creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

공학석사학위논문

레이어 기반 통합 생존성 평가를 통한 함정 초기설계 공간배치 최적화

Optimization of Spatial Arrangement at an Early Design Stage of Naval Ship through Layer-Based Integrated Survivability Evaluation

2016년 2월

서울대학교 대학원

조선해양공학과

정 진 욱

레이어 기반 통합 생존성 평가를 통한 함정 초기설계 최적화에 관한 연구

Optimization of Spatial Arrangement at an Early Design Stage of Naval Ship through Layer-based Integrated Survivability Evaluation

지도교수 신 종 계

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2016년 1월

서울대학교 대학원

조선해양공학과

정 진 욱

정진욱의 공학석사 학위논문을 인준함

2016년 1월

위 원 장 : 홍 석 한 (인)

부위원장 : 신 종 계 (인)

위 원 : 노 명 일 (인)

초 록

함정의 생존성은 전투환경에서 기능과 임무를 수행할 수 있는 능력을 말한다. 1950년대 이후 건조 함정의 척수는 줄어든 반면, 단위 함정의 임무와 범위는 증가하고 있는 추세로 단위 함정의 생존성 유지는 매우 중요한 요소이다. 함정의 성능을 극대화하기 위해서는 설계 초기단계부터 생존성을 고려하는 것이 비용 대 효과가 크나 제한된 정보로 인해 어려운 실정이다. 또한, 폭이 좁고 킨 배치공간의 고유 특성 때문에 함정 공간배치는 어려운 문제이며, 배치 결과에 따라 함정의 일반 성능뿐만 아니라 생존성능에도 영향을 미치게 된다.

따라서, 함정의 생존성을 극대화하기 위해서는 설계 초기단계에서부터 생존성을 고려한 배치를 수행하여야 한다. 하지만, 기존의 정립된 생존성 개념은 단위 함정 또는 전투기에 적용하기 위한 것으로 함정의 공간배치에 대한 평가를 하기에는 많은 제한점이 있다. 또, 다양한 변수를 고려하여 최적배치 대안을 찾기 위해 최적화를 적용해야 하는 필요성이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해, ‘레이어’ 개념을 적용한 공간배치에 대한 생존성 평가방법을 정립하고, 생존성 구성요소인 피격성, 취약성, 회복성에 대한 정의 프로세스를 제시하였다. 또, 함정 공간배치 문제의 최적화 적용을 위해 배치대안을 벡터 형태로 표현하는 방안을 제시하고, 최적화를 수행하였다.

또한, 공간배치 생존성 평가와 함정 공간배치 최적화 방법론을 500톤급 가상함정에 적용하여 배치대안을 생성하였으며, 선행연구와의 비교, 분석을 실시하였다.

주요어
함정 공간배치(Spatial Arrangement of Naval Ships),
최적화(Optimization), 차분진화(Differential Evolution),
생존성(Survivability), 피격성(Susceptibility), 취약성(Vulnerability),
회복성(Recoverability)

학번: 2014-20651

목 차

논문목차

1. 개 요 ·····1
1.1 연구배경 ·····1
1.1.1 함정 생존성의 중요성 ·····1
1.1.2 함정 공간배치의 중요성 ·····3
1.1.3 함정 설계 초기단계에서의 성능 추정의 필요성 ·····4
1.2 관련 연구 동향 ·····5
1.3 연구목적 및 범위 ·····8
1.4 논문구성 ·····9

2. 레이어 기반 통합 생존성 평가 방법론 정립 ·····10
2.1 생존성 레이어 정의 ·····10
2.2 통합 생존성 평가 프로세스 ·····12

3. 생존성을 고려한 함정 최적 공간배치 방법 ·····27
3.1 함정 공간배치 문제의 최적화 적용 방안 ·····27
3.2 공간배치 프로그램 ·····36

4. 검증과 적용 ·····38
4.1 공간배치 방법론의 검증 ·····38
4.1.1 Case I ·····38
4.1.2 Case II ·····42
4.1.3 Case III ·····46
4.2 함정 공간배치에 적용 및 분석 ·····51

5. 결 론 ·····54

참고문헌 ·····56

부록 A. 배치 유형별 차분진화 알고리즘 모델링 ·····60
B. 500톤급 가상함정 공간배치 입력자료 ·····63

ABSTRACT ·····69

표 목 차

[표 1] 일본의 진주만 공습시 미국의 함정 피해 및 복귀 현황 ·····2
[표 2] 함정과 상선의 선형 특성 비교 ·····3
[표 3] 관련 연구 내용 비교 ·····6
[표 4] 격실 유형별 회복성 정량화 방안 ·····25
[표 5] 배치(복도) 유형 ·····29
[표 6] Case I – 배치 조건 ·····38
[표 7] Case I - 격실별 요구면적 ·····39
[표 8] Case I - 격실별 취약성 수치 ·····40
[표 9] Case I - DE parameter ·····40
[표 10] Case II – 배치 조건 ·····42
[표 11] Case II - 격실별 요구면적 ·····42
[표 12] Case II - 격실별 취약성 수치 ·····43
[표 13] Case II - DE parameter ·····44
[표 14] Case III – 배치 조건 ·····46
[표 15] Case III - 격실별 요구면적 ·····46
[표 16] Case III - 격실별 취약성 수치 ·····47
[표 17] Case III - 격실별 회복성 수치 ·····48
[표 18] Case III - DE parameter ·····48
[표 19] 격실별 요구면적(500톤급 가상함정) ·····63
[표 20] 취약성 데이터(500톤급 가상함정) ·····65

그림목차

[그림 1] 미국과 우리나라 함정의 피격과 수리/침몰 사례 ·····1
[그림 2] 구성요소별 건조비 및 함정 성능에 미치는 영향과 ·····4
[그림 3] 생존성(피격성, 취약성, 회복성) 정의 ·····8
[그림 4] 2차원 공간배치 문제 예시와 차분진화 알고리즘 ·····8
[그림 5] 배치대안에 대한 생존성 평가의 어려움 ·····10
[그림 6] 레이어의 활용 사례 ·····11
[그림 7] 배치대안의 생존성 평가에 대한 레이어 개념 적용 ·····11
[그림 8] 배치대안에 대한 생존성 평가 프로세스 ·····13
[그림 9] 피격성 레이어 정의 프로세스 ·····14
[그림 10] 유도탄 피격성 레이어 정의 예시 ·····15
[그림 11] 전투 시나리오 분석틀과 가상 전투 시나리오 예시 ·····15
[그림 12] 시나리오 별 위협무기 가중치 선정 예시 ·····16
[그림 13] 시나리오 가중치 선정 예시 ·····17
[그림 14] 통합 시니리오 위협무기 가중치 산정 예시 ·····17
[그림 15] 통합 피격성 레이어 도출 예시 ·····18
[그림 16] 취약성 레이어 정의 프로세스 ·····19
[그림 17] 장비/구성품 FMEA, FTA 및 주요 구성품 선정 예시 ·····20
[그림 18] 주요 구성품의 중요도 점수 부여 예시 ·····20
[그림 19] 격실 별 취약성 수치 정량화 예시 ·····21
[그림 20] 취약성 레이어 도출 예시 ·····22
[그림 21] 회복성 레이어 정의 프로세스 ·····23
[그림 22] 격실별 배치인원 분석 및 회복성 정량화 수치 부여 예시 24

[그림 23] 격실별 수리인원 및 주요 구성품 확인 예시 ·····24
[그림 24] 격실별 회복성 정0량화 예시 ·····26
[그림 25] 격실별 회복성 레이어 도출 예시 ·····26
[그림 26] 함정 공간배치 최적화 적용 프로세스 ·····27
[그림 27] 함정 공간배치 예시 ·····28
[그림 28] 배치(복도) 유형별 최적화 모델링 예시(Type A) ·····30
[그림 29] 배치 조건 예시(Type A) ·····33
[그림 30] 차분진화 알고리즘의 기본 프로세스 ·····34
[그림 31] 공간배치 프로그램 구성도 ·····36
[그림 32] 입력자료 정의 ·····37
[그림 33] Case I - 피격성 레이어 ·····39
[그림 34] Case I - 배치 결과 ·····41
[그림 35] Case I - 목적함수 그래프 ·····41
[그림 36] Case II - 피격성 레이어 ·····43
[그림 37] Case II - 배치 결과 ·····44
[그림 38] Case II - 목적함수 그래프 ·····45
[그림 39] Case III - 피격성 레이어 ·····47
[그림 40] Case III - 배치 결과(회복성 적용 전/후) ·····49
[그림 41] Case III - 목적함수 그래프(회복성 적용 후) ·····50
[그림 42] 선행연구 배치결과19) ·····51
[그림 43] 500톤급 가상함정 배치 결과 ·····52
[그림 44] Type B 최적화 모델링 방안 ·····60
[그림 45] Type C 최적화 모델링 방안 ·····61
[그림 46] Type D 최적화 모델링 방안 ·····61

[그림 47] Type E 최적화 모델링 방안 ·····62
[그림 48] 가상함정 적용 피격성 데이터 ·····65

약 어

AHP	Analytic Hierarchy Process
CR	Crossover Ratio
DE	Differential Evolution
FMEA	Failure Mode & Effective Analysis
FTA	Fault Tree Analysis
MP	Mission Profile
NP	Number of Population

제 1 장

1. 개　요

1.1 연구배경

1.1.1 함정 생존성의 중요성

전투환경에서 기능과 임무를 수행할 수 있는 능력을 생존성이라고 한다. 전쟁에서 승리하기 위해서는 함정이 생존성을 유지하는 것이 중요한 것은 당연하다고 할 수 있다. 하지만, 함정의 설계 및 건조 개념은 1950년대 이후로 함정 건조 척 수는 줄어든 반면, 함정 1척이 수행하는 임무와 역할의 범위는 확대되어 단위 함정의 전투력 유지는 더욱 중요해진 실정이다.

미국 이지스함 USS Cole 피격 형상　　참수리 357호정 피격 형상　　천안함 절단 형상

[그림 1] 미국과 우리나라 함정의 피격과 수리/침몰 사례[1)2)3)]

1) 신정학, “생존성을 고려한 함정 공간배치에 관한 연구”, 서울대학교 석사학위논문, 2013
2) Jin Choi et al, “Damage scenarios and an onboard support system for damaged ships”, Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng. 6:236~244, 2014
3) 민군 합동 조사단, “합동조사결과 보고서 천안함 피격사건”, 대한민국 국방부, 2010

그림 1은 생존성의 중요성을 보여주는 사례로 미국의 함정은 폭탄 공격을 받은 후 수리 후 임무에 복귀하였고, 우리나라의 함정들은 침몰되어 작전수행이 불가한 상태가 되었다.

[표 1] 일본의 진주만 공습시 미국의 함정 피해 및 복귀 현황[4)]

구 분	함정 피해			수리(전쟁 복귀)	수리 불가
	침 몰	파 손	계		
미국 해군 피해	7	14	21	16	5

표 1은 생존성의 중요성을 보여주는 역사적 사실로 1941년 일본의 진주만 공습 때, 일본의 공격으로 피격된 미국의 함정들은 정비창 수리를 통해 조기에 전쟁에 복귀할 수 있었으며, 이는 미국이 일본에 반격할 수 있도록 한 계기가 될 수 있었다.[5)]

위의 사례들을 통해 함정 생존성의 중요성을 확인할 수 있으며, 많은 국가에서 함정 설계 및 건조시 생존성을 고려하고, 관련 학문 분야에서도 다양한 연구가 수행되고 있다.

4) 칼 스미스, “진주만 1941”, 플래닛미디어, 2008
5) 조덕현, “전쟁사 속의 해전”. 해군사관학교 한국해양사편찬위원회, 2011

1.1.2 함정 공간배치의 중요성

함정은 일반적인 상선이 수행하는 화물의 적재의 역할 뿐만 아니라, 전투 및 부대 운영, 행정 등 다양한 업무를 수행하는 복합 무기체계이다. 또한, 함정은 배치 공간의 특징은 길이와 폭의 비(L/B)가 큰 날렵한 선형을 가지고 있기 때문에 효율적인 공간 활용이 중요하다. 함정은 화물과 탱크가 대부분인 일반 선박에 비해 전투장비 및 기관 등 다양한 화물을 적재하는데 반해 전투장비와 기관장비 등 다양한 화물을 적재한다. 이 중 무장과 기관장비는 함정 성능에 직결되는 요소이다.[6)]

[표 2] 함정과 상선의 선형 특성 비교[7)]

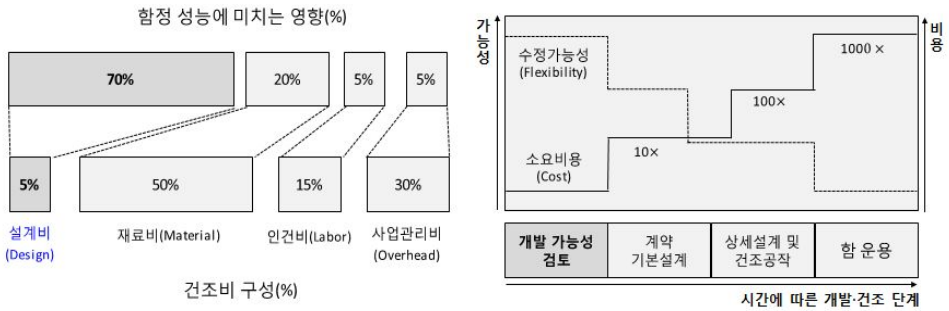
Coefficient	VLCC	Chemical Tanker	Container Ship	3500ton Destroyer
L/B	5.32	6.05	6.68	9.10
C_B	0.81	0.79	0.66	0.44
C_P	0.82	0.80	0.68	0.59
C_M	0.99	0.88	0.97	0.75
$V/L^{0.5}$	0.46	0.65	0.75	1.35

주요 구성품(전투장비 및 추진기관)들의 손상은 함정의 성능과 생존성에 지대한 영향을 미치게 된다. 따라서 이들의 배치를 피격 시 생존에 유리한 공간배치를 통해서 생존성을 향상시킬 수 있다.

6) 대한조석학회, “함정”, 텍스트 북스, 2015
7) 장왕석 외, “생존성을 고려한 유전 알고리즘 기반 함정 공간배치 알고리즘 구현”, CAD/CAM 학회 학술발표회, 2014

1.1.3 함정 설계 초기단계에서의 성능 추정의 필요성

함정의 성능을 극대화하기 위해서는 설계 초기단계에서부터 생존성을 고려한 설계가 필요하다. 그림 2는 설계 초기 단계에서부터 성능과 관련된 요소를 고려하는 것이 적은 비용으로 큰 효과를 얻을 수 있음을 보여준다.



[그림 2] 구성요소별 건조비 및 함정 성능에 미치는 영향과
함정 개발·건조 단계별 오류 수정 가능성 및 소요비용[8)]

하지만, 설계 세부사항이 확정되지 않은 상황에서 함정 성능을 추정하고 고려하기는 어렵다. 따라서, 함정 설계/건조 초기단계에서도 적용 가능한 별도의 방법론이 필요한 실정이다.

8) B. Tibbitts, R.G. Keane Jr., “Acqusition Reform : It All Starts With Design”, Naval Engineers Jouranl, Jan, 1999

1.2 관련 연구 동향

관련 연구 동향은 공간배치 문제를 해결하기 위한 연구와 함정 생존성과 관련된 연구로 구분될 수 있다.

공간배치 문제를 해결하기 위한 연구로는 다음과 같다. Craig M. Carson and Fireman(1987)은 함정의 전체 공간을 구획 격벽과 갑판 등을 이용하여 공간을 분할하고 공간 기능을 할당하는 방법을 이용한 함정 일반배치 프로세스와 방법론을 연구하였다. 한성남(2001)은 전체 공간을 몇 개의 구획으로 나누는 횡격벽, 격실 접근 통로가 있는 공간배치 문제로 함정을 단순화하고 수학적으로 정식화하여 유전자 알고리즘 기반으로한 최적배치 알고리즘을 제안하였다. Nick(2008)은 전체 함정의 공간을 구획배치(Allocation)와 격실배치(Arrangement) 2단계로 분리하여 복잡한 공간배치 문제를 단순화 하였으며, Fuzzy Utility Function을 통해 공간배치 대안에 대한 정량화된 평가요소를 도입하였다. 김영민 등(2014)은 격실 간의 상대적 관계도와 생존성을 활용하여 공간배치 평가하고, 차분진화 알고리즘을 적용하여 최적공간배치를 수행하였다. 김기수(2015)는 전문가 지식을 다양한 설계 변수로 표현하는 전문가 시스템을 활용하여 잠수함 최적 설계를 수행하였다.

함정 생존성에 관한 연구로는 Ball and Calvano(1994)는 항공기 생존성 평가 이론을 바탕으로 함정의 생존성 분석을 위한 기초적인 절차를 정립하였으며, 김광식(2011)은 함정 구성품에 FMEA(Failure Mode and Effective Analysis)와 FTA(Faule Tree Anlysis)를 통해 주요 구성품을 도출하여 취약성 평가 절차 및 방법론을 정립하였다. 김광식 외(2012)는 생존성의 각 구성 요소별 이론적인 분석 절차 및 평가 방법론을 제시하였고, 신정학(2013)은 폭발 위협에 대하여 격실별로 취약성을

정량화 하여 함정 생존성을 평가하였다. Waltham-Sajdak et al.(2014)은 피격성과 취약성에 대한 Kill chain을 구성하여 함정의 생존성을 평가하는 방안을 제시하였다. 최영수(2015)는 폭발강화격벽 배치에 따른 구조적 취약성 평가를 통한 생존성 평가절차를 제시하고 최적화를 수행하였다.

표 3은 위에서 언급한 관련 연구들을 주요 내용별로 정리한 표이다.

[표 3] 관련 연구 내용 비교

년도	저자	제 목	공간배치	생존성			최적화	비고
				피격성	취약성	회복성		
2001	한성남	함정의 최적 격실 배치 설계에 관한 연구	O	X	X	X	O	
2008	Nick	Fuzzy Optimal Allocation and Arrangement of Spaces in Naval Surface Ship Design	O	X	X	X	O	2단계 배치 적용
2012	김광식 등	함정 통합 생존성 분석을 위한 절차적 방법에 관한 연구	X	O	O	△	X	회복성 평가 방법 부재
2013	신정학	생존성을 고려한 함정 공간배치에 관한 연구	O	△	O	X	X	
2014	김영민 등	Differential evolution 알고리즘을 이용한 생존성 기반의 함정 격실배치 애플리케이션 개발	O	O	O	X	O	
2014	김광식 등	확률밀도함수(PDF)를 이용한 함정 피격성 분석 기법 연구	X	O	X	X	X	확률밀도함수로 피격성 정의
2014	Waltham-Sajdak et al	Quantification of naval combatant's susceptibility as a means of enhancing survivability	X	O	O	O	X	
2015	김기수	전문가 시스템 기반 잠수함 구획 및 장비의 최적배치 설계	O	X	X	X	O	
2015	최영수	간이 취약성 평가를 통한 함정의 폭발강화격벽 배치 설계에 관한 연구	△	X	O	X	O	폭발강화격벽 위치만 고려
2015	**정진욱**	**본 논문**	**O**	**O**	**O**	**O**	**O**	**-**

위와 같이 공간배치 문제에 대해서 최적화를 적용하거나 생존성을 고려하여 공간배치를 수행하는 연구 사례는 있다. 하지만, 생존성을 고려하면서 최적화를 적용하여 공간배치를 수행한 연구 사례는 제한적이다. 또, 배치대안에 대한 생존성을 평가 시 생존성의 구성요소 중 피격성과 회복성에 대한 연구는 부족하다. 본 논문에서는 생존성 구성요소인 피격성, 취약성, 회복성을 공간배치 대안에 대해서 정량화하는 방안을 제시하고, 이를 기반으로 최적화 알고리즘을 적용하여 공간배치를 수행하였다.

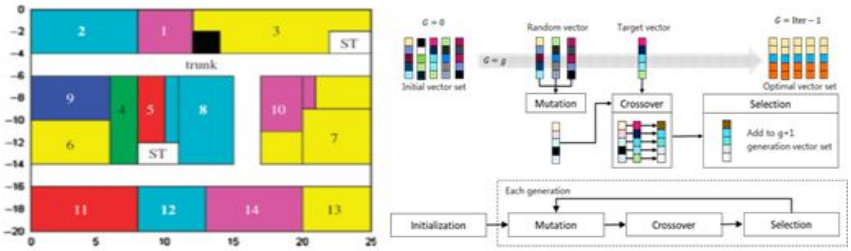
1.3 연구목적 및 범위

본 논문의 목적은 설계 초기 제한된 정보로 배치 대안의 생존성을 평가할 수 있는 방법론을 정립하고, 함정의 특성에 적합한 공간배치 문제를 정의하고 최적화를 적용함에 있다.

- 생존성 : 전투환경에서 함정이 마주치게 되는위협 요소에 대응하여 견디어 낼 수 있는 능력
  - 피격성 : 전투환경에서 함정이 위협에 노출되는 정도
  - 취약성 : 피격시 함정 기능과 임무 수행능력을 상실할 가능성
  - 회복성 : 피격 후 손상된 함정이 주어진 임무와 기능을 회복할 수 있는 능력

[그림 3] 생존성(피격성, 취약성, 회복성) 정의[9)]

이를 위하여, Ball and Calvano(1994)가 정립한 생존성과 구성요소인 피격성, 취약성, 회복성 개념을 적용하였다. 공간배치는 2차원 공간배치를 수행하였으며, 최적화 알고리즘은 차분진화(DE, Differential Evolution) 알고리즘을 수행하였다.



[그림 4] 2차원 공간배치 문제 예시와 차분진화 알고리즘[10)11)]

9) Michael G. Parsons et al., I“ntelligent Ship Arrangements : A New Approach to General Arrangement”, American Society of Naval Engineers #3, pp. 51-65., 2008
10) R. Storn, K. Price, “Differential Algorithm - Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces’, Journal of Global Optimization, pp. 341-359., 1997
11) Ball and Calvano, “Establishing the Fundamentals of a Surface Ship Survivability Design Discipline”, 1994

1.4 논문구성

본 논문은 전체적으로 5장으로 기술되어 있다.

1장에서는 연구 배경, 관련 연구 동향, 연구 목적 및 범위를 제시하였으며, 전체적인 연구 방향을 제시하였다.

2장에서는 공간배치 대안을 평가하기 위한 레이어 기반 통합 생존성 평가 방법론을 제안하며, 제안한 평가 방법론을 적용하기 위한 생존성 각 구성요소인 피격성, 취약성, 회복성 레이어를 각각 정의하는 프로세스를 제시하였다.

3장에서는 함정 공간배치 문제에 최적화를 적용하기 위해 실적함 배치 결과를 분석하여 함정 고유의 공간배치 특성에 따른 배치유형을 정의하고, 배치유형별 최적화 모델링 방안을 제시하였다.

4장에서는 2,3장에서 제시한 방법론을 기반으로 500톤급 가상함정에 적용하고 검증 및 분석을 수행하였다.

5장에서는 논문을 정리하며, 기대효과 등에 대하여 논의하였다.

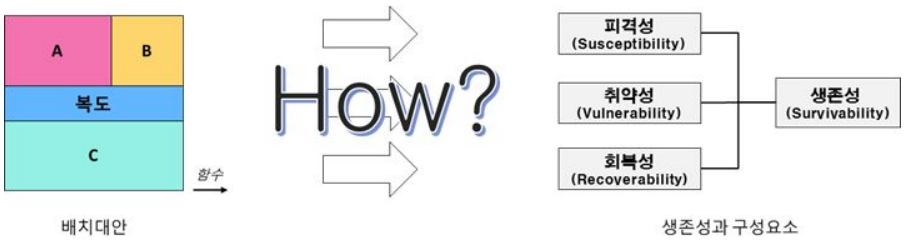
제 2 장

2. 레이어 기반 통합 생존성 평가 방법론 정립

2.1 생존성 레이어 정의

생존성과 관련된 연구들은 Ball and Calvano(1994)가 정립한 생존성 개념을 바탕으로 수행되었다. Ball and Calvano(1994)는 생존성을 전투환경에서 마주치게 되는 위협 요소에 대응하여 견디어 낼 수 있는 능력으로 정의하였다. 생존성의 구성요소로는 피격성, 취약성, 회복성이 있으며, 피격성은 전투환경에서 함정이 위협에 노출되는 정도, 취약성은 피격시 함정 기능과 임무 수행능력을 상실할 가능성, 회복성은 피격 후 손상된 함정이 주어진 임무와 기능을 회복할 수 있는 능력으로 각각 정의하였다.

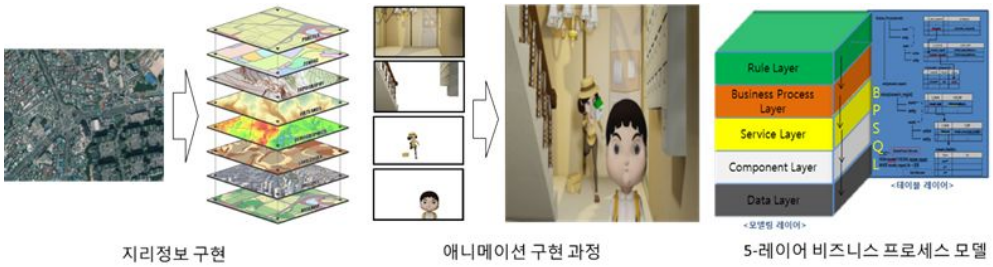
하지만, Ball and Calvano(1994)가 정립한 생존성 평가 개념은 단위 함정(전투기)를 기반으로 정립된 개념으로 공간배치 대안의 생존성을 정량화하여 평가하기 어려운 문제가 있다.



[그림 5] 배치대안에 대한 생존성 평가의 어려움

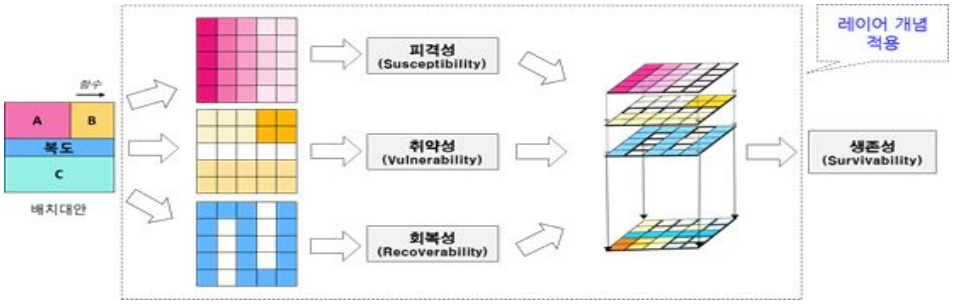
따라서, 본 논문에서는 배치대안의 생존성을 평가하기 위해 별도의 방법론을 제안하며, 이를 위해서 ‘레이어’라는 개념을 도입하였다.

일반적으로 레이어의 사전적 의미는 하나의 표면이나 여러 표면 사이를 덮고 있는 막[층/겹/켜] 또는 '(시스템 등의 일부를 이루는) 층(단계)'을 의미한다.12) 레이어는 복잡한 정보를 각 레이어로 분리하여 분석하거나, 단순한 레이어의 중첩으로 복잡한 형상을 구현할 수 있다. 또, 레이어별 구성 요소 수정만으로 신속한 신규 프로세스 생성이 가능하게 해준다. 그림 6은 레이어의 다양한 활용 사례를 보여준다.



[그림 6] 레이어의 활용 사례

본 논문에서는 '레이어' 개념을 가지고 생존성 구성요소를 정량화하여 배치 대안의 생존성을 평가하였으며, 공간배치 대안의 생존성 평가를 위해 '생존성 레이어'를 정량화된 생존성 수치가 할당된 격자로 표현된 층으로 정의하였다. '레이어' 적용은 생존성 구성 요소별 가시화를 통해 생존성 측면에서의 문제점을 식별/개선하기에 용이하고, 수시로 변경되는 공간배치 대안과 연동이 용이한 장점이 있다. 또, 생존성 구성요소의 변경이나 새로운 정의 프로세스가 적용될 경우에도 유연하게 적용 가능하다.



[그림 7] 배치대안의 생존성 평가에 대한 레이어 개념 적용

12) 옥스퍼드 영한사전(http://www.oxfordlearnersdictionaries.com/)

2.2 통합 생존성 평가 프로세스

본 논문에서는 배치대안에 대한 생존성을 평가하기 위해서 그림 8과 같이 생존성 평가 프로세스를 제안한다.

1. 배치대안 생성

   함정의 임무, 배치 구역, 일반배치 개념, 요구사항 등을 고려하여 배치대안을 생성한다.

2. 생존성 레이어 생성

   생존성의 구성요소인 피격성, 취약성, 회복성 레이어를 중첩하여 생성한다.

   2.1 피격성 레이어 생성 프로세스

   각 상황별 피격분포를 사전에 정의한 후, 함정의 임무유형 분석을 통해 가중치를 적용하여 생성한다. 자세한 정의 프로세스는 2.3절에서 설명한다.

   2.2 취약성 레이어 생성 프로세스

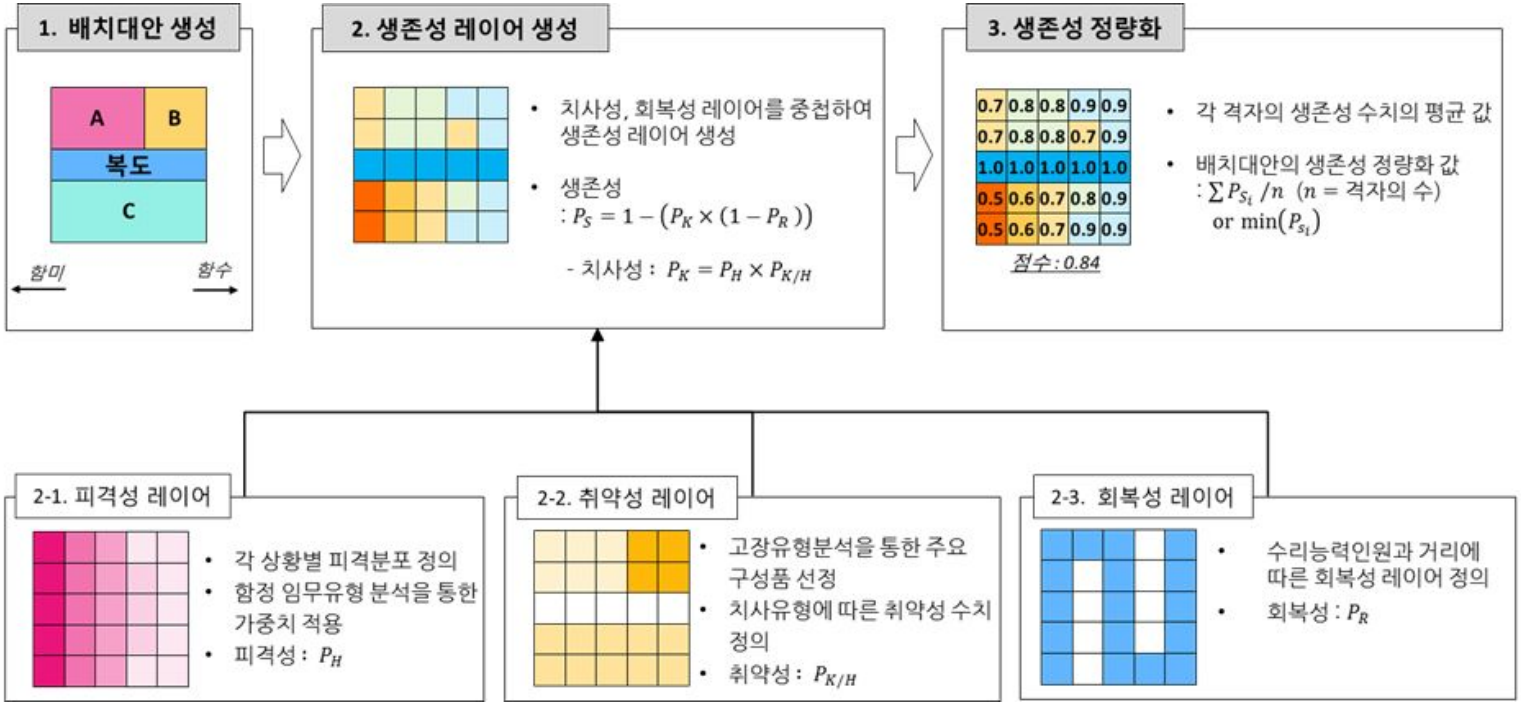
   FMEA(Failure Mode and Effective Analysis)와 FTA(Faule Tree Anlysis)를 통한 주요 구성품을 선정하고, 구성품의 치사유형에 따른 취약성 수치를 활용하여 생성한다. 자세한 정의 프로세스는 2.4절에서 설명한다.

   2.3 회복성 레이어 생성 프로세스

   수리인원과 거리 기반으로 회복성을 정의하여 생성한다. 자세한 정의 프로세스는 2.5절에서 설명한다.

3. 생존성 정량화

   생성된 생존성 레이어의 각 격자의 생존성 수치의 값으로 배치대안의 생존성을 정량화 하여 평가한다. 통상 격자의 평균 값 또는 최솟값을 해당 배치대안의 생존성 평가 값으로 정의한다.



[그림 8] 배치대안에 대한 생존성 평가 프로세스

2.3 피격성 레이어 정의 프로세스

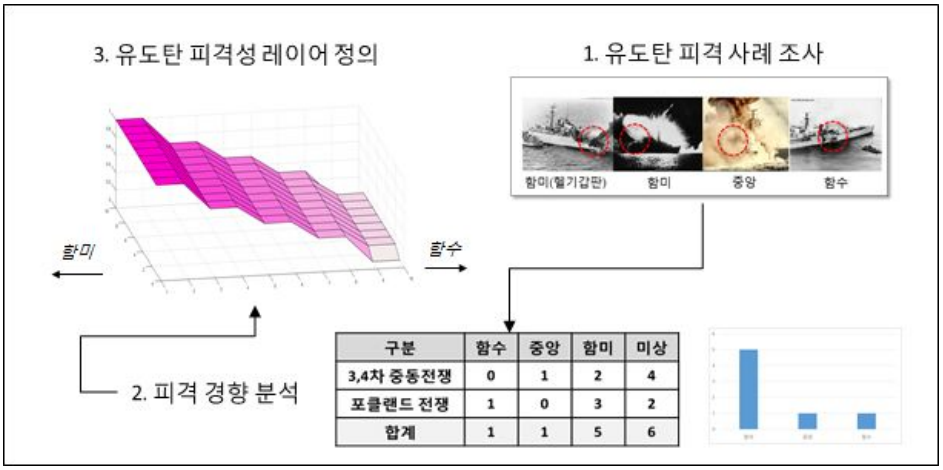
피격성 레이어는 함정이 위협무기에 피격될 확률을 격자에 할당하는 것으로 정의된다. 함정의 피격확률은 위협무기의 특성에 따라 결정되며, 생애주기에서 수행하게 될 시나리오별 위협무기의 가중치를 고려하여 생성한다. 피격성 레이어를 정의하는 전체적인 프로세스는 그림 9와 같다.

[그림 9] 피격성 레이어 정의 프로세스

1. 위협무기별 피격성 레이어 정의

   함정의 피격확률은 다양한 변수에 의해서 결정된다. 본 논문에서는 설계 초기 단계에서의 적용을 고려하여 위협무기의 특성에 따라 함정의 피격확률이 결정된다고 가정하여 피격성 레이어를 정의하였다. 각 위협무기는 특성에 따라 함정의 특정부분의 피격확률이 높아지게 되며, 이 확률 값을 격자에 할당하게 되면 각 위협무기별 피격성 레이어를 생성할 수 있다. 위협무기 특성에 따른 피격확률은 LFT&E(Live Fire Testing & Evaluation), Simulation Data, 또는 합리적 가정을 통해

서 정의할 수 있으며, 아래 그림 10은 사례 분석을 통해서 유도탄의 피격확률을 가정한 것이다.



[그림 10] 유도탄 피격성 레이어 정의 예시

2. 임무유형(MP, Mission Profile) 분석 및 가상 시나리오 생성

함정의 임무 및 성분작전(전투형태)를 기초로 함정이 생애주기 동안 수행하게 될 가상 전투 시나리오를 그림 11의 전투 시나리오 분석틀을 활용하여 수립한다.

1단계	2단계	3단계	4단계	5단계	6단계
목표 제시	가정 설정	핵심영향요소 식별 및 평가	시나리오 대안 제시	시나리오 작성 및 구체화	검증 및 완성

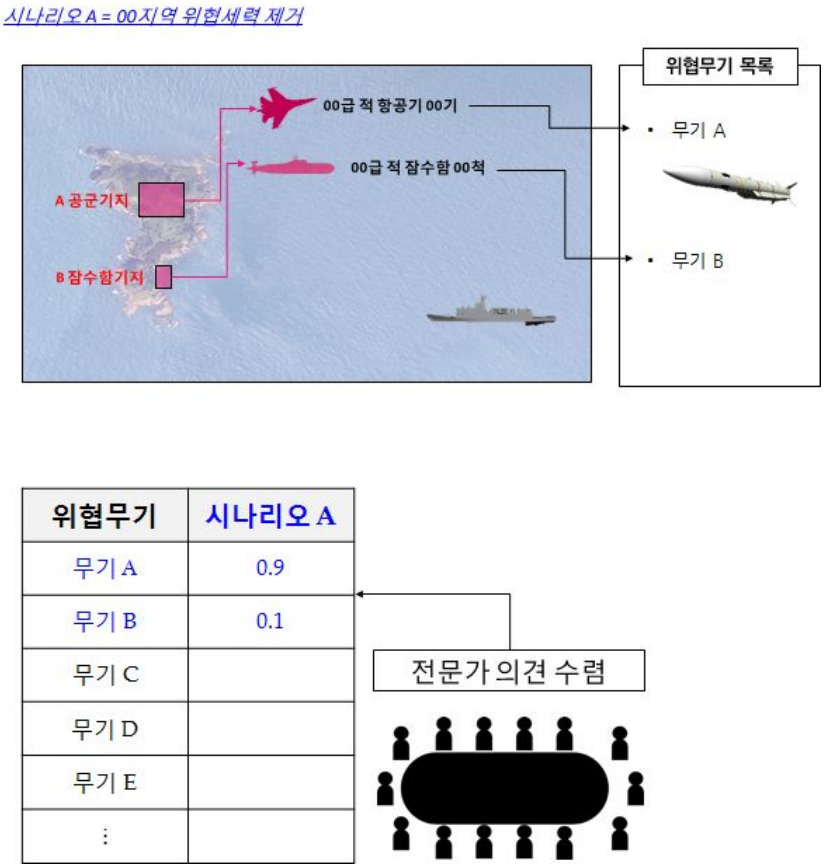
목표	임무	성분작전	전투 시나리오
함정의 목표	목표달성을 위해 수행해야 하는 주요 임무	주요 임무를 수행하기 위한 전투 형태	임무 및 전투형태를 기초로 특정 조건에 따른 전투 시나리오
적 위협세력 제거 (전시)	A작전 B작전 C작전 …	00전 00전 00전 …	시나리오 A [00지역, 00와 전투] 시나리오 B [00지역, 방어작전 수행] 시나리오 C [00지역, 경비작전 수행] …

[그림 11] 전투 시나리오 분석틀[13]과 가상 전투 시나리오 예시

13) 장원준 외, OMS/MP를 활용한 함정 RAM 목표값 설정 방법론 연구, 2014

3. 시나리오별 위협무기 가중치 선정

생성된 가상 시나리오에 따라서 작전(전투) 지역과 위협세력이 결정된다. 각 위협세력이 보유한 위협무기 목록을 통해 각 시나리오별 위협무기의 목록을 식별할 수 있다. 각 시나리오 별로 해당 위협무기가 함정에 피해를 줄 수 있는 확률을 전문가의 의견을 수렴하여 각 위협무기의 가중치를 선정한다. 위협무기에 대한 가중치 선정 시 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 적용하여 가중치를 선정할 수도 있다. 아래 그림 12는 가상 시나리오 A에 대한 시나리오 별 위협무기 가중치 선정 예시이다.



[그림 12] 시나리오 별 위협무기 가중치 선정 예시

. 시나리오 가중치 선정

함정의 주 임무와 역할에 따라 생성된 가상 시나리오 간의 중요도는 달라질 수 있다. 이를 반영하기 위해 전 단계와 같은 방법으로 전문가의 의견을 수렴하여 시나리오 가중치를 선정한다. 아래 그림 13은 시나리오 가중치를 선정한 예시이다.

위협무기	시나리오 A	시나리오 B	시나리오 C
무기 A	0.9		0.5
무기 B	0.1	0.3	
무기 C			
무기 D		0.5	0.5
무기 E		0.2	
합계	1.0	1.0	1.0

[그림 13] 시나리오 가중치 선정 예시

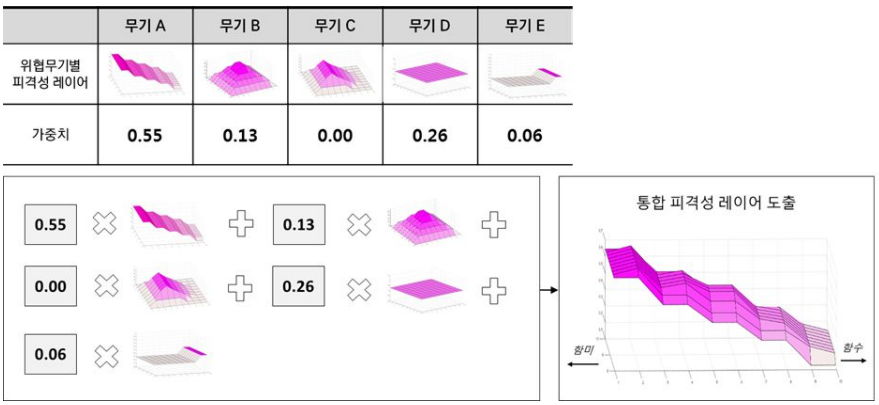
5. 통합 피격성 레이어 생성

시나리오별 위협무기 가중치에 시나리오 가중치를 곱하여 각 위협무기별 가중치의 합을 통합 시나리오 위협무기 가중치로 한다. 아래 그림 14는 통합 시니리오 위협무기 가중치를 산정한 예시이다.

위협무기	시나리오 A (0.5 / 주 임무)	시나리오 B (0.3)	시나리오 C (0.2)	가중치
무기 A	0.45 (= 0.90 × 0.50)		0.10 (= 0.50 × 0.20)	0.55
무기 B	0.05 (= 0.10 × 0.50)	0.09 (= 0.30 × 0.30)		0.13
무기 C				0.00
무기 D		0.15 (= 0.50 × 0.30)	0.10 (= 0.50× 0.20)	0.26
무기 E		0.06 (= 0.20 × 0.30)		0.06
합계	0.50	0.30	0.20	1.00

[그림 14] 통합 시니리오 위협무기 가중치 산정 예시

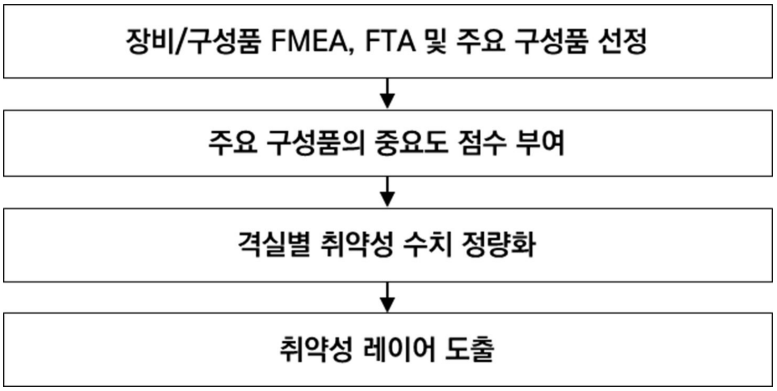
산정된 통합 시나리오 위협무기 가중치를 각 위협무기 피격성 레이어에 곱한 후 모든 피격성 레이어를 중첩하여 통합 피격성 레이어를 도출한다. 아래 그림 15는 통합 피격성 레이어 도출 예시이다.



[그림 15] 통합 피격성 레이어 도출 예시

2.4 취약성 레이어 정의 프로세스

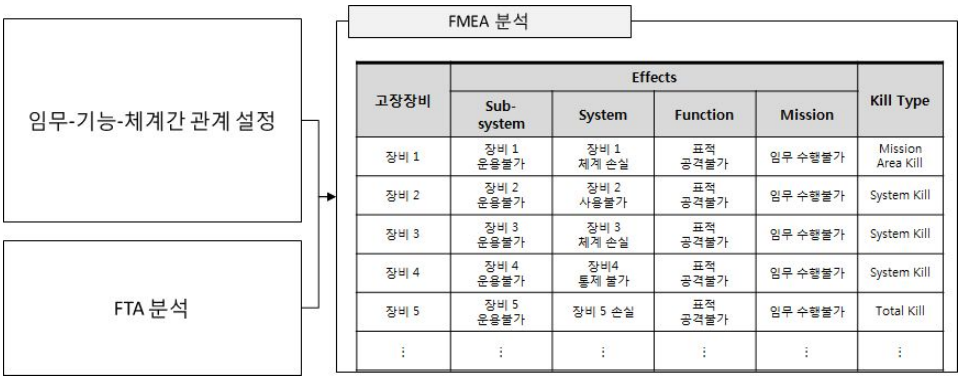
본 논문에서는 취약성 정의 시 신정학(2013)이 정립한 주요 구성품의 중요도 수치를 활용한 생존성 정량화 방안을 준용하여 격실별 취약성 값을 산정하고 이를 기반으로 취약성 레이어를 정의하였다. 취약성 레이어 정의 프로세스는 아래 그림 16과 같다.



[그림 16] 취약성 레이어 정의 프로세스

1. 장비/구성품 FMEA, FTA 및 주요 구성품 선정
   함정의 임무(Mission)-기능(Function)-체계(System)간의 관계를 설정하고 이 결과를 기반으로 FMEA와 FTA를 수행한다. FMEA는 각 장비가 파괴되는 경우의 함정 치사유형을 파악하여 주요 구성품을 선정하며, FTA는 FMEA의 신뢰성 확보를 위해 수행한다.[14] 그림 17은 장비/구성품 FMEA, FTA 및 주요 구성품 선정의 예시이다.

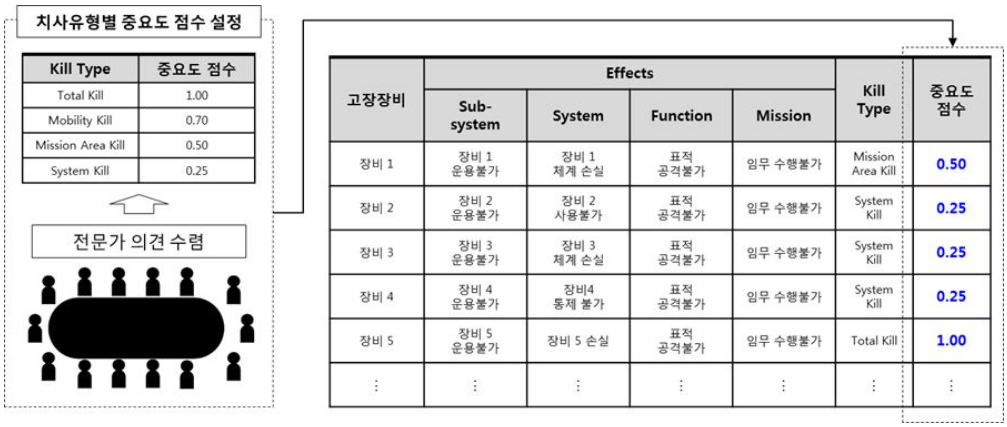
14) 신정학, 생존성을 고려한 함정 공간배치에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문, 2013



[그림 17] 장비/구성품 FMEA, FTA 및 주요 구성품 선정 예시

2. 주요 구성품의 중요도 점수 부여

주요 구성품에 함정의 치사유형(Kill Type)에 따른 중요도 점수를 할당한다. 함정의 임무와 체계의 중요도를 고려하여 전문가 의견을 수렴하여 치사 유형에 대한 중요도 점수를 설정한다.[15] 아래 그림 18은 치사유형별 중요도 점수를 설정하고 주요 구성품 파괴 시 해당 치사 유형의 중요도 점수를 설정하는 예시이다.

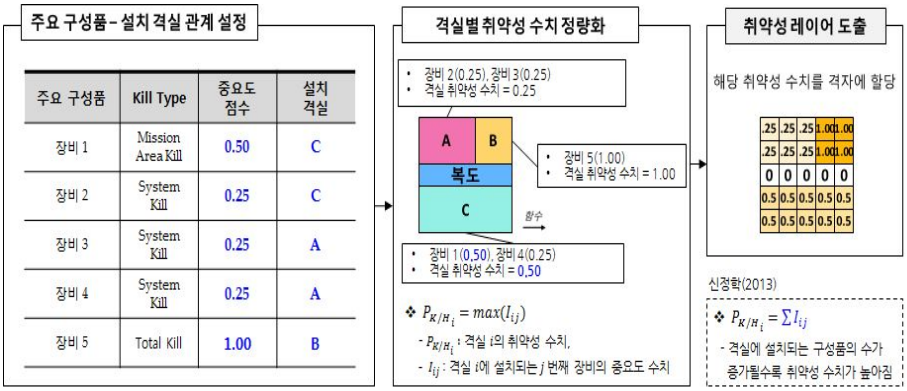


[그림 18] 주요 구성품의 중요도 점수 부여 예시

15) 신정학, 생존성을 고려한 함정 공간배치에 관한 연구, 석사학위논문, 서울대학교, 2013

3. 격실별 취약성 수치 정량화

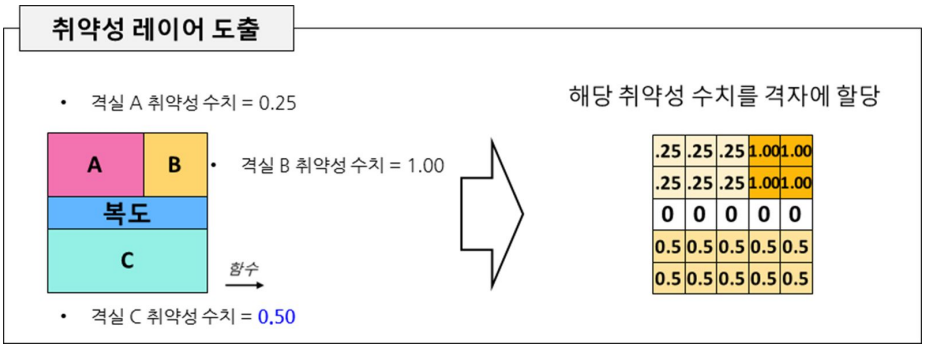
주요 구성품과 설치되는 격실간의 관계를 설정하고, 해당 격실에 설치되는 주요 구성품의 중요도 점수 중 최댓값을 해당 격실의 취약성 수치로 선정한다. 신정학(2013)은 격실의 취약성 수치를 격실에 설치되는 주요 구성품의 중요도 점수의 총합을 취하였다. 하지만, 격실에 설치되는 구성품의 수가 증가될 경우 취약성 수치가 높아지게 된다. 이 경우, 함정에 적은 영향을 미치는 주요 구성품이 많이 설치된 격실이 실제 중요한 주요 구성품이 설치된 격실보다 중요하게 평가되는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 격실의 취약성 수치 산정시 주요 구성품 중요도 수치의 평균 값 대신 최댓값을 사용하였다. 아래 그림 19는 격실 별 취약성 수치를 정량화하는 예시이다.



[그림 19] 격실별 취약성 수치 정량화 예시

4. 취약성 레이어 도출

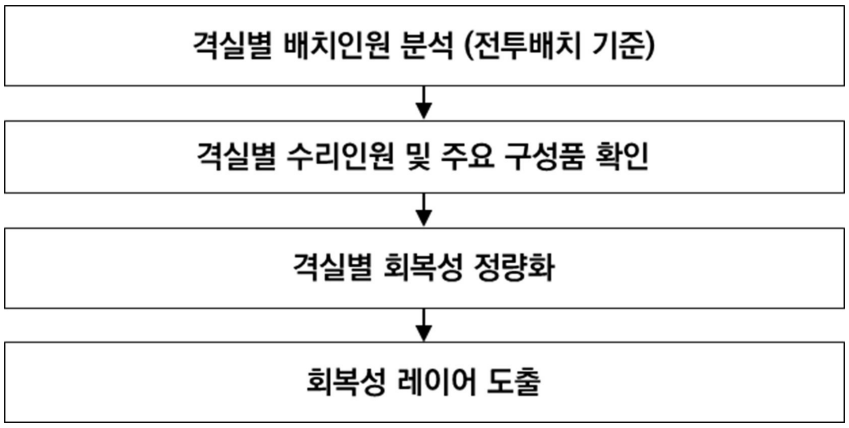
정량화된 격실별 취약성 수치의 값을 격자에 할당함으로써 취약성 레이어를 도출하게 된다. 아래 그림 20은 취약성 레이어를 도출하는 예시이다.



[그림 20] 취약성 레이어 도출 예시

2.5 회복성 레이어 정의 프로세스

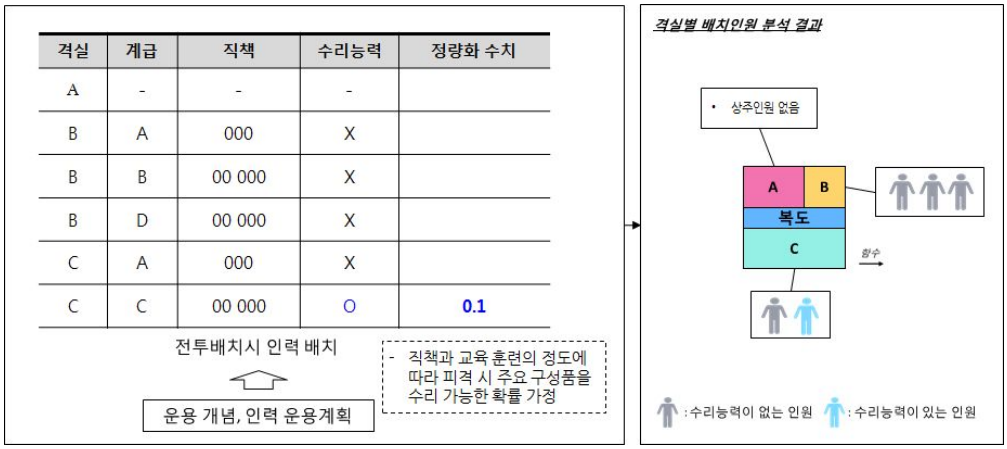
회복성 레이어는 함정이 피격 후 손상된 기능을 회복할 수 있는 확률값을 격자에 할당한 것을 의미한다. 본 논문에서는 회복성이 수리능력이 있는 인원의 수리능력과 위치에 따라서 회복확률이 결정된다고 가정하였다. 이런 가정은 레이어의 적용으로 인해 추후 새로운 회복성 정의 개념 적용 시 변경이 가능하다. 그림 21은 회복성 레이어 정의 프로세스를 보여준다.



[그림 21] 회복성 레이어 정의 프로세스

1. 격실별 배치인원 분석

   함정의 운용개념과 인력 운용계획을 바탕으로 격실별 배치인원을 분석한다. 전투 상황에서 손상된 함정을 수리(회복)한다고 가정하고 전투배치 상황에서 인력배치를 기준으로 격실별 배치인원을 분석한다. 해당 격실의 인원 중 직책과 교육·훈련 정도에 따라 피격 시 주요 구성품을 수리할 수 있는 확률을 가정하여 해당 인원의 수리능력을 정량화하여 부여한다. 그림 22는 격실별 배치인원 분석 및 회복성 정량화 수치 부여의 예시이다.

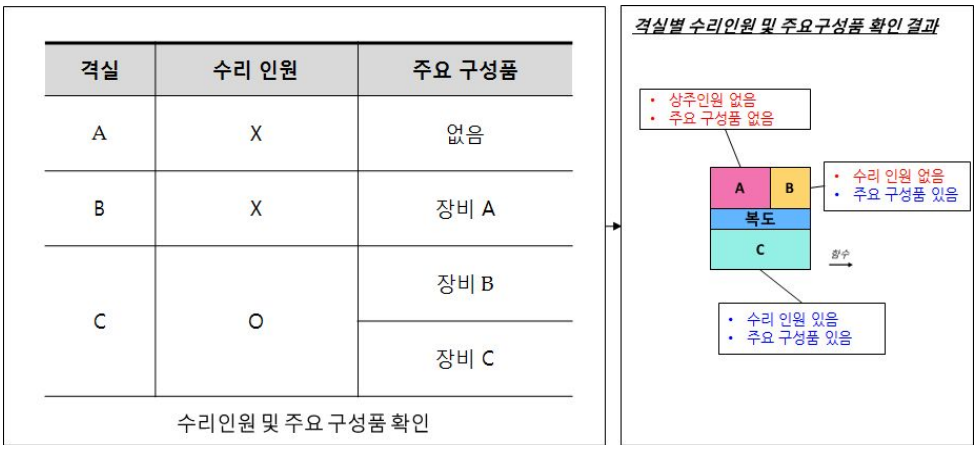


격실	계급	직책	수리능력	정량화 수치
A	-	-	-	
B	A	000	X	
B	B	00 000	X	
B	D	00 000	X	
C	A	000	X	
C	C	00 000	O	0.1

[그림 22] 격실별 배치인원 분석 및 회복성 정량화 수치 부여 예시

2. 격실별 수리인원 및 주요 구성품 확인

전 단계에서 확인한 격실별 배치인원 중 수리능력이 있는 인원의 유무와 격실별 주요 구성품 포함 여부를 확인한다. 그림 23은 격실별 수리인원 및 주요 구성품을 확인한 예시이다.



격실	수리 인원	주요 구성품
A	X	없음
B	X	장비 A
C	O	장비 B
		장비 C

[그림 23] 격실별 수리인원 및 주요 구성품 확인 예시

3. 격실별 회복성 정량화

전 단계에서 확인한 격실별 수리인원과 주요 구성품의 유무에 따라 세가지 유형으로 격실을 나누어 회복성을 정량화한다. 첫 번째 유형(A)은 수리인원의 유형에 상관없이 주요 구성품이 없는 격실 유형로 회복될 대상이 없기 때문에 해당 격실의 회복성은 0으로 한다. 두 번째 유형(C)은 수리인원과 주요 구성품이 모두 격실 내에 존재하는 유형이다. 이 경우, 각 수리인원의 회복성 정량화 수치의 합을 해당 격실의 회복성으로 한다. 마지막 유형(B)은 수리인원은 없으나 주요 구성품이 있는 격실이다. 해당 격실은 수리인원은 없으나 피격 후 손상된 주요 구성품을 인접 격실의 수리인원이 수리(회복)한다고 가정하여 회복성을 정한다. 본 논문에서는 두 번째 유형의 인접 격실의 회복성 정량화 값을 거리에 반비례하여 적용받는다고 가정하였다. 표 4는 격실 유형별 회복성 정량화 방안을 정리한 것이다.

[표 4] 격실 유형별 회복성 정량화 방안

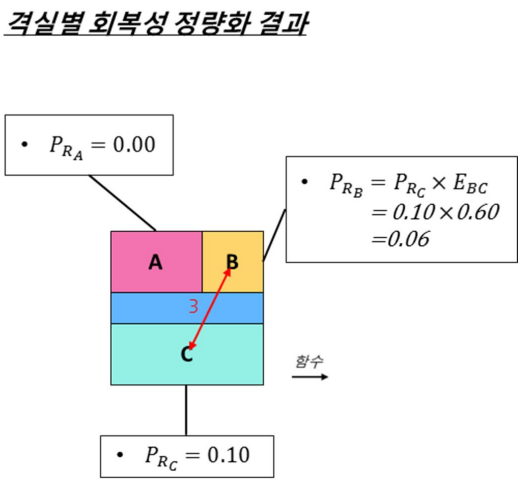
격실 유형	수리인원	주요 구성품	회복성 정량화 방안	설 명
A	X	X	$P_{R_i}=0$	회복 확률 0
(A)	O	X		
B	X	O	$P_{R_i}=P_{R_m}\times E_{im}$	영향계수와 수리인원이 있는 격실의 회복성 수치의 곱
C	O	O	$P_{R_i}=\sum R_{ik}$	수리 인원의 회복성 정량화 수치의 합

- P_{R_i} : 격실 i의 회복성 수치
- P_{R_m} : 격실 m의 회복성 수치
- E_{im} : 격실 m의 회복성이 격실 i에 미치는 영향 계수(거리에 반비례)

$$E_{im}=\begin{cases}1-\dfrac{\sqrt{(\overline{x_i}-\overline{x_m})^2+(\overline{y_i}-\overline{y_m})^2}}{L}, & (\text{if } \sqrt{(\overline{x_i}-\overline{x_m})^2+(\overline{y_i}-\overline{y_m})^2}<L)\\ 0 & , (\text{if } \sqrt{(\overline{x_i}-\overline{x_m})^2+(\overline{y_i}-\overline{y_m})^2}>L)\end{cases}$$

- R_{ik} : 격실 i에 배치된 k번째 수리인원의 회복성 정량화 수치

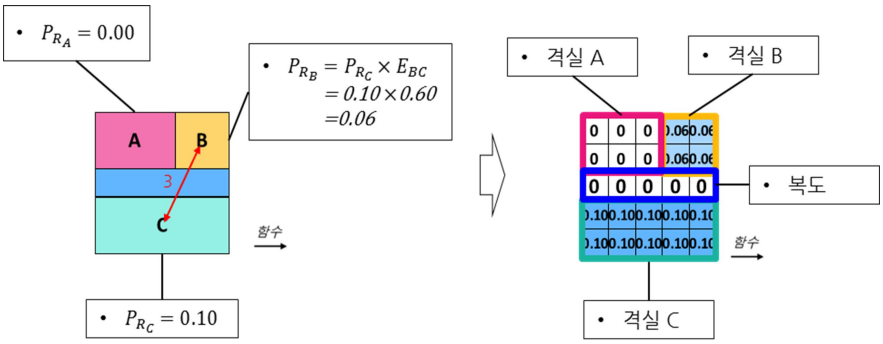
그림 24는 위의 주어진 조건과 회복성 정량화 방안을 통해 격실별 회복성 정량화를 한 결과이다.



[그림 24] 격실별 회복성 정량화 예시

4. 회복성 레이어 도출

정량화된 격실별 회복성 수치의 값을 격자에 할당함으로써 취약성 레이어를 도출하게 된다. 아래 그림 25은 회복성 레이어를 도출하는 예시이다.



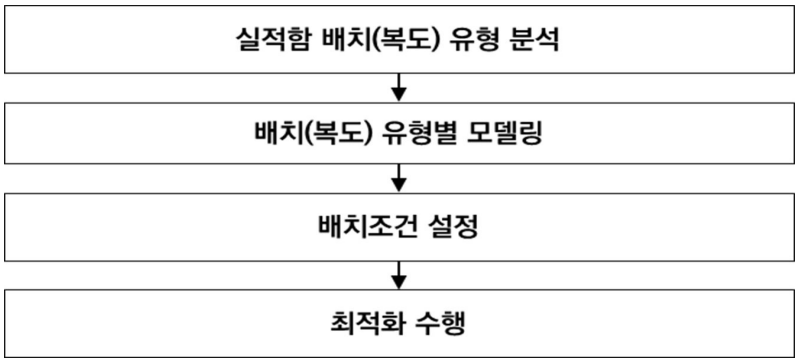
[그림 25] 격실별 회복성 레이어 도출 예시

제 3 장

3. 생존성을 고려한 함정 최적 공간배치 방법

3.1 함정 공간배치 문제의 최적화 적용 방안

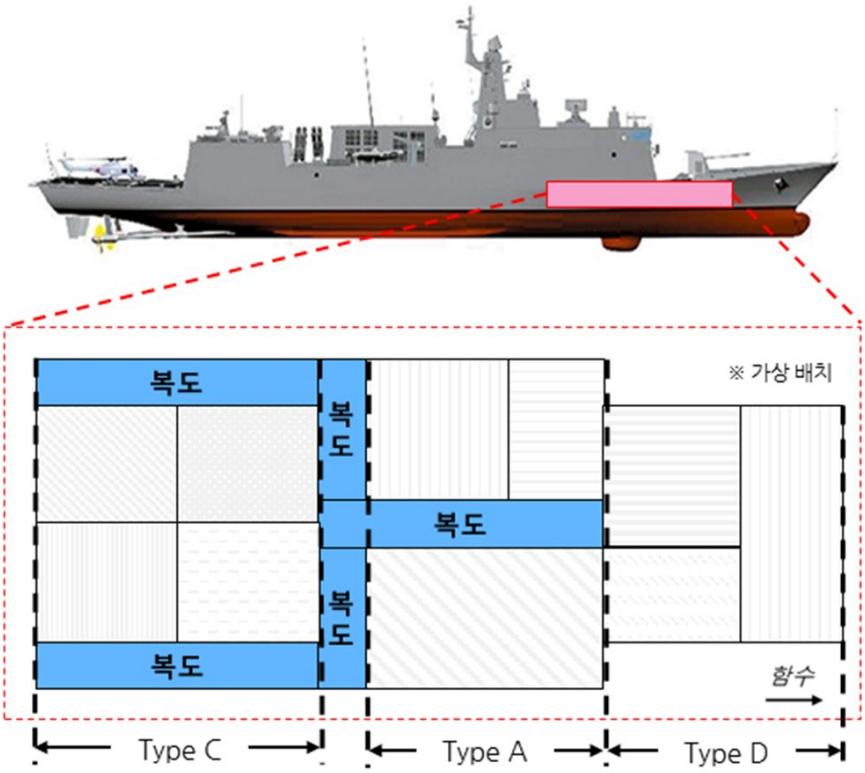
다양한 공간배치 대안 중에서 최적화된 배치대안을 찾아내기 위해서는 최적화 알고리즘의 적용이 필수적이다. 하지만, 최적화 알고리즘을 적용하기 위해서는 해당 공간배치를 표현할 수 있는 모델링이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 최적화 알고리즘 중 차분진화 알고리즘을 적용하여 공간배치 최적화를 수행하였다. 이를 위해 차분진화 알고리즘에서 필요로 하는 벡터 형식으로 공간배치 대안을 표현하는 방안에 대해서 제시한다. 또, 복잡한 공간배치 표현법을 유형별로 분류하여 단순화된 문제 접근을 제안한다. 함정 공간배치 문제 해결을 위한 최적화 적용 방안에 대한 전체적인 흐름은 아래 그림 26과 같다.



[그림 26] 함정 공간배치 최적화 적용 프로세스

1. 실적함 배치(복도) 유형 분석

함정의 공간은 폭이 좁고 앞뒤로 긴 특성을 가지고 있고 이로 인해 전형적인 배치 유형이 존재한다. 아래 그림 27은 함정의 일반적인 배치를 가상으로 표현한 것이다. 예를 들면 함수/미 쪽은 폭이 좁기 때문에 복도가 없이 격실들이 배치가 되며, 폭이 넓은 중앙부로 오게 되면 복도가 가운데 또는 양옆으로 배치되게 된다.

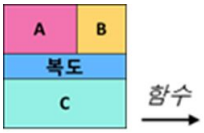
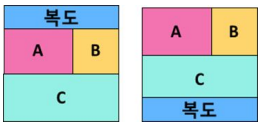
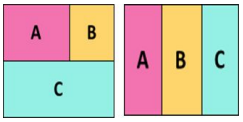


[그림 27] 함정 공간배치 예시

이런 함정 공간배치의 특성을 고려하면 복도를 기준으로 격실들이 배치되는 일반적이 유형이 존재하게 됨을 확인할 수 있다. 따라서, 공간배치 대안을 배치 구역에 따라 유형별로 정의하여 모델링 할 수 있으며, 이는 복잡한 문제를 단순하게 접근할 수 있게 한다.

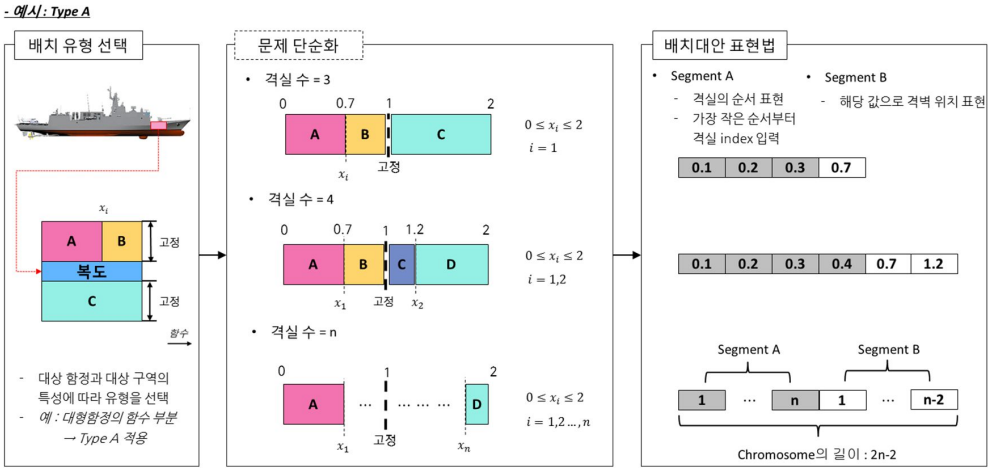
본 논문에서는 실적함의 배치 결과를 분석하여 일반적인 배치유형을 복도를 기준으로 5가지 유형으로 분류하였다. 아래 표 5는 본 논문에서 정의한 5개지 일반적인 배치 유형이며, 특성이 다른 함정 또는 상선에 적용 시 새로 정의할 수 있다.

[표 5] 배치(복도) 유형

구 분	설 명	형태 (예시)
Type A	• 복도가 가운데 1개 있는 유형 • 대형함정의 함수/미 부분이나 소형함정의 중앙부 배치 유형	
Type B	• 복도가 위 또는 아래에 1개 있는 유형 • 대형함정의 함미 부분(격납고 등)이나 중/소형 함정의 주통로 배치 유형	
Type C	• 복도가 위, 아래에 2개 있는 유형 • 중/소형 함정의 중앙부 배치 유형	
Type D	• 복도가 격실 사이 중앙에 2개 있는 유형 • 대형함정의 중앙부 배치 유형 • 특히, 침실구역 배치에 많이 사용	
Type E	• 복도가 없는 유형 • 폭이 좁은 함/수미 부분 배치 유형	

2. 배치(복도) 유형별 모델링

본 논문에서는 최적화 알고리즘으로 차분진화 알고리즘으로 적용하였다. 차분진화 알고리즘은 하나의 해를 벡터 형태로 표현하기 때문에 공간배치 대안을 벡터로 표현해야 한다. 본 논문에서는 전 단계에서 정의한 배치 유형별로 최적화 알고리즘에 대한 모델링을 제안한다. 이는 복잡한 공간배치 표현법을 단순화 할 수 있고, 동일한 형태를 유지하며 다양한 배치대안을 제시할 수 있다.



[그림 28] 배치(복도) 유형별 최적화 모델링 예시(Type A)

위 그림 28은 Type A에 대한 최적화 모델링 예시이다. 대상 함정(대형, 중형, 소형)과 구역(함수/미, 중앙부), 특정 요구사항에 따라 배치 유형을 선택한다. 배치 유형에 따라 각각 최적화 모델링을 수행한다. Type A는 가운데 복도가 있으며, 이 복도를 기준으로 좌/우현에 격실이 1열로 배치되는 전형적인 배치 유형이다. 이 유형의 경우 격실들의 순서와 격실을 분리하는 격벽의 위치의 값으로 표현 가능하다. Type A의 경우, 벡터는 segment A, B 2구역으로 나누어 표현한다. segment A는 격실의 순서를 표현하며 가장 작

은 순서부터 격실의 index를 입력한다. segment B에 값은 격벽의 위치를 나타낸다. Type A의 경우 segment A의 수는 격실의 수 (n)만큼 segment B의 수는 $n-2$ 만큼 필요하다.

3. 배치조건 설정

최적화를 수행하기 위해서는 목적함수와 제약조건이 정의되어야 한다. 본 논문에서는 목적함수는 요구면적 만족도(f_1)와 생존성 평가값(f_2)의 곱의 최댓값을 목적함수로 정의하였으며, 식으로 표현하면 식 (1)과 같다. 요구면적 만족도(f_1)는 격실(i)의 요구면적 만족도($f_{1,i}$) 중 최솟값이다. 생존성 평가값(f_2)은 격실(i)의 생존성 평가 값($f_{2,i}$) 중 최솟값이다. 목적함수의 값으로 최솟값을 취하는 것은 각 격실의 생존성 평가값의 편차를 줄이면서 생존성이 향상되는 효과가 있기 때문이다.

$$Maximize(f_0) \quad \cdots\cdots (1)$$

$$f_0 = f_1 \cdot f_2 \quad \cdots\cdots (2)$$

$$f_1 = \min(f_{1,i}) \quad \cdots\cdots (3)$$

$$f_2 = \min(f_{2,i}) \quad \cdots\cdots (4)$$

제약 조건은 배치유형에 따라 조금 다를 수 있다. Type A의 경우는 모든 격실이 배치(식 (5))되어야 하며, 격실이 복도를 침범하지 않는다는(식 (6)) 제약조건이 있다.

$$\textit{Subject to } g_1 = n \quad \cdots\cdots (5)$$

- g_1 : 배치된 격실의 수

$$\begin{cases} y_i < Y_{P_s}, \text{if } x_i \le 1 \\ y_i < Y_{P_f}, \text{if } x_i > 1 \end{cases} \quad \cdots\cdots (6)$$

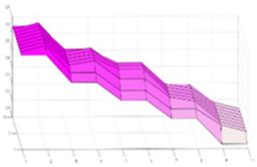
- y_i : 격실(i)의 y좌표
- x_i : 격실(i)의 격벽 위치

평가 방법과 제약조건이 정의되면, 공간을 배치하기 위한 세부조건을 입력한다. 배치를 위해 입력되어야 하는 조건으로는 배치 공간의 조건, 격실별 면적 요구조건, 배치 구역의 피격성 레이어 정보, 격실별 취약성 수치와 격실별 회복성 수치 등이다. 그림 29는 Type A에 대한 배치조건 예시이다.

배치 조건

- n : 배치해야 할 격실의 수
- X : 배치 구역의 길이 방향의 크기
- Y : 배치 구역의 횡 방향의 크기
- Y_{P_S} : 복도 시작 위치(횡 방향)
- Y_{P_F} : 복도 종료 위치(횡 방향)
- 피격성 레이어

0.65	0.50	0.39	0.28	0.14
0.66	0.55	0.48	0.33	0.18
0.66	0.55	0.5	0.33	0.18
0.66	0.55	0.44	0.33	0.18
0.65	0.50	0.39	0.28	0.14



- 격실별 면적 요구조건

구분	A	B	C
요구 면적	6	4	10

- 격실별 취약성 수치

구분	A	B	C
요구 면적	0.25	1.00	0.50

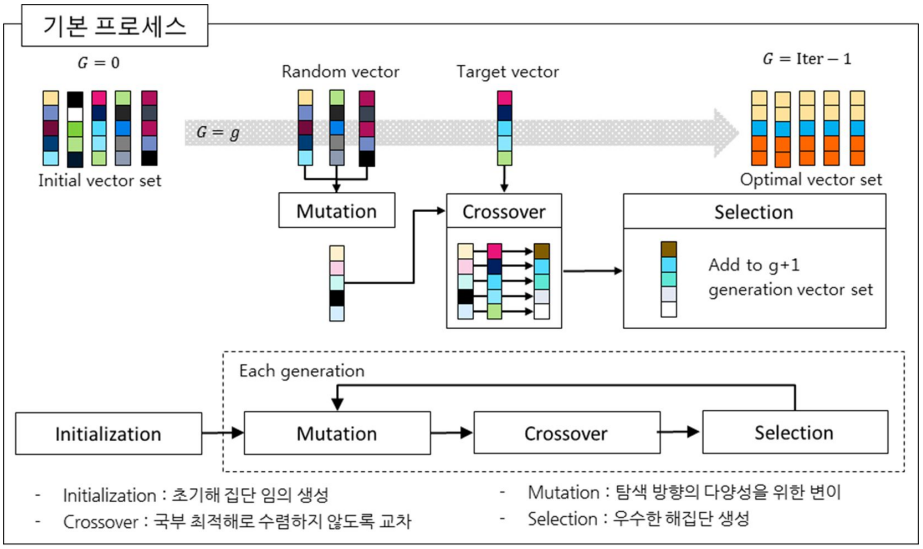
- 격실별 수리인원 배치(회복성) 수치

구분	A	B	C
인원수 (수리능력)	0.25	1.00	0.50

[그림 29] 배치 조건 예시(Type A)

4. 최적화 수행

본 논문에서는 차분진화 알고리즘[16]을 활용하여 최적화를 수행하였다. 차분진화 알고리즘은 진화적 접근법(Evolutionary strategy)을 사용하는 최적화 알고리즘이다. 제약조건 내에서 임의로 생성한 초기해 집단을 일정한 규칙으로 변경하며 전역 최적해를 탐색한다. 아래 그림 30은 차분진화 알고리즘의 기본 프로세스를 나타낸 것이다.



[그림 30] 차분진화 알고리즘의 기본 프로세스

차분진화 알고리즘은 4가지 제어인자를 통해서 최적해 탐색결과에 영향을 줄 수 있으며, 함정 공간배치 최적화시에도 4가지 제어인자를 적절히 조절하여야 최적배치 대안을 도출할 수 있다.

4가지 제어인자는 반복 횟수(Generation), 인구 수(Number of

16) R. Storn & K. Price, Differential Algorithm - Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces, Journal of Global Optimization, pp. 341-359, 1997

Population, NP), 가중치(F), 교배율(Crossover Ratio, CR)이다.

반복 횟수는 차분진화 알고리즘의 종료 조건을 결정하는 제어인자이며, 탐색 결과가 충분히 수렴할 수 있도록 충분히 큰 수로 설정한다.

인구 수(N)은 변수의 개수(D)를 기준으로 결정하며, 일반적으로 5D에서 10D 사이의 값을 사용한다. random vector를 3개 선택해야 하기 때문에 최소 4이상은 사용해야 한다. 문제의 복잡도가 높은 경우는 300이상을 추천한다.

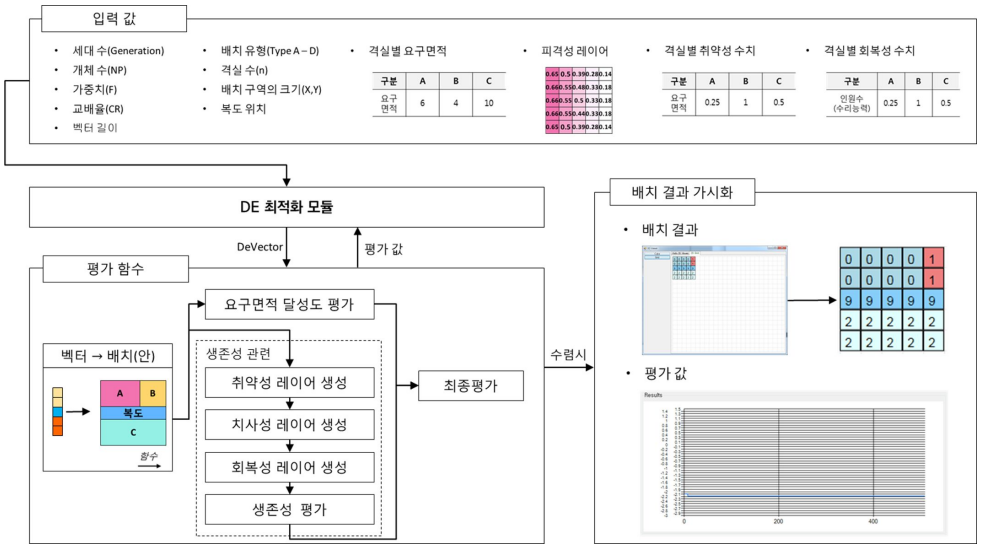
가중치(F)는 0에서 2까지의 값을 통상 사용하며 초기 값으로는 0.5를 추천하며, 탐색 결과가 너무 빨리 수렴하는 경우 값을 증가시키며 인구 수(NP)가 커질수록 가중치(F)는 값은 작게 선택한다.

교배율(CR)은 0.1에서 1사이의 값을 사용하며 초기 값으로는 0.3을 추천한다. 변수들 간의 연성이 큰 경우에는 0.8~0.9를 추천하고, 변수들 간의 연성이 작은 경우에는 0.1~0.2를 추천한다.[17)]

17) R. Storn & K. Price, Differential Algorithm - Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces, Journal of Global Optimization, pp. 341-359, 1997

3.2 공간배치 프로그램

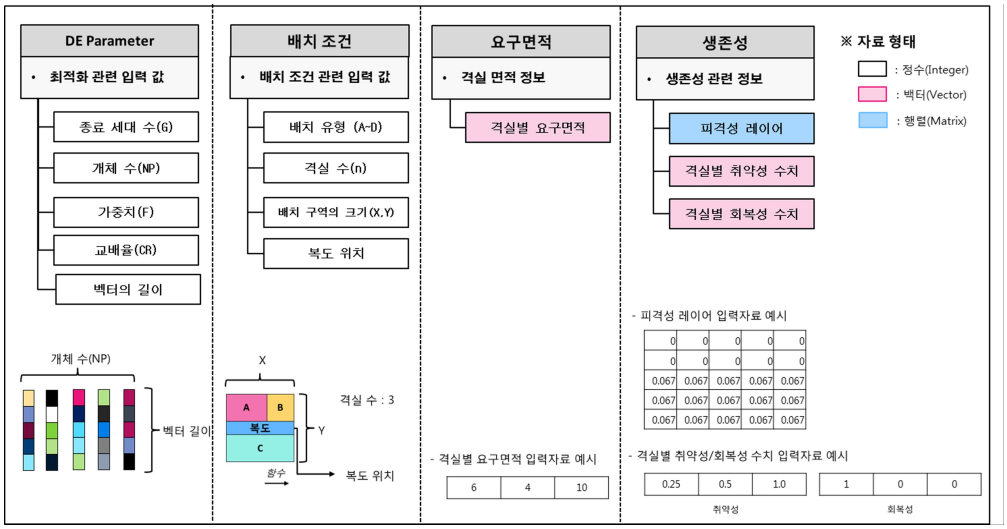
함정의 최적 공간배치 최적화를 수행하기 위해서 microsoft visual studio 2010 C#을 이용한 프로그램을 개발하였다. 프로그램의 전체적인 구성은 그림 31과 같다. 공간배치에 필요한 배치조건이 DE 최적화 모듈에 입력되면 최적화 모듈은 지정된 수의 임의의 벡터를 생성한다. 이 벡터를 배치대안으로 변환하여 요구면적 달성도 평가와 생존성 평가를 수행한다. 최종평가 값이 지정된 세대 수만큼 변화가 없으면 최적해에 수렴된 것으로 보고 배치 결과를 도출한다.



[그림 31] 공간배치 프로그램 구성도

공간배치 프로그램에 필요한 입력 자료는 크게 DE Parameter, 배치조건, 요구면적, 생존성 관련 정보이다. 본 논문에서는 입력 자료를 크게 4가지로 구분하였고, 요구되는 자료 형태를 아래 그림 32와 같이 정의하였다. DE Parameter는 최적화 알고리즘과 관련된 값으로 배치

문제에 따라서 적절한 값을 입력해야 한다. 3.1절에서 설명한 4가지 제어인자와 벡터의 길이로 구성되어 있다. 벡터의 길이는 배치 유형과 격실의 수에 의해서 결정된다. 배치 조건은 배치와 관련된 조건으로 배치 유형, 배치 격실의 수, 배치 구역의 전체 크기, 복도의 위치 등이다. 요구 면적은 격실별 요구하는 면적을 정의한 벡터 형태의 자료이다. 생존성 관련 정보는 생존성 구성요소인 피격성 레이어, 격실별 취약성 수치, 격실별 회복성 수치이다. 피격성 레이어는 행렬 행태를 취하며, 격실별 취약성 수치와 격실별 회복성 수치는 벡터 형태이다.



[그림 32] 입력자료 정의

제 4 장

4. 검증과 적용

4.1 공간배치 방법론의 검증

4장에서는 2장과 3장에서 정립한 방법론을 간단한 예제에 적용하고 분석함으로써 본 논문에서 제안하는 공간배치 방법론을 검증하였다.

4.1.1 Case I

Case I에서는 3개의 격실을 5×5 격자에 배치하는 단순한 문제를 통해서 의도된 배치가 도출되는지 확인하였다. 배치조건은 아래 표 6에 나타나 있다. 배치 유형은 복도가 가운데 있는 A이며, 복도의 위치는 가운데로 지정하였다.

[표 6] Case I - 배치 조건

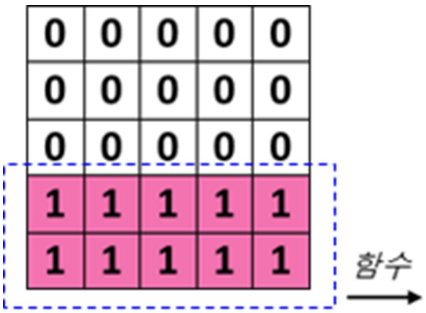
구 분	설 명	값
배치 유형	복도가 가운데 있는 유형	A
격실 수(n)	배치되어야 하는 격실 수	3
배치공간의 크기(X, Y)	배치 공간의 전체 크기	5×5
복도의 위치	복도의 위치(y값)	3

각 격실의 요구면적 만족도는 아래 표 7과 같다. Case I에서는 복도를 중심으로 격실이 위아래로 분리되며 '2' 번 격실이 한 면에 배치되도록 10의 요구면적을 설정하였다.

[표 7] Case I - 격실별 요구면적

격 실	요구 면적
0	6
1	4
2	10

배치 구역의 피격성 레이어는 아래 그림 33과 같이 정의하였으며, 이는 우현에 피격확률이 높도록 설정하였다.



[그림 33] Case I - 피격성 레이어

격실별 취약성 수치는 아래 표 8과 같으며, Case I에서는 회복성은 고려하지 않았다. 격실별 취약성 수치는 '2' 번 격실만 1의 값을 부여하여 피격성이 높은 구역에 배치되지 않도록 설정하였다.

[표 8] Case I - 격실별 취약성 수치

격 실	취약성 수치
0	0
1	0
2	1

DE parameter의 값으로는 표 9와 같이 입력을 하였다.

[표 9] Case I - DE parameter

구 분	값
세대 수	50
개체 수	50
가중치	0.60
교배율	0.75

상기 입력 자료로 공간배치 프로그램을 수행결과 아래 그림 34와 같이 배치대안이 도출 되었다. 배치결과를 보게 되면, 모든 격실이 요구면적을 만족하면서 취약성이 높은 '2번' 격실이 좌현에 배치되는 것을 확인 할 수 있다. '0' 번과 '1' 번 격실은 취약성이 0이기 때문에 우현에 배치되면 어느 순서로 배치되어도 상관없다. 때문에 최적 배치는 2가지가 된다. 그림 35는 Case I의 목적함수 그래프로 간단한 배치 문제이기 때문에 바로 수렴하는 것을 확인할 수 있다.

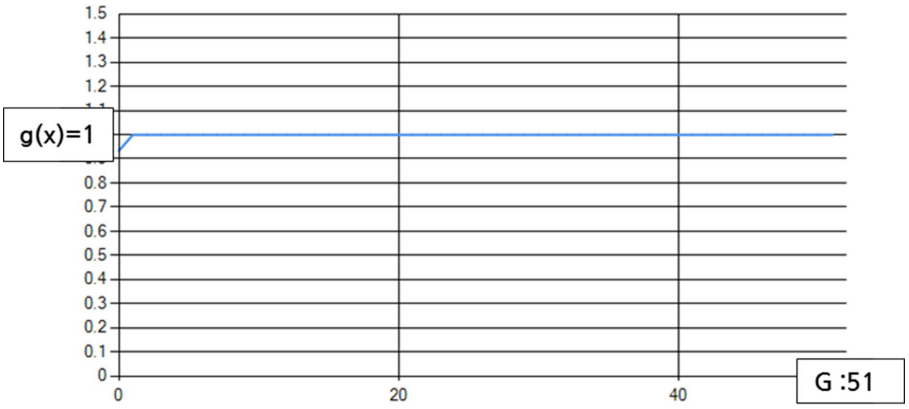
※ 0~2 : 격실, 11 : 복도

2	2	2	2	2
2	2	2	2	2
11	11	11	11	11
0	0	0	1	1
0	0	0	1	1

2	2	2	2	2
2	2	2	2	2
11	11	11	11	11
1	1	0	0	0
1	1	0	0	0

함수 →

[그림 34] Case Ⅰ - 배치 결과



[그림 35] Case Ⅰ - 목적함수 그래프

4.1.2 Case II

Case II에서는 많은 격실에서도 배치가 잘 수행되는지 확인하기 위해 10개의 격실을 10×5크기의 격자에 배치하였다. 배치조건은 아래 표 10에 나타나 있다. 배치 유형은 복도가 가운데 있는 A이며, 복도의 위치는 가운데로 지정하였다.

[표 10] Case II – 배치 조건

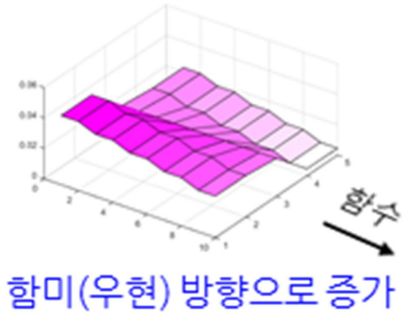
구 분	설 명	값
배치 유형	복도가 가운데 있는 유형	A
격실 수(n)	배치되어야 하는 격실 수	10
배치공간의 크기(X, Y)	배치 공간의 전체 크기	10×5
복도의 위치	복도의 위치(y값)	3

각 격실의 요구면적 만족도는 아래 표 7과 같다. Case II에서는 모든 격실이 동일 면적을 가지도록 4의 요구면적을 설정하였다.

[표 11] Case II - 격실별 요구면적

격 실	요구 면적
0	4
⋮	4
9	4

배치 구역의 피격성 레이어는 아래 그림 36과 같이 정의하였으며, 이는 함수좌현에서 함미우현으로 갈수록 피격확률이 점진적으로 높도록 설정하였다.



[그림 36] Case II - 피격성 레이어

격실별 취약성 수치는 아래 표 8과 같다. 격실별 취약성 수치는 격실 번호가 클수록 낮아지도록 설정했으며, 각 격실간 취약성 수치의 차는 0.1이다.

[표 12] Case II - 격실별 취약성 수치

격 실	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
취약성 수치	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

Case II에서는 회복성은 적용하지 않았다.

DE parameter의 값으로는 표 13와 같이 입력을 하였다.

[표 13] Case II - DE parameter

구 분	값
세대 수	1500
개체 수	200
가중치	3.0
교배율	0.1

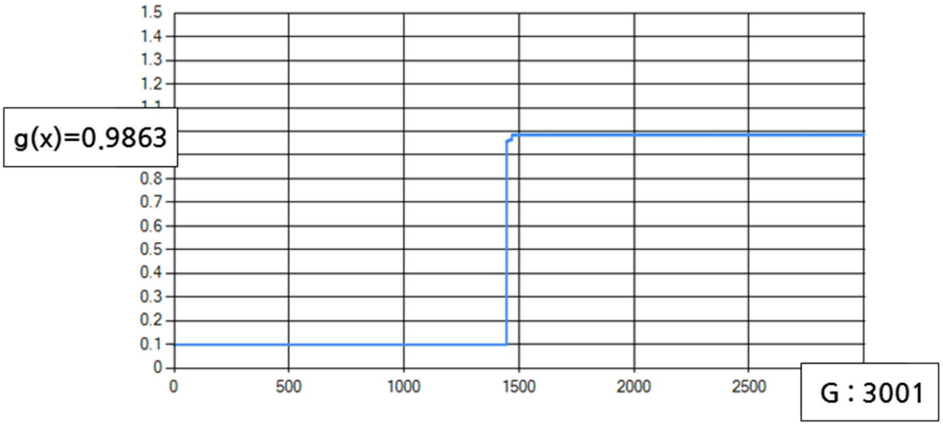
상기 입력 자료로 공간배치 프로그램을 수행결과 아래 그림 37과 같이 배치대안이 도출 되었다. 배치결과를 보게 되면, 모든 격실이 요구면적을 만족하면서 취약성이 높은 번호가 작은 격실이 피격성이 낮은 부분에 배치되는 것을 확인할 수 있다. 그림 38는 Case II의 목적함수 그래프이다.

※ 0~9 : 격실, 11 : 복도

4	4	3	3	2	2	1	1	0	0
4	4	3	3	2	2	1	1	0	0
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
9	9	8	8	7	7	6	6	5	5
9	9	8	8	7	7	6	6	5	5

함수 →

[그림 37] Case II - 배치 결과



[그림 38] Case II - 목적함수 그래프

4.1.3 Case III

Case III에서는 회복성의 영향을 확인하고자 회복성 수치를 적용하기 전과 후로 구분하여 배치를 수행하였다. 배치조건은 아래 표 14에 나타나 있다. 배치 유형은 복도가 가운데 있는 A이며, 복도의 위치는 가운데로 지정하였다. 인접 거리에 따른 회복성 영향을 확인하기 위해 복도의 폭을 크게 지정하였다.

[표 14] Case III – 배치 조건

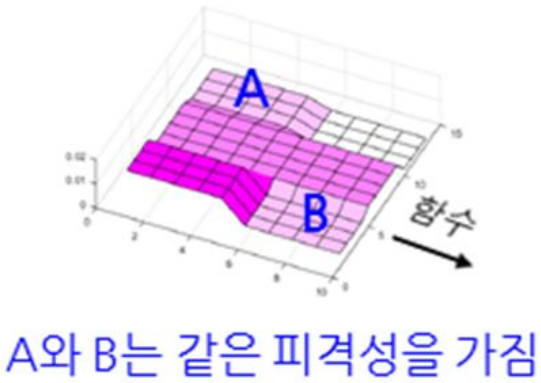
구 분	설 명	값
배치 유형	복도가 가운데 있는 유형	A
격실 수(n)	배치되어야 하는 격실 수	4
배치공간의 크기(X, Y)	배치 공간의 전체 크기	10×13
복도의 위치	복도의 위치(y값)	5~9

각 격실의 요구면적 만족도는 아래 표 15과 같다. Case II에서는 모든 격실이 동일 면적을 가지도록 20의 요구면적을 설정하였다.

[표 15] Case III - 격실별 요구면적

격 실	요구 면적
0	20
1	20
2	20
3	20

배치 구역의 피격성 레이어는 아래 그림 39과 같이 정의하였다. 피격확률은 함수좌현, 함미좌현(A)/함수우현(B), 함미우현순으로 큰 값을 가지며, A구역과 B구역은 동일한 피격확률을 가지도록 설정하였다.



[그림 39] Case III - 피격성 레이어

격실별 취약성 수치는 아래 표 16과 같으며, 격실별 취약성 수치는 격실 번호가 작을수록 낮아지도록 설정했으며, 각 격실간 취약성 수치의 차는 0.25이다.

[표 16] Case III - 격실별 취약성 수치

격 실	취약성 수치
0	1
1	0.50
2	0.25
3	0.00

격실별 회복성 수치는 아래 표 17과 같으며, 회복성이 격실배치에 미치는 영향을 확인하기 위해서 '3' 번 격실에만 0.10의 회복성 수치를 부여하였다.

[표 17] Case III - 격실별 회복성 수치

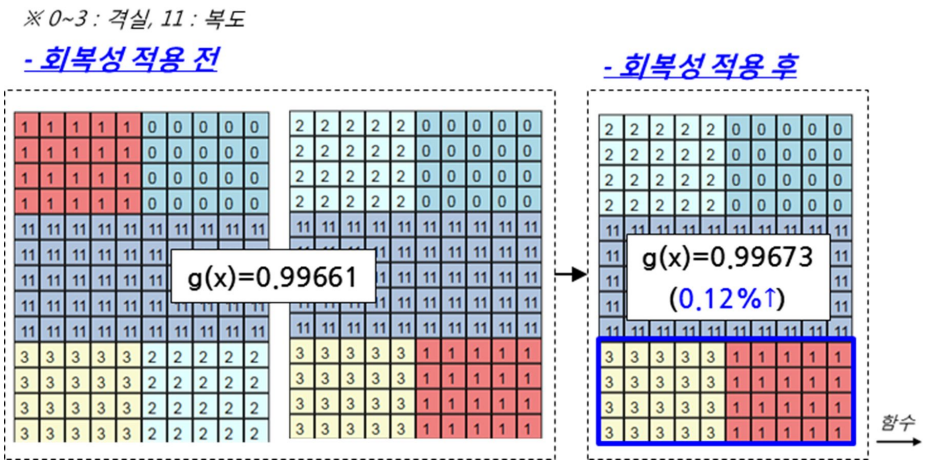
격 실	취약성 수치
0	0.00
1	0.00
2	0.00
3	0.10

DE parameter의 값으로는 표 18와 같이 입력을 하였다.

[표 18] Case III - DE parameter

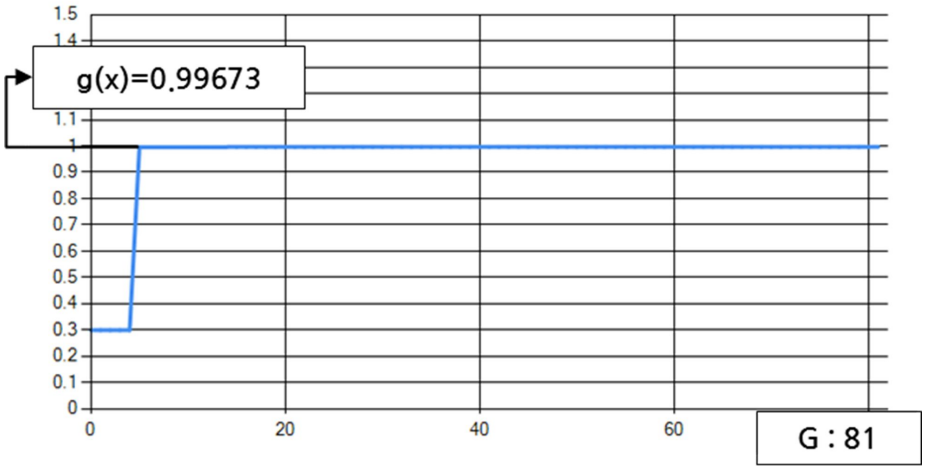
구 분	값
세대 수	50
개체 수	50
가중치	3.0
교배율	0.1

상기 입력 자료로 회복성을 적용하기 전과 후로 구분하여 공간배치 프로그램을 수행하였다. 배치결과는 아래 그림 40과 같다. 회복성 적용 전/후에 상관없이 모두 요구면적을 만족하는 배치결과를 도출하게 된다. 회복성 적용 전에는 A와 B구역의 피격성이 같기 때문에 '1' 번과 '2' 번 격실의 위치에 상관없는 최적배치 대안이 2개가 도출되나. 회복성을 적용하게 되면, 더 취약한 격실인 '1' 번 격실이 회복성에 영향을 주는 '3' 번 격실과 인접하게 되는 것을 확인 할 수 있다. 회복성 적용 후 배치결과의 목적함수를 보면 약 0.12% 증가한 것을 볼 수 있는데 이 중 0.1%는 '3' 번 격실 자체의 회복성이 반영된 수치이고, 0.02% 영향은 '3' 번 격실이 '1' 번 격실의 회복성에 영향을 준 것으로 판단된다.



[그림 40] Case III - 배치 결과(회복성 적용 전/후)

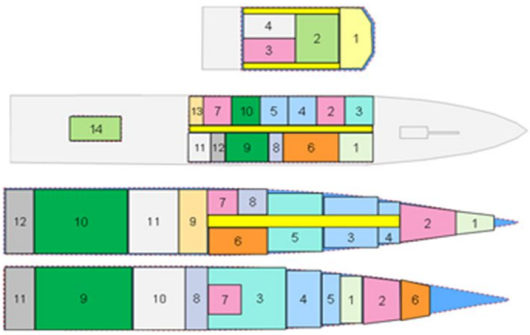
그림 41은 회복성 적용 시 목적함수 그래프이다.



[그림 41] Case III - 목적함수 그래프(회복성 적용 후)

4.2 함정 공간배치에 적용 및 분석

이 장에서는 2장과 3장에서 제안한 생존성 평가와 공간배치 방법론을 선행연구[18]에서 적용한 500톤급 가상함정에 적용하였다. 배치공간의 크기와 주요 격실 요구면적, 격실의 주요구성품 및 취약성 수치 등은 선행연구와 동일하게 적용되었다. 하지만 본 논문에서는 선행연구와 다르게 피격위치 대신에 배치구역에 피격 확률분포를 적용하였고, 격실의 취약성 수치를 산정시 합 대신 최댓값을 취하였다. 또, 회복성을 추가하여 고려하였다. 그림 42는 선행연구의 배치결과를 그림 43은 본 논문의 배치결과를 나타낸 것이다.



피격위치별취약성의합 $=\sum_1^n a_i = 252.8$

피격위치의수:94(좌,우현각47)

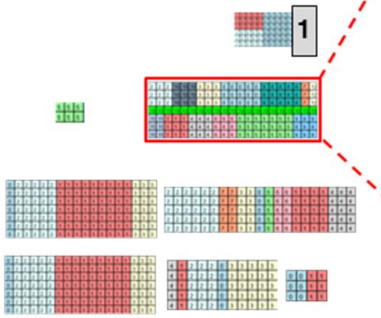
피격위치별피격확률=1/94

함정의취약성기대값$V_2 = 2.689$

[그림 42] 선행연구 배치결과[19]

18) 신정학, 생존성을 고려한 함정 공간배치에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문, 2013
19) 신정학, 생존성을 고려한 함정 공간배치에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문, 2013

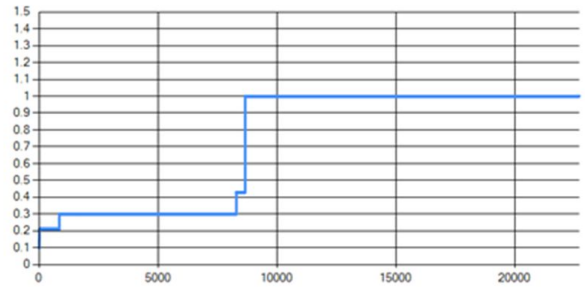
※ 선행연구와 동일한 격실 정보 적용



- Main Deck 배치결과

함수

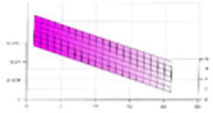
2	2	2	10	10	10	3	3	3	0	0	0	0	0	8	8	8	8	8	7	12
2	2	2	10	10	10	3	3	3	0	0	0	0	0	8	8	8	8	8	7	12
2	2	2	10	10	10	3	3	3	0	0	0	0	0	8	8	8	8	8	7	12
복도																				
11	11	1	1	1	4	4	4	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	9	9	9
11	11	1	1	1	4	4	4	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	9	9	9
11	11	1	1	1	4	4	4	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	9	9	9



구분	생존성 평가값
O-1 deck	0.9965
Main deck	0.9999
1st platform	0.9973
2nd platform	0.9973
최종(최솟값)	0.9965

- 주요 입력 값

피격성



취약성	
5,8,9	0.25
나머지	0.00

회복성	
5	0.10
나머지	0.00

[그림 43] 500톤급 가상함정 배치 결과

본 논문의 가상함정의 배치 적용시 피격성 레이어는 함수에서 함미로 갈수록 피격확률이 크도록 설정하였다. 취약성 수치는 선행연구와 동일한 주요 구성품의 취약성 수치 값을 활용 하였으나, 격실별 취약성 산정시 합 대신 최댓값을 취했기 때문에 선행연구에 비해 다소 낮은 취약성 수치 값을 가지게 되었다. 선행연구에서 고려하지 않은 회복성은 5번 격실에만 0.10의 수치를 설정하였다. 가상함정에 본 논문에서 제안하는 방법론을 적용 한 결과는 그림 43와 같다.

이 중 Main Deck의 배치결과에 대해서 분석한 결과, 예상한 바와 같이 취약성이 높은 격실이 상대적으로 피격확률이 낮은 함수부에 배치된 것을 확인할 수 있으며, 회복성 수치를 가지고 있는 사관실 근처에 취약성 수치가 있는 격실들이 인접하는 것을 확인 할 수 있다. 모든 격실은 요구면적을 만족하는 것을 확인 할 수 있다.

생존성 평가 값을 살펴보면, 선행연구에서는 격실별 취약성 산정시 주요구성품의 취약성 수치의 합을 격실의 취약성 수치로 하기 때문에 1이 넘는 값이 산출된다. 반면에, 본 논문에서는 모든 요구면적 만족도는 fuzzy utility function을 활용하여 0~1의 값을 가지도록 하였고, 생존성 평가 값도 0~1의 값을 가지도록 설정하였기 때문에 1이하의 값을 가지는 것을 확인 할 수 있다. 이같은 방식이 다른 함정과의 생존성 정량화 값 비교가 용이할 것으로 보인다. 또, 본 논문에서는 각 Deck별로 생존성을 평가하고 이 중 가장 작은 값을 이 함정의 생존성 정량화 값으로 정의하였다.

제 5 장

5. 결 론

본 눈문은 함정 성능을 극대화하기 위해서 설계초기부터 생존성능을 추정하고, Ball and Calvano(1994)가 정립한 기존의 생존성 개념에서 공간배치 대안에 대한 생존성 평가가 어렵다는 한계점을 극복하기 위해서 제한된 정보를 통해 공간배치 대안의 생존성을 평가할 수 있는 방법론을 제안하였다. 또, 함정 특성에 맞는 공간배치 문제를 최적화에 적용할 수 있도록 모델링 방안을 제시하였다. 이를 통해서 설계 초기단계에서부터 함정 배치대안 측면에서의 생존성 평가가 가능하고, 최적화 알고리즘을 통한 최적배치 대안 도출이 용이하도록 하였다.

공간배치 대한 생존성을 평가하는 방법론을 정립하기 위해 '레이어' 개념을 통한 배치대안 생존성 평가방안을 제시하였다. 이를 통해 생존성 구성요소를 각 레이어 형태로 표현함으로써 가시화가 용이하고 추후 생존성 프로세스 변경시에도 적용이 가능토록 하였다.
또, 생존성 구성요소인 피격성, 취약성, 회복성 레이어를 정의하는 프로세스를 제안하였다. 피격성은 위협무기 특성과 시나리오를 반영하여 정의하였으며, 취약성은 취약성 수치 정량화 방법을 선행연구에 비해 개선하여 합리적인 생존성 평가가 가능토록 하였다. 공간배치 시 고려되지 않은 회복성은 수리인원과 거리 기반으로 적용하였다.

함정 공간배치 문제 해결을 위한 최적화 방법에서는 함정의 특성을 고려한 배치(복도) 유형별 접근법으로 배치문제를 단순화하여 접근하였으며, 배치(복도) 유형별로 최적화 알고리즘에 적용하기 위한 모델링 방안을 제시하였다.

마지막으로, 상기 공간배치 방법론을 검증 및 적용하기 위해 선행연구에서 적용한 500톤급 가상 함정에 배치를 공간배치 프로그램을 활용하여 수행하고, 그 결과를 분석하여 방법론을 검증하였다.

본 논문의 기대효과로는 함정 설계 초기단계에서 제한된 정보로도 공간배치에 대한 정량적인 평가가 가능해 다양한 배치대안을 선정시 빠른 의사결정에 도움이 될 것으로 판단되며, 공간배치 프로그램을 통해 함정 일반배치도 작성시 설계 자동화에 기여할 것으로 기대된다.

향후에는 2차원 공간배치가 아닌 3차원 공간배치에 대한 연구가 필요하며, 함정 공간배치 문제해결에 적합한 다른 최적화 알고리즘을 적용하여 효율성을 향상시켜야 할 것이다. 또, 다목적 최적화를 적용하여 설계변수의 가중치에 따른 최적배치 대안을 도출하는 것도 필요하다고 생각된다.

참고문헌

[1] Ball and Calvano, “Establishing the Fundamentals of a Surface Ship Survivability Design Discipline”, 1994

[2] B. Tibbitts, R.G. Keane Jr., “Acqusition Reform : It All Starts With Design”, Naval Engineers Jouranl, Jan, 1999

[3] Charles Gallagher, “Combatant Ship Engineering, A Different Approach”, Naval Engineers Journal 4:91~98, 2011

[4] Daniels, A. S., Tahmasbi, F., and Singer, D. J., “ISA Passage Variable Lattice Network Studies and Results”, Naval Engineers Journal, Vol. 122, Issue 2, June 2010

[5] Jin Choi et al, “Damage scenarios and an onboard support system for damaged ships”, Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng. 6:236~244, 2014

[6] Michael G. Parsons et al., “Intelligent Ship Arrangements : A New Approach to General Arrangement”, American Society of Naval Engineers #3, pp. 51-65., 2008

[7] Murther R, “Systematic Layout Planning 2nd Edition”, Cohners, 1973

[8] Nick, E. K., “Fuzzy Optimal Allocation and Arrangement of Spaces in Naval Surface Ship Design”, Ph. D Thesis, The University of Michigan, 2008

[9] R. Storn, K. Price, “Differential Algorithm - Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces”, Journal of Global Optimization, pp. 341-359., 1997

[10] Waltham-Sajdak et al., “Quantification of Naval Combatant’s Susceptibility as a Means of Enhancing Survivability”, Naval ship Technology Seminar, 2014

[11] 강희진, “비즈니스 모델 기반의 함정 손상통제지원시스템 설계”, 서울대학교 석사학위 논문, 2010

[12] 김광식, “함정 취약성 평가를 위한 절차적 방법에 관한 연구”, 인하대학교 석사학위 논문, 2011

[13] 김광식, 이장현, “취약면적 기반의 함정 취약성 간이 평가 방법에 관한 연구”, 대한조선학회 논문집, 제 48권, 제 5호, 2011

[14] 김광식 등, “함정 통합 생존성 분석을 위한 절차적 방법론 연구”, CAD/CAM학회 학술발표회, 2012

[15] 김성호, “발포알루미늄 패널을 이용한 함정용 폭발강화 수밀격벽 개발”, 한국과학기술원(KAIST) 석사학위 논문, 2015

[16] 김영민 등, “Differential evolution 알고리즘을 이용한 생존성 기반의 함정 격실배치 애플리케이션 개발”, CAD/CAM학회 논문집, 제 19권, 제4호, 2014

[17] 김주영, “가중치 적용 점수 환산법을 이용한 항공기 전투 생존성 연구”, 세종대학교 석사학위 논문, 2012

[18] 대한조석학회, “함정”, 텍스트 북스, 2015

[19] 민군 합동 조사단, “합동조사결과 보고서 천안함 피격사건”, 대한민국 국방부, 2010

[20] 박준길, “함정 생존성 향상을 위한 피격성 감소설계 정립 연구”, 충남대학교 석사학위 논문, 2006

[21] 안병권, 유재문, “M&S를 통한 함정의 침수상황 가시화 및 손상통제기법 연구”, 대한조선학회 논문집, 제 44권, 제 5호, 2007

[22] 이선우, “탐승자 안전성 및 생존성을 고려한 헬리콥터의 내충격성에 관한 연구”, 서울대학교 석사학위 논문, 1999

[23] 임길혁, “함정의 취약성 해석기법에 대한 연구”, 충남대학교 석사학위 논문, 2006

[24] 서채연, 김영철, “모델변환을 이용한 비즈니스 프로세스 프레임워크 5레이어 모델 자동구축방안”, 한국인터넷방송통신학회 논문지 제 13권 제 1호, 2013

[25] 신윤호 등, “함정 간이 취약성 해석 프로그램 개발에 대한 연구”, 대한조선학회논문집, 제50권, 제 6호, 2013

[26] 신윤호, 정정훈, “함정 생존성 향상설계를 위한 요구조건 개발에 관한 연구”, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2011

[27] 신정학, “생존성을 고려한 함정 공간배치에 관한 연구”, 서울대학교 석사학위논문, 2013

[28] 장왕석 외, “생존성을 고려한 유전 알고리즘 기반 함정 공간배치 알고리즘 구현”, CAD/CAM 학회 학술발표회, 2014

[29] 장원준 외, “OMS/MP를 활용한 함정 RAM 목표값 설정 방법론 연구”, 2014

[30] 정정훈 등, “함정 생존성 설계기술 개발의 필요성 및 관련 국내기술의 발전방향”, 대한조선학회 논문집, 제 43권, 4호, 2006

[31] 조덕현, “전쟁사 속의 해전”. 해군사관학교 한국해양사편찬위원회,

2011

[32] 최봉완, 이찬선, “함정(공기부양정) 취약성 분석방법 연구”, 한국군사과학기술학회지, 제 13권, 제 6호, 2010

[33] 최영수, “간이 취약성 평가를 통한 함정의 폭발강화격벽 배치 설계에 관한 연구”, 한국과학기술원(KAIST) 석사학위 논문, 2015

[34] 칼 스미스, “진주만 1941”, 플래닛미디어, 2008

[35] 한성남, “함정의 최적 격실 배치 설계에 관한 연구”, 서울대학교 석사학위 논문, 2001

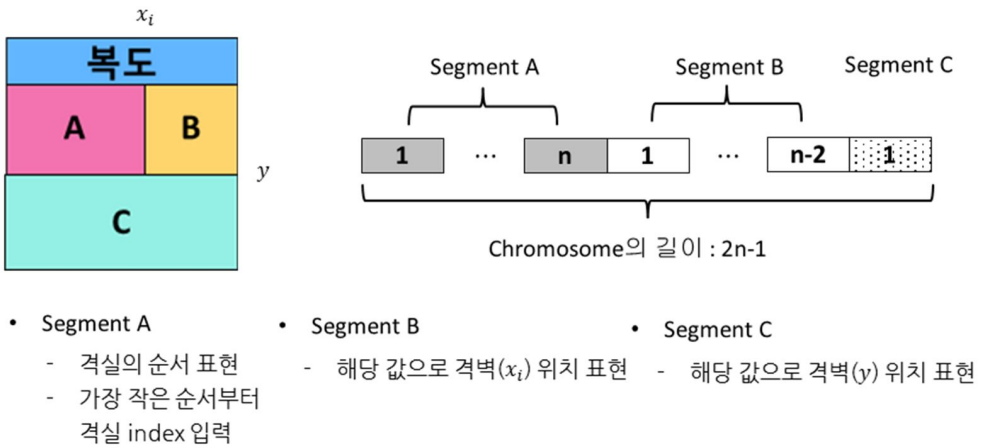
[36] 해군본부, “함정 설계/건조 기준”, 2005

[37] 옥스퍼드 영한사전(http://www.oxfordlearnersdictionaries.com/)

부록 A. 배치 유형별 차분진화 알고리즘 모델링

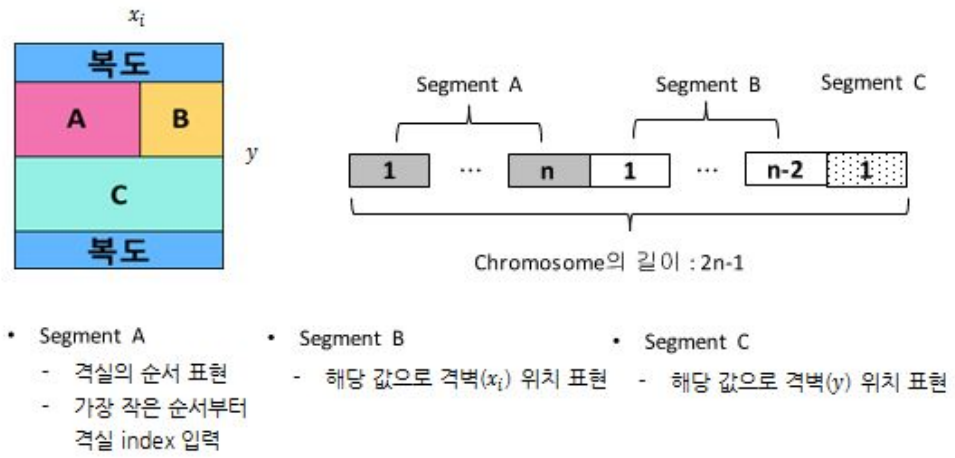
배치 유형에 따라 차분진화 알고리즘으로 표현되는 배치대안의 모델링 방식이 달라진다. 부록 A에서는 본문에서 다루지 않은 Type B~E의 최적화 모델링 방안에 대해서 다루었다.

Type B는 복도가 위 또는 아래에 1개 있는 유형으로 대형함정의 함미 부분(격납고 등)이나 중/소형 함정의 주통로에 배치된다. 본 논문에서는 격실의 배치가 3열 이상 되지 않는다고 가정하고, 2열 기준으로 모델링을 수행하였다. 그림 44은 Type B의 최적화 모델링 방안이다.



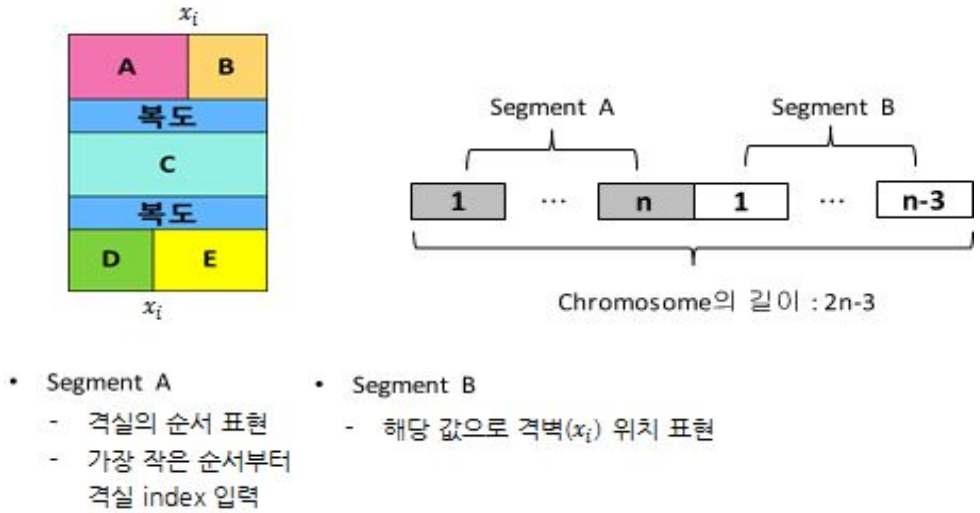
[그림 44] Type B 최적화 모델링 방안

Type C는 복도가 위,아래에 2개 있는 유형으로 중/소형 함정의 중앙부에 배치된다. 본 논문에서는 격실의 배치가 3열 이상 되지 않는다고 가정하고, 2열 기준으로 모델링을 수행하였다. 그림 45은 Type C의 최적화 모델링 방안이다.



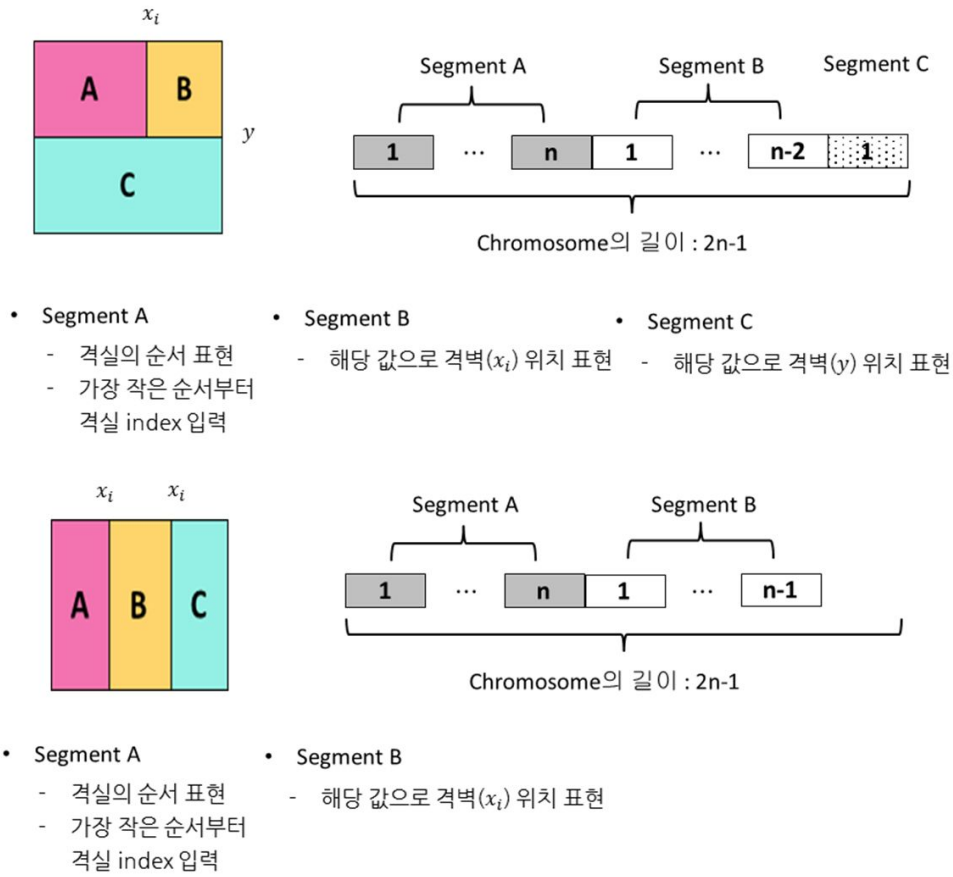
[그림 45] Type C 최적화 모델링 방안

Type D는 복도가 격실 사이 중앙에 2개 있는 유형으로 대형 함정의 중앙부에 배치된다. 본 논문에서는 복도 사이 격실의 배치가 2열 이상 되지 않는다고 가정하고, 1열 기준으로 모델링을 수행하였다. 그림 46은 Type D의 최적화 모델링 방안이다.



[그림 46] Type D 최적화 모델링 방안

Type E는 복도가 없는 유형으로 폭이 좁은 함/수미 부분에 배치된다. 본 논문에서는 복도 사이 격실의 배치가 3열 이상 되지 않는다고 가정하고, 2열 기준으로 모델링을 수행하였다. 그림 47은 Type E의 최적화 모델링 방안이다.



[그림 47] Type E 최적화 모델링 방안

부록 B. 500톤급 가상함정 공간배치 입력자료

1. 격실별 요구면적

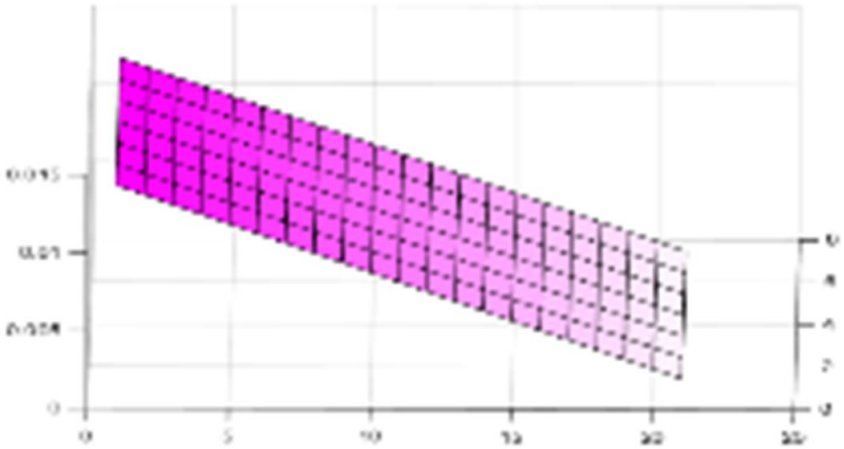
[표 19] 격실별 요구면적(500톤급 가상함정)

갑 판	격실명(번호)	요구 면적
0-1 Level	격실 1-1(-)	고정
	격실 1-2(0)	30
	격실 1-3(1)	15
	격실 1-4(2)	15
Main Deck	격실 2-1(0)	15
	격실 2-2(1)	9
	격실 2-3(2)	9
	격실 2-4(3)	9
	격실 2-5(4)	9
	격실 2-6(5)	21
	격실 2-7(6)	9
	격실 2-8(7)	3
	격실 2-9(8)	15
	격실 2-10(9)	9
	격실 2-11(10)	9
	격실 2-12(11)	6
	격실 2-13(12)	3
	격실 2-14(-)	6

Platform-전부	격실 3-1(0)	5
	격실 3-2(1)	20
	격실 3-3(2)	30
	격실 3-4(3)	10
	격실 3-5(4)	15
	격실 3-6(5)	5
	격실 3-7(6)	10
Platform-후부	격실 3-8(0)	7
	격실 3-9(1)	63
	격실 3-10(2)	35
	격실 3-11(3)	21
Hold-전부	격실 4-1(0)	6
	격실 4-2(1)	6
Hold-중앙	격실 4-3(0)	5
	격실 4-4(1)	5
	격실 4-5(2)	15
	격실 4-6(3)	25
	격실 4-7(4)	5
Hold-후부	격실 4-8(0)	7
	격실 4-9(1)	63
	격실 4-10(2)	35
	격실 4-11(3)	21

2. 피격성 데이터

적용 예제에서 사용된 피격성 데이터는 동일하게 함수부에서 함미부로 증가되는 경향의 데이터를 사용하였다.



[그림 48] 가상함정 적용 피격성 데이터

3. 취약성 데이터

신정학(2013)에서 적용한 데이터를 기반으로 취약성을 정량화하였으나, 본 논문에서는 장비의 취약성 수치의 합이 아닌 최댓값을 사용하였다.

[표 20] 취약성 데이터(500톤급 가상함정)

격실명	배치 갑판	설치 장비 목록	격실 취약성	
			선행연구	본 논문
격실 1-1 (-)	O-1	-	0	0
격실 1-2 (0)	O-1	장비 1, 장비 2, 장비 3, 장비 4, 장비 5	1.55	0.4

격실명	배치 갑판	설치 장비 목록	격실 취약성	
			선행연구	본 논문
격실 1-3 (1)	O-1	장비 6, 장비 7, 장비 8	1.05	0.25
격실 1-4 (2)	O-1	장비 9	0.25	0.25
격실 2-1 (0)	Main	-	0	0
격실 2-2 (1)	Main	-	0	0
격실 2-3 (2)	Main	-	0	0
격실 2-4 (3)	Main	-	0	0
격실 2-5 (4)	Main	-	0	0
격실 2-6 (5)	Main	장비 10, 11	0.5	0.25
격실 2-7 (6)	Main	-	0	0
격실 2-8 (7)	Main	-	0	0
격실 2-9 (8)	Main	장비 12, 장비 13, 장비 14, 장비 15	1	0.25
격실 2-10 (9)	Main	장비 16, 장비 17	0.5	0.25

격실명	배치 갑판	설치 장비 목록	격실 취약성	
			선행연구	본 논문
격실 2-11 (10)	Main	-	0	0
격실 2-12 (11)	Main	-	0	0
격실 2-13 (12)	Main	-	0	0
격실 2-14 (-)	Main	장비 18	1	1
격실 3-1 (0)	Plat	-	0	0
격실 3-2 (1)	Plat	장비 19	1	1
격실 3-3 (2)	Plat	-	0	0
격실 3-4 (3)	Plat	-	0	0
격실 3-5 (4)	Plat	-	0	0
격실 3-6 (5)	Plat	-	0	0
격실 3-7 (6)	Plat	-	0	0
격실 3-8 (0)	Plat	-	0	0
격실 3-9 (1)	Plat	장비 20	0.95	0.7

격실명	배치 갑판	설치 장비 목록	격실 취약성	
			선행연구	본 논문
격실 3-10 (2)	Plat & Hold	장비 21/22, 장비23, 장비 24/25	3.2	0.7
격실 3-11 (3)	Plat & Hold	장비 26/27	1.4	0.7
격실 4-11 (3)	Plat & Hold	장비 28	0.7	0.7
격실 4-1(0)	Hold	-	0	0
격실 4-2(1)	Hold	장비 29	1	1
격실 4-3(0)	Hold	장비 30	1	1
격실 4-4(1)	Hold	장비 31, 장비 32, 장비 33, 장비 34	1	0.25
격실 4-5(2)	Hold	-	0	0
격실 4-6(3)	Hold	장비 35	1	1
격실 4-7(4)	Hold	-	0	0
격실 4-8(0)	Hold	장비 36	0.25	0.25

4. 회복성 데이터

검증 예제에서 사용된 회복성 데이터는 주갑판의 5번 격실에만 0.1의 정량화 수치를 부여하였다.

ABSTRACT

Optimization of Spatial Arrangement at an Early Design Stage of Naval Ship through Layer-Based Integrated Survivability Evaluation

Jinuk Jung

Department of Naval Architecture and Ocean Engineering

The Graduate School

Seoul National University

Survivability of a naval ship is the capability to perform a mission and to maintain a function in a combat environment. While the number of naval ship is decreased after 1950' s, the scope of naval vessel' s mission is widened. So, the survivability became more important factor recently. Considering survivability at an early stage is efficient to improving a vessel' s performance, however, it is difficult to consider survivability of a naval ship at an early design stage because of lack of information. In addition, it is hard to determine arrangement of a ship, because, unlike building, the characteristics of naval ship space is narrow and

long. Furthermore, the result of an arrangement affects not only fundamental performance but also survivability.

Therefore, it is necessary to consider survivability at an early design stage of a naval vessel' s arrangement. But, previously established concept of survivability is not suitable to be applied to vessel arrangement. Optimization is needed to choose best arrangement among possible alternatives

To resolve this problem, this paper proposed layer-based integrated survivability evaluation on a vessel arrangement and a process that quantifies susceptibility/vulnerability/recoverability, which are the components of the survivability. To optimize a naval ship arrangement problem, a method to model an arrangement into a vector expression is suggested.

The preposed methodologies of survivability evaluation and of arrangement optimization are applied to a five hundred ton class virtual naval ship.

Keywords :
Spatial Arrangement of Naval Ships, Optimization,
Differential Evolution, Survivability, Susceptibility,
Vulnerability, Recoverability

Student Number: 2014-2065

※ 보안성 검토 완료 : 해본 인사기획과-440호('16. 1.29) 보안성 검토결과 통보