.6m	282.2m

3. 결과

두 경우 모두 평균값이 3.72*σ 보다 큰 경우 이므로 타당함.

표준편차를 줄일 수 있는 방법

- ◆ 1. 표준도선법을 이용하여 선박 조종을 유도함. -> 안전대책과 연관 있음.
(도등과 부이를 설치하고, 항로를 지정하는 것은 일정한 선박 조종을 유도하는데 기여함.)
- ◆ 2. 평균값과 멀리 떨어진 시나리오를 버리고, 시뮬레이션을 재실행시함.

충돌확률과의 관계

- ◆ 평균값이 크고, 표준편차값이 작으면 충돌확률이 작아짐.
- ◆ 평균값이 작고, 표준편차값이 크면 충돌확률이 커짐.

평균값을 크게 하는 방법

1. 선박 외판이 아닌 선박 중심 (또는 GPS) 에서 거리를 측정함.
2. 선박과 멀리 떨어진 위험물을 선정함.
Ex) 저수심이 아닌 방파제 끝단을 선정함.

평균과 표준편차의 특성

- ◆ 장애물까지 선박 거리 **평균** 및 **표준편차**를 이용하여 충돌(침범)확률을 계산함.
- ◆ 평균값의 특성: 수역이 넓을 수록 값이 커짐. (골재 채취 사업시 시뮬레이션이 필요없는 이유.)
- ◆ 표준편차의 특성: 수역이 넓을 수록 값이 커짐.

도출점

- ◆ 시행횟수가 적으면 정규분포보다는 이산분포를 따를 수 있으므로 시행횟수를 늘려야함. 적당한 시행횟수에 대해서는 논의가 필요함.
- ◆ 저수심 설치를 위해 설치한 부이와 항로유도를 위해 설치한 부이 등 목적에 따라 충돌확률 기준물표를 설정요함.