박 사 학 위 논 문

합동무기체계의 최적 조합 도출을 위한 비용대비 효과분석 모델에 관한 연구

- 개전 초기 대화력전을 중심으로 -

2013년

한성대학교 대학원

산업시스템공학과

정 보 기 술 전 공

유 중 근

박 사 학 위 논 문
지도교수 이재득

합동무기체계의 최적 조합 도출을 위한 비용대비 효과분석 모델에 관한 연구

- 개전 초기 대화력전을 중심으로 -

A Study on the Cost Effectiveness Model
for the Optimized Combination of Joint Weapons System
- Focused on Counter-fire Operation at the Outset of War -

2013년 6월 일

한성대학교 대학원
산업시스템공학과
정 보 기 술 전 공
유 중 근

박 사 학 위 논 문
지도교수 이재득

합동무기체계의 최적 조합 도출을 위한 비용대비 효과분석 모델에 관한 연구

- 개전 초기 대화력전을 중심으로 -

A Study on the Cost Effectiveness Model
for the Optimized Combination of Joint Weapons System
- Focused on Counter-fire Operation at the Outset of War -

위 논문을 공학 박사학위 논문으로 제출함

2013년 6월 일

한성대학교 대학원
산업시스템공학과
정 보 기 술 전 공
유 중 근

유중근의 공학 박사학위 논문을 인준함

2013년 6월 일

심사위원장 _____ 인

심 사 위 원 _____인

심 사 위 원 _____인

심 사 위 원 _____인

심 사 위 원 _____인

국 문 초 록

합동무기체계의 최적 조합 도출을 위한 비용대비 효과분석 모델에 관한 연구

-개전 초기 대화력전을 중심으로-

한성대학교 대학원
산업시스템공학과
정보기술전공
유 중 근

북한은 천안함 폭침사건, 연평도 포격 도발에 이어 전 세계가 반대하는 가운데 핵실험을 감행하는 등 그 도발수위를 점차 높여가고 있으며, 최근에는 '서울 불바다,' '전쟁 사흘 만에 초토화' 등 전쟁 분위기를 더해가고 있는데 그 중심에는 수도권을 위협하는 북한군의 장사정포가 있다. 이에 대비하기 위해 우리 군은 개전 초기 대화력전에서 북한군의 장사정포를 파괴하거나 무력화하기 위해 필요한 무기체계를 각 군별로 획득하고 있다.

그러나 각 군은 합동성을 고려하지 않고 동일한 장사정포 위협에 대응할 무기체계 소요를 각각 판단함으로써 중복투자에 의한 국방예산의 낭비가 우려된다. 특히 2011년 이후 정부재정 대비 국방예산 비율의 점진적 감소하고 있는 반면 북한의 핵, 미사일 등 전략무기에 대응하기 위한 국방예산의 증액이 요구되고 있다. 따라서 개전 초기 대화력전에 필요한 '합동무기체계의 최적 조합을 도출'하여 유휴(遊休) 무기체계가 발생하지 않도록 해야 한다.

이를 위해 먼저 본 논문은 이론적 배경으로 먼저 합동성을 정의하고, 능력기반 전력기획, 대화력전 수행체계, 개념모델링 방법, 모델에 적용할 교전이론, 민감도 분석 등을 살펴보았다. 이를 바탕으로 대화력전 수행체계에 따라

시나리오를 작성하였고, 비용대비 효과분석 모델을 개발하였으며, 그 모델의 시뮬레이션 결과를 분석하여 대화력전의 목표를 달성하는데 최소비용이 소요되는 '합동무기체계의 최적 조합'을 도출하였다. 그리고 시뮬레이션 결과에 대한 민감도 분석을 통하여 본 논문은 비용대비 효과분석에 대한 무기체계별 수량 변화가 목표달성시간에 미치는 영향을 제시하였다.

여기서 도출된 '합동무기체계의 최적 조합'이 우리 군의 능력을 초과할 때는 부족한 무기체계를 추가로 획득해야 한다. 그러나 통상 파괴력이 있는 무기체계는 고가일 뿐 아니라 획득에도 장시간이 소요된다. 따라서 본 논문에서는 비교적 단기간에 획득될 것으로 판단되는 탐지체계나 탄약능력 등 다른 영향요소들의 능력을 향상시킴으로써 앞서 도출한 '합동무기체계의 최적 조합'이 어떻게 변화하는지를 제시하였다.

결론적으로 본 논문은 우리 군 최초로 대화력전의 목표를 충족시키는 합동무기체계를 고려한 비용대비 효과분석모델을 제시하였다는데 큰 의의가 있다고 할 수 있으며, 합동무기체계 조합과 소요비용을 연계함으로써 향후 효율적인 국방예산 운용에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 반면에 연구에 필요한 군사자료와 실제 무기체계 운용 데이터 획득불가 등의 한계도 확인하였다.

향후 이 분야 연구는 대화력전 수행체계 시뮬레이션의 신뢰도 향상을 위해 실세계를 더 정확하게 반영한 대화력전 수행 시나리오를 개발하고, 지형 · 기상 · 피해율 등에 대한 신뢰할 수 있는 데이터를 반영하여 시뮬레이션을 해야 할 것이다.

【주요어】 합동무기체계, 대화력전 수행체계, 비용대비 효과분석 모델, 개념모델링, 민감도 분석, 모델링과 시뮬레이션.

목 차

제 1 장 서 론 ····· 1

제 1 절 연구의 배경 및 목적 ····· 1
제 2 절 연구의 범위 및 방법 ····· 5

제 2 장 이론적 배경 ····· 8

제 1 절 합동성의 정의 ····· 8
제 2 절 능력기반 전력기획(Capabilities-Based Force Planning) ····· 11
제 3 절 개전 초기 대화력전 수행체계 ····· 13
제 4 절 개념모델링 방법 ····· 15
1. 문제에 대한 상황인식 ····· 16
2. 모델링과 프로젝트 목표 설정 ····· 17
3. 모델의 출력 값 식별 ····· 18
4. 모델의 입력 값 식별 ····· 18
5. 모델의 범위, 상세수준 등 모델내용 결정 ····· 19
6. 가정 및 단순화 식별 ····· 20
7. 데이터 요구사항 식별 ····· 20
제 5 절 워게임 모델 적용 교전이론 ····· 21
1. 란체스터의 법칙(Lanchester's laws) ····· 21
2. Przemieniecki의 수학모델링 방법 ····· 23
제 6 절 민감도 분석 ····· 25

제 3 장 최적 조합 도출을 위한 모델 개발 ····· 26

제 1 절 모델의 시나리오 작성 ····· 26
1. 홍군 및 청군의 적용범위 ····· 26
2. 모델 시나리오 ····· 27

제 2 절 개념모델 개발 틀을 이용한 개념모델 개발 ····· 29
1. 개념모델 개발 틀 적용결과 ····· 29
2. 개념모델의 가정 및 단순화 식별 ····· 38
3. 데이터 요구사항 식별 ····· 39
제 3 절 UML을 이용한 개념모델 표현 ····· 41
1. 개념모델 구조 및 행위 ····· 41
2. 홍군 및 청군 무기체계간 Mapping ····· 42
3. 홍군 및 청군 무기체계의 상태전이 ····· 43
4. 홍군 장사정포의 상태전이에 따른 표적할당 ····· 44
제 4 절 컴퓨터 모델의 시뮬레이션 소프트웨어 구성도 설계 ····· 45
1. 패키지(Package) ····· 45
2. 클래스(Class)의 계층구조 ····· 46
3. 이벤트(Event) 처리 ····· 47
4. 시뮬레이션 실시간 소프트웨어 구조 ····· 47
제 5 절 모델의 타당성 확인 ····· 48

제 4 장 개발된 모델의 시뮬레이션 결과 분석 ····· 52

제 1 절 모델의 시뮬레이션 결과 ····· 52
제 2 절 모델의 시뮬레이션 결과 분석 ····· 55
1. 합동무기체계의 최적 조합 도출 ····· 55
2. 합동무기체계별 민감도 분석 ····· 61

제 5 장 '합동무기체계의 최적 조합' 조정 방안 ····· 68

제 1 절 탐지능력 변화에 의한 합동무기체계 최적 조합의 변화 ····· 68
제 2 절 탄약능력 변화에 의한 합동무기체계 최적 조합의 변화 ····· 72

제 6 장 결론 및 향후 연구방향 ····· 76

제 1 절 연구내용 요약 및 의의 ····· 76

1. 연구내용 요약 ····· 76
2. 연구의 의의 ····· 77
제 2 절 연구의 한계 및 향후 연구방향 ····· 78

【참고문헌】 ····· 81
【약어정리】 ····· 84
【부 록】 ····· 85

ABSTRACT ····· 89

【 표 목 차 】

[표 1-1] 2009~2013년 국방예산 현황 ····· 3
[표 1-2] AWAM 모델의 사격시간 간격 및 모의변수 ····· 6
[표 2-1] 손실계수를 나타내는 MATRIX ····· 24
[표 3-1] 홍군 및 청군 무기체계 묘사 범위 ····· 27
[표 3-2] 홍군 장사정포 운용 간 취약시간 판단 ····· 28
[표 3-3] 문제인식/목표설정/입·출력자료 식별 ····· 30
[표 3-4] 모델범위 식별 (The Identification of Model Scope) ····· 31
[표 3-5] 구성요소별 상세수준 판단요소 (The full list of Details) ····· 32
[표 3-6] 모델 구성요소별 상세수준 판단 (The lumped Model) ····· 33
[표 3-7] 홍군 입력데이터 정의 ····· 39
[표 3-8] 청군 입력 가상데이터 정의 ····· 40
[표 3-9] 청군 무기체계 비용입력 가상데이터 정의 ····· 40
[표 3-10] 조합별 모델의 10회 시뮬레이션 결과 ····· 49
[표 3-11] 조합별 모델의 시뮬레이션 결과 평균 ····· 49
[표 3-12] 설문대상자 분석 ····· 50
[표 3-13] 설문결과 종합 결과 ····· 51
[표 4-1] 합동무기체계 조합 수 판단 ····· 52
[표 4-2] 시뮬레이션 결과 : 조합별 목표달성시간 ····· 53
[표 4-3] 시뮬레이션 결과 : 조합별 소요비용 ····· 54
[표 4-4] 합동무기체계 최적 조합의 조건 우선순위 ····· 55
[표 4-5] 목표달성시간 조건을 충족시키는 136개 조합 ····· 56
[표 4-6] 목표달성시간 조건 충족 조합별 소요비용 ····· 57
[표 4-7] 편차범위 내 최소 소요비용 조합 ····· 58
[표 4-8] '합동무기체계의 최적 조합' 도출 결과 ····· 58
[표 4-9] 수도권 위협 홍군 장사정포 대비 청군의 합동무기체계 조합 ····· 59
[표 4-10] 시간별 홍군 출현/사격횟수와 청군 사격횟수 ····· 59
[표 4-11] 청군 자주포 포대 수와 목표달성시간의 관계 ····· 62

[표 4-12] 청군 자주포 포대 수와 소요비용의 관계 ····· 63
[표 4-13] 청군 다련장포 포대 수와 목표달성시간의 관계 ····· 64
[표 4-14] 장사정포 공격 항공기 소티 수와 목표달성시간의 관계 ····· 65
[표 4-15] 갱도진지 사격 화력 운용과 목표달성시간의 관계 ····· 66
[표 4-16] 합동무기체계별 민감도 분석 결과 ····· 67
[표 4-17] 합동무기체계의 최적 조합 운용결과 ····· 67
[표 5-1] 홍군 장사정포 탐지 후 추적 가능한 경우 목표달성시간 ····· 69
[표 5-2] 홍군 장사정포 탐지 후 추적 가능한 경우 소요비용 ····· 70
[표 5-3] 추적 가능한 경우의 합동무기체계 최적 조합 ····· 71
[표 5-4] 합동무기체계 최적 조합의 변화 ····· 71
[표 5-5] 홍군 장사정포 피해율 5% 증가에 따른 목표달성시간 ····· 72
[표 5-6] 홍군 장사정포 피해율 5% 증가에 따른 소요비용 ····· 73
[표 5-7] 피해율 증가에 따른 합동무기체계 최적 조합 ····· 74
[표 5-8] 합동무기체계 최적 조합의 변화 ····· 75

【 그 림 목 차 】

〈그림 1-1〉 240mm 방사포(좌)와 170mm 자주포(우) ····· 2
〈그림 1-2〉 장사정포 위치(빨간표시)와 타격범위 ····· 2
〈그림 2-1〉 능력관계모델 ····· 12
〈그림 2-2〉 대화력전 수행체계 ····· 14
〈그림 2-3〉 시뮬레이션 프로젝트 개발주기(Life Cycle) ····· 15
〈그림 2-4〉 란체스터가 고려한 단순한 전투상황 ····· 22
〈그림 2-5〉 이질부대간 전투모형 ····· 24
〈그림 3-1〉 모델 개발 절차 ····· 26
〈그림 3-2〉 청군 개전 초기 대화력전 수행체계 ····· 29
〈그림 3-3〉 Class Diagram을 이용한 모델구조 ····· 41
〈그림 3-4〉 Sequence Diagram을 이용한 모델행위 ····· 42
〈그림 3-5〉 홍군 및 청군 무기체계간 Mapping ····· 42
〈그림 3-6〉 홍군 장사정포의 상태전이 ····· 43
〈그림 3-7〉 청군 포병의 상태전이 ····· 43
〈그림 3-8〉 홍군 상태전이에 따른 청군의 표적할당 절차 ····· 44
〈그림 3-9〉 시뮬레이션 패키지 구성도 ····· 45
〈그림 3-10〉 클래스 계층구조도 ····· 46
〈그림 3-11〉 이벤트 처리체계 ····· 47
〈그림 3-12〉 시뮬레이션 실시간 소프트웨어 구조도 ····· 47
〈그림 4-1〉 시간별 홍군 출현/홍·청군 사격횟수와 목표달성시간 ····· 60
〈그림 4-2〉 목표달성시간과 소요비용의 관계 ····· 61
〈그림 4-3〉 청군 자주포 포대 수와 목표달성시간의 관계 ····· 62
〈그림 4-4〉 청군 다련장포 포대 수와 목표달성시간의 관계 ····· 64
〈그림 4-5〉 장사정포공격항공기소티 수와 목표달성시간의 관계 ····· 65
〈그림 4-6〉 갱도진지 사격 화력 운용과 목표달성시간의 관계 ····· 66
〈그림 6-1〉 북한군장사정포무력화개념도 및 새 포병진지 ····· 79
〈그림 6-2〉 갱도진지 파괴용 단거리 탄도 미사일 ····· 79

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

오늘날 우리와 대치하고 있는 북한군은 내부결속 및 체제유지를 위한 수단으로 2010년 3월 26일 천안함 폭침사건, 2010년 11월 23일 연평도 포격사건, 2012년 12월 12일 은하3호 발사, 그리고 2013년 1월 12일 핵실험 등의 도발을 감행하였다. 특히 1994년 3월 19일 이후부터 '서울 불바다'를 자주 언급하고 있으며[1] 최근에는 '남한을 공격해 초토화시키는데 사흘이면 족하다'고 호언장담하면서 남한 공격 첫날 "전방 포병부대가 240mm 방사포와 중·장거리 포, 단거리 미사일 등으로 미국과 남조선 연합기지를 향해 수십만 발의 폭탄을 소나기처럼 퍼부을 것"이라고 위협하고 있다.[2]

여기서 주목해야할 것은 장사정포에 의한 '서울 불바다' 발언으로 수도권을 위협하는 장사정포는 〈그림 1-1〉 과 같이 비무장지대 인근 최전방에 배치된 240mm 방사포와 170mm 자주포 등 300여 문(270mm 200여 문, 170mm 100여문)이고 이들의 사거리는 50~60km로서 〈그림 1-2〉 에서와 같이 서울을 포함한 경기지역 일대가 대부분 포함된다는 것이다. 다소 관련기관별로 차이는 있지만 북한군 장사정포는 개전 초기 170mm 자주포의 약 1/3 정도가 사거리 연장탄을 사용한다고 가정하면 시간당 600발, 240mm 방사포는 시간당 총 6,400발을 사격하는 등 시간당 약 7,000발 정도가 수도권 일대를 타격할 수 있다고 판단하고 있다.[3]

이에 대처하기 위해 우리 군은 대화력전 수행본부를 설치[4]하고 육군 및 공

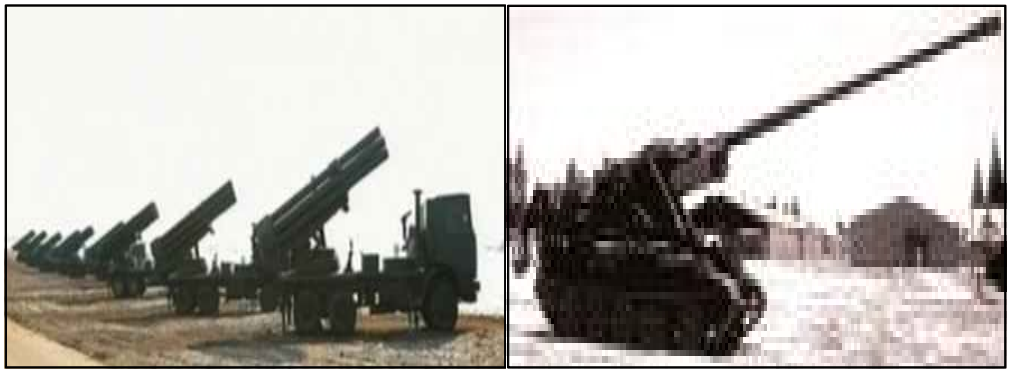
---

1) 동아일보. 1994년 3월 20일자 신문. http://newslibrary.naver.com/viewer/index.nhn?articleId=1994032000209101004&editNo=45&printCount=1&publishDate=1994-03-20&officeId=00020&pageNo=1&printNo=22460&publishType=00010 (검색일 : 2013. 4.10)

2) 동아일보. 2013년 3월 23일자 신문. http://m.donga.com/3/all/20130323/53909873/1 (검색일 : 2013. 4.10)

3) 황일도. (2004). "北 장사정포, 알려지지 않은 다섯 가지 진실." 『신동아』, 통권 543호, pp.98-9. http://shindonga.donga.com/docs/magazine/shin/2004/11/23/200411230500004/200411230500004-2.html (검색일 : 2013.4.6.)

군 무기체계 운용을 계획하고 있으며 각 군별로 개전 초기 대화력전에 필요한 무기체계 소요를 판단하여 꾸준히 획득하고 있다.



〈그림 1-1〉 240mm 방사포(좌)[5]와 170mm 자주포(우)[6]

〈그림 1-2〉 장사정포 위치(빨간 표시)와 타격범위[7]

---

4) 중앙일보. 2010년 8월 2일자.
5) 240mm 방사포, http://blog.daum.net/baba1905/2323180?srchid=IIMKqAGt300#A20101125004199_0.jpg (검색일 : 2013.3.31.)
6) 170mm 자주포. 중앙일보. 2011.6.28.일자. http://media.daum.net/politics/others/newsview?newsid=20110628030108521&srchid=IIM%2Fnews%2F42982668%2Fb0a6c64bc3cb10ab5715abc2b77d5694 (검색일 : 2013.3.10.)
7) http://blog.daum.net/baba1905/2323180?srchid=IIMKqAGt300#A20101125004199_0.jpg (검색일 : 2013.3.31)

그러나 무기체계를 획득할 때 육군과 공군은 북한군 장사정포의 위협을 각각 동일한 수준으로 판단하고, 합동성을 고려하지 않은 상태에서 대응할 무기체계 소요를 결정하여 각 군별로 획득하고 있어 중복투자에 의한 국방예산의 낭비가 우려되고 있다.

더군다나 북한의 핵, 미사일 등 전략 무기체계에 대응하기 위해서는 많은 국방예산이 필요하고, 특히 [표 1-1]에서 나타난 바와 같이 2011년 이후 정부재정 대비 국방비 비율이 점차 감소하는 추세를 감안할 때 반드시 합동전장에서 최적의 합동무기체계[8] 조합을 찾아내는 것이 필요하다.

[표 1-1] 2009~2013년 국방예산 현황[9]

(단위 : 천억원)

구 분			2009	2010	2011	2012	2013
정부재정 (천억원)	총 액		2,035	2,013	2,099	2,231	2,362
	국방비 비 율 (%)	대 GDP	2.72	2.52	2.54	2.52	2.45
		대 재정	14.24	14.69	14.96	14.77	14.54
국 방 비 (천억원)	총 액		290	296	314	330	343
	방위력개선비(%)		87(30.1)	91(30.8)	97(30.9)	99(30.0)	101(29.5)
	전력운영비 (%)		203(69.9)	205(69.2)	217(69.1)	231(70.0)	242(70.5)

물론 충분한 합동무기체계를 구비하고 있다면 임무수행은 원활하게 완수할 수 있겠지만 문제는 이들을 획득하는데 많은 시간과 예산이 필요할 뿐 아니라 개전 초기 대화력전 시 합동무기체계가 충분하다 하더라도 기동할 수 있는 전장공간의 제한으로 동시 운용이 불가능하여 유휴(遊休) 무기체계가 발생하고 이로 인하여 합동무기체계의 비효율적인 운용을 초래할 수 있다.

우리 군은 무기체계 획득을 위해 1974년부터 「율곡사업」을 시작하였고, 지금까지 '플랫폼중심접근(Platform-Centric Approach)'이라 불리는 전통적

8) 본 연구에서는 동일한 합동전장에서 동일한 전투 목표달성을 위해 참여하는 육·해·공군의 무기체계들을 합동무기체계라는 용어로 표현하였다.

9) 국방부. (2013).『2013 예산수첩』. p.34.

소요 · 획득접근인 '위협기반접근' 방법을 적용하여 각 군별로 획득업무를 수행해 오고 있어[10] 각 군간 동일 임무를 수행하는 무기체계의 중복 획득 가능성이 내재되어 왔다. 따라서 개전 초기 대화력전과 같은 합동전장에서 소요되는 무기체계의 중복 획득을 방지하고 각 군 무기체계의 통합운용을 위해 필요한 합동무기체계들의 구성 즉, 포트폴리오(Portfolio)[11]에 대한 연구의 필요성이 대두되었다.

현재 우리 군의 무기체계 소요는 통상 각 군별로 해외에서 개발된 분석용 모델을 이용하여 도출하고 있다. 그러나 각 군이 보유하고 있는 분석모델들은 대부분 각 군별 특성만 묘사하도록 개발되어 타군 사항은 묘사가 거의 불가능하기 때문에 실제 '합동성을 고려한 무기체계 소요 분석모델'이 없는 실정이다. 또한 이렇게 도출된 소요도 각각 다른 환경에서의 시뮬레이션 결과를 종합한 것으로 상호 연계성이 부족할 수밖에 없고, 전장환경 변화나 신규 무기체계 개발 등 변수가 발생했을 때 추가반영이 불가능하여 그 결과를 신뢰하기 어렵다.

따라서 이런 문제를 해결하기 위해 동일한 전장에서 합동무기체계를 운용하면서 동일표적을 다양한 무기체계로 동시에 타격하는 중복을 피할 수 있고, 작전환경 변화에 따라 소스코드를 융통성 있게 조정할 수 있는 독자적인 모델의 개발이 필요하게 되었다.

그리고 무기체계 이외의 탐지능력이나 탄약 파괴력 등과 같은 다른 요소가 합동무기체계 최적 조합에 영향을 준다면 무기체계 획득과 다른 요소변화 중 어떤 것이 단기간에 더 경제적이고 실현 가능한지 판단하여 '최적 조합'으로 제시해야 할 것이다.

이를 위해 본 연구의 목적은 다음과 같은 세 가지로 정리하였다.

첫째, 개념모델링 방법을 이용하여 개전 초기 수도권을 위협하는 북한군 장사정포에 대응하는 대화력전 수행체계를 적용한 '합동무기체계 조합 도출을 위한 모델'을 개발하는 것이고,

둘째, 이 모델의 시뮬레이션 결과를 분석하여 개전 초기 대화력전에 참여하

---

10) 이경재. (2006).『효율적인 군사력 건설을 위한 소요창출 및 획득체계의 개선』. (서울 : 대한출판사), p.4.

11) 금융에서 투자자산 구성을 말하는데 여기서는 무기체계의 구성을 말한다.

는 ‘합동무기체계의 최적 조합’ 또는 ‘합동무기체계의 최적 포트폴리오’를 도출하는 것이며,

셋째, 개발된 모델에서 합동무기체계를 제외한 다른 주요 영향요소를 변화시켜 위에서 도출한 ‘합동무기체계의 최적 조합’과 비교하여 더 경제적이고 효과적인 최적 조합을 조정하는 방안을 제시하는 것이다.

결론적으로 이 목적들은 합동무기체계의 최적 소요 도출과 동일 목적의 무기체계 중복획득 가능성 방지를 통해 국방예산의 효율적 사용은 물론, 다른 합동전장에서 ‘합동무기체계의 최적 조합’ 판단을 위한 분석모델 개발을 위한 방법론을 제시할 것으로 기대된다.

제 2 절 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 합동무기체계의 최적 조합을 도출하기 위한 모델을 개발하기 위한 목적으로 북한군을 홍군, 우리 군을 청군으로 묘사하였다. 연구의 범위는 개전 초기 대화력전으로 한정하였고, 홍군은 수도권을 위협하는 240mm 방사포와 170mm 자주포, 청군은 개전 초기 대화력전 참여가 제한되는 해상무기체계를 제외한 육군의 자주포와 다련장포, 공군의 항공기로 대상 무기체계를 제한하였으며 연구목적 달성을 위해 다음 절차를 적용하였다.

첫째, 홍군 및 청군 무기체계의 범위 설정과 운용개념, 청군의 개전 초기 대화력전 수행체계를 분석하여 시나리오를 개발하였다.

운용개념 적용 시 홍군 장사정포는 갱도진지에서 출발하여 사격진지로 이동하고 사격 후 복귀하는 일련의 행위를 시간대별로 묘사하였고, 청군의 육군 무기체계는 [표 1-2]와 같이 지상무기 효과분석모델(AWAM)에서 제시된 포병 무기체계의 사격시간 간격을 적용하였다.

또한 공군 무기체계는 수도권을 위협하는 장사정포를 타격할 수 있는 제한된 기동공간을 고려하여 동시에 운용할 수 있는 항공기 수를 제한하였다. 그리고 대화력전 수행체계는 탐지-식별-결심-타격이 즉각 가능한 일련의 킬체인(Kill Chain) 절차를 적용하고 각각 절차 상 소요되는 시간은 연구목적상 가상데이터를 정의하여 적용하였다.

[표 1-2] AWAM 모델의 사격시간 간격 및 모의변수

무기체계 ID	무기체계명	포신수	계획시간	설치시간	재장전시 간	이동준비시간	사격진지점령시간	FAS-CAM지뢰수	WP 살상면적	FL 살상면적	RAP 살상면적	ICM 자탄수	ICM 경사효과	ICM 효과절편	TGM 유형	구경 형태	HE 파괴잔해반경
14101	60mm 박격포	1	30	0	10	60	60	0	0.3	0.0	0.0	0	0.00	0.0	0	0	15
14102	81mm 박격포	1	30	0	10	60	60	0	0.3	0.0	0.0	0	0.00	0.0	0	0	15
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

둘째, 개발된 시나리오는 개념모델링 방법에서 제시한 ① 문제 인식, ② 모델 및 프로젝트의 목표 설정, ③ 모델의 출력 값 식별 ④ 모델의 입력 값 식별, ⑤ 모델의 범위 상세수준 등 모델내용 결정, ⑥ 가정 및 단순화 식별, ⑦ 데이터 요구사항 식별 등 개념모델 개발 틀로 개념모델을 추상화하였다.

셋째, 추상화된 개념모델에 근거하여 모델의 구조(Framework)와 행위(Behavior)를 UML[12]로 표현하고, 컴퓨터 모델의 시뮬레이션 소프트웨어 구성도를 설계하였다.

넷째, 이렇게 작성된 소프트웨어 구성도는 모델 코딩을 통해 컴퓨터 모델로 완성되었고, 임의 3개의 합동무기체계 조합을 선정하여 시뮬레이션을 실시하였으며 그 결과에 대한 타당성은 군의 실제 데이터 사용제한으로 전문가 의견을 통하여 확인하였다.

다섯째, 개전 초기 대화력전에 참여하는 합동무기체계들의 수량변화에 따라 252개 조합을 구상하고 각 조합을 개발된 컴퓨터 모델에 입력하여 종결조건을 충족할 때까지 시뮬레이션을 실시하였고, 그 결과들을 제시된 '합동무기체계의 최적 조합 판단 기준'에 따라 '최적 조합'을 도출하였으며 민감도 분석 방법을 사용하여 무기체계별 영향을 분석하여 제시하였다.

마지막으로 위에서 제시한 합동무기체계의 최적 조합에 영향을 주는 '합동무기체계 이외의 고정 값을 적용했던 영향요소'를 식별하고, 이 영향요소 값의 변화에 따라 도출한 '최적 조합'과 '앞서 도출한 최적 조합'을 비교하여 어떻게 변화하는지 분석하여 최적 조합을 조정하는 방안을 제시하였다. 만약 합

12) Unified Modeling Language, 모델링 언어.

동무기체계 획득 이외의 다른 영향요소를 획득하거나 변화를 주는 것이 단기간에 경제적으로 달성 가능하다면 현실적으로 더 효율적이기 때문이다.

연구를 진행하는 동안 군사자료 사용이 제한되는 분야는 일반매체나 인터넷에 게재된 자료들을 사용하였고, 피해율 관련 데이터는 육군의 화력운용효과분석 전투실험 결과와 공군의 무장별 파괴기준을 적용하였으며 기타 데이터는 난수발생기를 이용하거나 연구목적을 위해 가상 데이터를 정의하여 사용하였다.

따라서 본 연구결과를 적용하기 위해서는 본 연구에서 제시한 개념모델 개발과 분석 방법 등을 활용하되 시뮬레이션을 위해 제시한 가정이나 가상데이터를 신뢰할 수 있는 최신데이터로 변환이 필요하다는 것을 밝혀 둔다.

본 연구는 총 6장으로 구성되어 있다. 제 1장은 서론으로서 연구의 배경과 목적, 범위 및 방법을 제시하였고, 제 2장은 이론적 배경으로서 연구에 사용된 개념인 합동성의 정의, 합동성을 고려한 군사력 소요를 제기하는 능력기반 전력기획에 대해 기술하였고, 시나리오 작성을 위한 개전 초기 대화력전 수행체계, 개념모델을 개발하기 위한 개념모델링 방법을 살펴보았다. 그리고 워게임 모델에서 무기체계 교전에 적용되는 란체스터 법칙과 Przemieniecki의 수학모델링 방법, 마지막으로 시뮬레이션 결과에 대한 민감도 분석에 대해 기술하였다. 제 3장에서는 지금까지 연구된 이론에 따라 개전 초기 대화력전에 대한 시나리오를 작성하고 개념모델링 방법을 적용하여 모델을 개발하는 일련의 과정을 제시하였고, 제 4장에서는 개발된 모델의 시뮬레이션 결과를 분석하여 ‘합동무기체계의 최적 조합’을 도출하고 합동무기체계별 민감도 분석을 실시하였다. 그리고 제 5장에서는 주요 영향요소의 입력 값을 변화시켜 제 4장에서 제시한 ‘합동무기체계의 최적 조합’이 어떻게 변화되는지를 분석하여 ‘최적 조합의 조정 방안’을 제시하였고, 제 6장에서는 연구내용에 대한 결론과 향후 연구방향을 제시하였다.

제 2 장 이론적 배경

제 2장에서는 합동무기체계에서 사용되는 '합동'의 의미와 합동성의 정의, 합동성을 고려하여 군사력 소요를 판단하는 능력기반 전력기획, 모델의 시나리오를 구성하는 개전 초기 대화력전 수행체계, 모델을 개발하는 틀을 제공하는 개념모델링 방법, 그리고 일반적으로 워게임 모델에 적용하는 교전이론 중 동질부대 교전에 적용하는 란체스터의 법칙과 이질부대 교전에 적용하는 Przemieniecki의 수학모델링 방법에 대해 살펴보고, 마지막으로 시뮬레이션에 묘사되는 무기체계들의 영향을 평가할 수 있는 민감도 분석 등의 이론에 대해 기술하였다.

제 1 절 합동성의 정의[13)]

오늘날 합동성은 국방기획 및 작전수행에 있어서 최상의 가치로 인정받고 있으며 미래 전쟁에서 그 중요성이 더욱 증가할 것이라는 것이 일반적인 시각이다.[14)] 여기서 '합동'이란 "동일국가의 2개 군 이상의 부대가 동일 목적으로 참여하는 각종 활동, 작전편성"[15)]을 말하고, '합동성'이란 비교적 최근의 개념으로 본 연구에서는 법령상 합동성 정의와 천안함 폭침사건 이후의 변화된 합동성 의미를 분석하여 합동성의 정의를 제시하였다.

먼저 법령상 합동성[16)]은 국방개혁에 관한 법률의 제3조(용어의 정의)에 "첨단 과학기술이 동원되는 미래 전장의 양상에 따라 총체적인 전투력의 상승효과를 극대화하기 위하여 육·해·공군의 전력을 효과적으로 통합·발전시키는 것"이라고 정의되어 있고, 국방부 훈령인 "합동전투발전업무훈령"에는 "미래 전장 양상에 부합한 합동개념을 발전시키고, 이를 구현하기 위한 군사력을 건설하며, 각 군의 전력을 효과적으로 통합·발휘시킴으로써, 전투력의

13) 송영근. (2011). "합동성 강화를 위한 합동군사대학교 창설 및 운영방안." 『합동군사연구』, 제 21호, (서울 : 국방대학교), pp.7-12.
14) 이경재, 전개서, p.40.
15) 합동참모본부. (2010). 『합동·연합작전 군사용어사전』. (계룡 : 국군인쇄창). p.440.
16) 합동참모본부. (2011). 「합동성 정의」 재정립(안) 검토결과.

상승효과(Synergy Effect)를 극대화시켜 전승을 보장하는 것"이라고 기술되어 있다. 즉, "합동성"은 미래 전쟁에서 요구되는 전력을 극대화하기 위하여 육·해·공군의 전력을 효과적으로 통합하여 전력의 상승효과를 극대화하기 위한 것으로, 미래의 모든 전쟁에서 전력 낭비를 최소화하고 보유한 전력 운용의 극대화를 위해 합동성이 반드시 보장되어야 한다는 것을 의미한다.

그러나 '천안함 폭침 사건' 이후 언론에서는 향후 우리 군의 대응책으로 '합동성 강화'에 대한 다양한 의견을 제시하였는데, 주요 내용은 '3군의 균형 보장', '3군 전력의 효율적 운용', '시너지효과 창출을 위한 전력 발전 및 운용', '상호존중과 이해를 통한 공감대 형성' 등이었다. 이들을 하나씩 살펴보면 다음과 같다.

첫째, '3군의 균형 보장'은 의사결정 과정에 3군의 균형 있는 참여 보장, 육·해·공군 전력의 통합 운용과 균형적 발전 등을 내포하고 있었다.

둘째, '3군 전력의 효율적 운용'을 강조한 것은 육·해·공군의 영역에서 전력 발휘를 극대화하고 전군이 결합된 효율적인 통합작전을 수행하는 합동성 강화로서 합동작전에 대한 간부들의 지식·인식·문화가 미흡하기 때문에 각 군 전력에 대한 이해와 의사소통이 핵심이라는 것을 의미하는 것이었다.

셋째, '시너지 효과 창출을 위한 전력 발전 및 운용'은 3군이 협력하여 시너지 효과 창출, 상호 협조하여 전투력 발휘 효과 극대화, 각 군 전력의 체계적 발전 및 통합 운용, 3군 교육기관 및 지원기관의 통합 등을 포함하고,

넷째, '상호 존중과 이해를 통한 공감대 형성'은 각 군의 상호이해에 근거한 합동성 마인드가 중요하다는 것을 합동성의 의미로 제시하고 있다.

이와 같이 법령과 언론에서 제시한 합동성의 의미에서 도출된 문제점은 '합동성'의 속성을 '어떤 행위'로 규정함으로써 '합동성'이 지향하는 궁극적 목적과 최종상태가 불명확하고, '합동성' 구현 방법에 대한 제시가 미흡하다는 것이다. 따라서 이러한 문제점은 미래전의 기본구도와 국내·외 군사전문가들의 의견을 수렴하여, '합동성'의 속성(What)을 규명하고, '합동성'의 목적(For What)을 설정한 후, '합동성'의 구현 수단과 방법(How)을 논리적으로 검토함으로써 '정의(定義)'의 내용으로 반영할 필요가 있다.

첫째, '합동성'의 속성(What)에 대해서는 '합동성(Jointness)'의 본질이 '어

떤 활동' 그 자체인지 또는 어떤 대상이 갖추어야 할 '능력이나 특성'인지에 대한 검토가 필요하다. 법령 상 합동성에 대한 정의는 '00을 통합·발전시키는 것'으로 규정하고 있어, '00성(性)'에 대한 사전적·군사적 의미와 적합하지 않으며, 군사 전문가들도 합동성의 속성을 '능력과 특성'으로 인식하고 있는 실정이다. 따라서 합동성은 합동작전을 효율적으로 수행하기 위해 군대가 보유해야 하는 '능력 또는 특성'으로 정의할 수 있다.

둘째, 합동성의 목적(For What)에 대해서는 '합동성'의 능력 또는 특성을 발휘함으로써 얻을 수 있는 궁극적인 목적과 최종상태를 논리적으로 제시하여 합동성 강화의 당위성을 제공하는 것이다. 現 법령 상 '합동성'이 지향하는 궁극적인 목적과 최종상태가 상호 일치하지 않고, 그 의미도 모호하다. 또한 국내의 군사전문가들과 언론에서는 합동성 구현의 목적을 '전투력 발휘 극대화', '시너지효과 극대화' 등으로 표현하고 있으며, 역사적으로 이러한 '시너지효과'를 달성했던 군대는 상대적 전투력 우세를 통해 전쟁에서 승리를 달성할 수 있었다. 따라서 합동성 구현의 궁극적인 목적은 '전장 승리'이고 직접적인 목적은 '시너지효과 극대화'라 할 수 있다.

셋째, '합동성'의 구현수단과 방법(How)으로 합동성의 구현목적(For What)을 전쟁 승리를 위한 시너지효과 극대화로 규정했을 때 이를 달성하기 위한 어떻게(How) 요소에 대한 구체화가 필요하다. 현재 "국방개혁에 관한 법률"에서는 구현수단을 육·해·공군 전력으로 보았고, 구현방법은 효과적인 통합·발전으로 명시하고 있으며, "합동전투발전훈령"에서는 구현수단을 군사력으로, 방법은 합동개념 구현을 위한 전력발전과 효과적인 통합 운용으로 기술하고 있다.

따라서 합동성 구현수단은 미래전쟁의 변화 추이와 위협 대상을 고려하여 현재 및 미래 전장에서 승리하기 위해 민·관·군 통합 전력, 동맹 및 지원전력 등 군사 및 비군사적 요소까지를 포함한 국가의 모든 전력요소로 규정하는 것이 타당하고, 구현방법은 각 군의 전문성에 기초한 전력운용을 중시하는 전문성 관점[17]과 시너지 효과 창출을 위해 전력운용을 강조하는 시너지즘 관

17) 전문성 관점에서 호너 美 공군대장은 "합동군 지휘관의 임무는 각 군의 능력을 조화시켜 최적의 조합을 이루어 승리를 이끌어 내는 것이다."라고 하였고, 권태영 박사는 "합동성은 2개 이상의 군이 상호 간의 협조·조정·통제 등에 의해 전투력 발휘 효과를 최대화하는 노

점[18]이 병존하고 있으나 이 두가지 관점은 미래전 양상 변화에 따른 영향요소를 고려할 때 「미래전 수행 개념」이라는 통합된 관점 아래 효율적인 군사력 건설 및 운용 체계를 구축한다는 측면에서 통합 적용되어야 한다.

그러므로 군사력 건설은 합동차원의 미래전 수행개념을 기초로 모든 전력의 기능적 균형을 고려하고, 군사력 운용은 네트워크 중심 작전환경(NCOE) 아래 결정적인 시간과 공간에서 모든 전력을 동시·통합적으로 운용함으로써 달성 가능한 시너지효과를 고려해야 한다.

지금까지 언급한 내용을 종합해 보면, '합동성의 정의'는 '전장에서 승리하기 위해 육·해·공군 전력을 기능적으로 균형 있게 발전시키고, 이를 효율적으로 통합 운용함으로써 시너지효과를 달성할 수 있게 하는 능력 또는 특성'이라고 할 수 있다.

제 2 절 능력기반 전력기획(Capabilities-Based Force Planning)

미국의 소요기획체계는 2003년 이전까지는 플랫폼이나 무기체계 획득에 중점을 두었으나 2003년 6월 이후 '능력기반 전력기획'으로 접근방법이 전환되었다. 여기서 '능력'이란 미군의 능력기반평가 사용자 지침서[19]에 '군사작전에서 목표를 달성하는 역량'으로 정의하고 있다. 따라서 '능력기반 전력기획'이란 지금까지 우리 군에서 군사력 소요를 판단하기 위해 적용하였던 '누가 또는 어디서 우리에게 위협을 가할 것인가?'에 초점을 둔 '위협기반 전력기획'과 대치되는 개념으로 '합동개념에 근거하여 우리가 어떤 위협에 직면할 것인가?'를 판단하고 그 위협을 제거하기 위해 '어떤 능력이 필요한가?'에 중점을 두고 군사력 건설 소요를 판단하는 방법을 말한다.[20]

미국이 광범위한 안보적 도전에 대응하기 위하여 능력기반접근법을 사용하

력이다"라고 주장하였다.

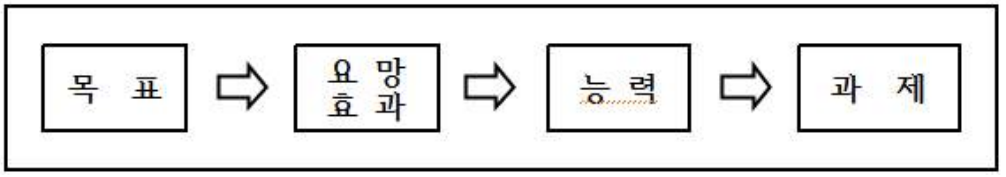
18) 시너지즘 관점을 강조하는 군사전문가 중에서 문광건 전 국방대교수는 "합동성은 합동작전을 포괄하는 개념으로 평시부터 합동작전의 효율성을 제고하기 위한 양병차원의 개념이다."라고 하였고 윌리엄 A, 오웬 美 해군대장은 "합동성 관점 중 해군은 시너지즘에 더욱 매진해야 하며, 합동작전이 군의 제 2의 본질이며 이에 따라 혁신과 조직적 변화를 지속 추구해야 한다."고 주장하였다.

19) JCS J-8, CBA User's Guide version 3, March 2009.

20) 조원건. (2007).『능력기반 전력기획』. (서울 : 북코리아), pp.153-54.

게 된 이유는 기존의 소요를 창출하는 체계가 소요기획과정에서 각 군이 주도를 하고, 각 군 주도의 기획은 합동전장에서의 요구를 충족시킬 수 있는 모든 가능한 해결책을 고려하지 못하고 있으며 합동성이 마지막 단계에서 고려되는 문제점을 안고 있었기 때문이다.[21]

능력기반의 의미는 아래 〈그림 2-1〉에서 제시한 능력관계모델에 잘 나타나 있다. 즉, 목표는 요망하는 최종상태(Desired End State)를 말하고, 요망효과(Effect)는 최종상태로부터 도출되며 일의 결과로 얻어지는 상태의 변화를 말한다. 또한 능력은 목표와 효과를 달성하는 역량을 말하고 과제는 능력 달성을 위해 개인이나 조직에 주어진 일을 말한다. 즉, 최종적으로 목표달성을 위해 주어진 과제를 수행하기 위한 수단 및 방법 - 획득해야할 플랫폼이나 무기체계를 결정한다는 것으로 특정 무기체계 획득보다는 합동소요를 계획하고 획득한다는 것이다.



〈그림 2-1〉 능력관계모델[22]

우리 군은 최근에 들어와 날로 심화되고 있는 국방비 확보의 어려움을 극복하고 '작지만 강한 군대'를 비용 대비 효과적으로 건설하기 위해서는 이제와 같이 합동작전 차원의 통합전투능력 발휘를 고려하지 않고 육·해·공군별 위협에 대처하기 위해 필요하다고 판단된 개별 무기체계 획득방식에서 벗어나야 한다. 이를 위해서는 통합전투력 발휘와 같은 우선순위에 토대를 둔 군사력 건설, 즉 올바른 미래 안보환경 평가에 따른 군사전략 개념을 설정한 후에 이 군사전략 개념을 충족시키기 위한 합동작전의 영역과 개념을 정립하고 합동작전 개념을 수행하는데 필요한 무기체계에 대한 소요 창출이 이루어

21) 김성표. (2012). "안보환경 변화와 연계한 우리 군의 소요기획 접근방안." 『합동군사연구』, 제22호, (서울 : 국방대학교), p.267.
22) 임원. (2012). 『합동성 제고를 위한 전력소요기획체계 발전방안』. (서울 : 국방대학교), p.36.

져야 한다. 그래야만 일관성 있는 군사력 건설이 가능하다.[23]

또한 능력기반 전력기획에서는 국가목표, 군사전략목표, 그리고 합동개념을 고려하여 종합적인 능력을 분석함으로써 위협기반전력기획의 단점을 보완할 수 있다. 이를 위한 적정 군사력 소요를 판단하는 절차는 먼저 위협을 식별하고, 둘째, 식별된 위협의 능력에 대한 우선순위를 결정하며, 셋째, 합동전장에서 임무수행 능력을 평가하고, 마지막으로 효과중심기획에 기초하여 합동성과 가용재원을 고려하여 포트폴리오 방식으로 군사력 소요를 판단하는 것이다.

제 3 절 개전 초기 대화력전 수행체계

북한군은 1970년대부터 꾸준히 포병의 사거리를 증가시켜 왔으며 그 결과 1989년에 170mm 자주포를 개량하여 최대 53.4Km를 사격할 수 있는 능력을 갖추었고 1991년에 240mm 방사포를 개량하여 60Km를 사격할 수 있도록 함으로써 거의 모든 수도권이 적의 장사정포 사정권 내에 포함되기에 이르렀다. 이에 따라 우리 군은 북한군 위협으로 장사정포를 주목하기 시작하였고 이에 대응하기 위해 대화력전을 수행하는 전담부서를 설치 운용하도록 하였다. 여기서 대화력전이란 적의 화력지원수단과 이를 지휘통제하는 모든 요소를 무력화시킴으로써 적의 화력지원 능력과 전투지속 능력 및 전의를 약화시키는 화력전투를 말한다.[24]

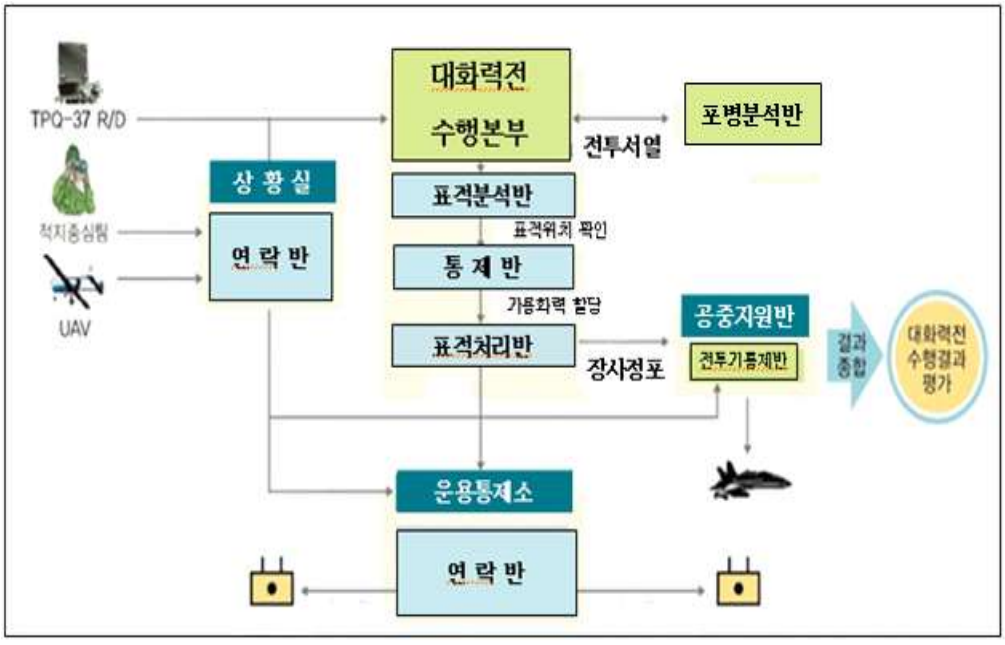
개전 초기 수도권을 위협하는 북한군 장사정포에 대한 대화력전은 북한군 장사정포가 사격을 하면 날아가는 적 포탄을 아군의 표적탐지 레이더가 탐지하여 지휘소에 적의 위치정보를 제공하고, 지휘소는 이 정보를 바탕으로 타격수단인 자주포나 다련장포 등으로 구성된 포병부대나 공군의 항공기에 사격명령을 하달하여 사격을 실시한다. 이 때 상공에서 대기 중인 무인정찰기는 지휘소에 실시간 아군이 사격한 지역의 영상을 전송하여 사격결과를 판정하게 한다. 그리고 판정결과에 따라 사격이 유효하지 않다면 지휘부의 판단에 따라 재차 사격을 실시한다.[25]

---

23) 이경재, 전게서, pp.17-9.
24) 양육. (2010). "포병간의 진검승부 대화력전(Counter Fire Mission)". http://navercast.naver.com/contents.nhn?rid=107&contents_id=4215 (검색일 : 2013.3.30.)

특히 현대전은 인공위성, 조기경보기, 무인항공기 등 탐지 및 추적하는 체계가 잘 발달되어 있어 육군의 자주포나 다련장포는 주·야간에 상관없이 정밀하게 사격할 수 있는 능력을 갖게 되었고, 공군은 항공기에서 투하하는 정밀유도탄이 발달되어 중고도, 장거리에서 사격이 가능하게 되었다. 그러나 육군의 무기체계는 북한군 장사정포가 자주화나 차량화되어 신속한 기동이 가능하므로 사격하기 위해 정지했을 경우에는 타격이 가능하지만 이동하는 경우에는 타격이 거의 어렵기 때문에 공군 항공기의 지원 없이는 임무수행이 어렵다.

아래 〈그림 2-2〉은 대화력전 수행체계를 나타내고 있는데 먼저 대포병탐지레이더, 적지종심팀, 무인항공기 등을 운용하여 적 장사정포를 탐지하면 이를 대화력전 수행본부로 보고하고 대화력전 수행본부에서는 이를 분석하여 사격임무를 부여할 부대나 무기체계를 결정하고 명령을 하달하여 타격하고 그 결과를 평가한 후 재 사격여부를 결정하도록 되어있다.

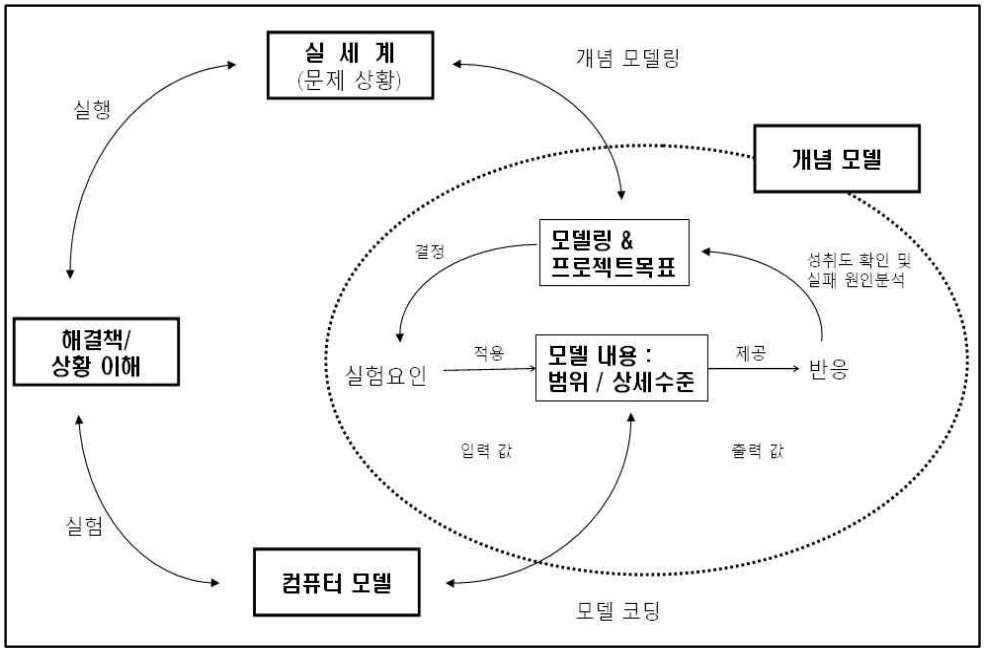


〈그림 2-2〉 대화력전 수행체계[26]

25) 양육. 전게자료.
26) joheim의 블로그, "대한민국 대화력전에 대해서 알아보자," 밀리터리, 2013.2.21. http://blog.naver.com/joheim?Redirect=Log&logNo=50163681130 (검색일 : 2013. 3. 31)

제 4 절 개념모델링 방법[27]

개념모델이란 실세계를 단순화하여 표현한 것으로 컴퓨터 시뮬레이션 모델의 소프트웨어 분야 즉, 모델 코딩(Coding) 이전의 특수한 표현(non-software-specific description)을 말하고, 개념모델링은 실세계나 제안된 시스템으로부터 하나의 모델을 추상화하여 만드는 과정으로 시뮬레이션 프로젝트에서 가장 중요하고, 모델개발을 위한 데이터 요구, 개발속도, 타당성, 결과 신뢰성 등 모든 분야에 영향을 미친다.[28] 아래의 〈그림 2-3〉은 개념모델링 분야를 포함한 시뮬레이션 프로젝트의 개발주기를 나타내고 있다.



〈그림 2-3〉 시뮬레이션 프로젝트 개발주기(Life Cycle)[29]

위 그림에서 보듯이 시뮬레이션 모델 개발 및 사용에 있어서 4개의 주요 과정이 있고 이 가운데 개념모델링 과정은 개념모델, 모델코딩 과정은 컴퓨터

27) Stewart Robinson, *Conceptual Modeling for Discrete-Event Simulation.* (Boca Raton, FL : CRC Press, 2011), p.73-99.
28) *ibid,* p.8-13.
29) *ibid,* p.11.

모델, 실험 과정은 문제에 대한 해결책이나 문제 이해를 돕고, 시행 과정은 실세계의 개선 또는 향상 등을 그 결과로 도출하게 된다.

일반적으로 개념모델을 개발하는 것 즉, 개념모델링은 시뮬레이션을 위한 개념모델을 개발하는 틀(Framework)을 제공하는 것[30]을 말하고, 〈그림 2-3〉 에서 우측의 개념모델로 표시된 행위(Activities)들은 이런 개념모델 개발 틀을 나타내고 있다. 이 개념모델 개발 틀에는 아래의 (1)~(5)까지와 같은 5가지 행위들과 전 과정에서 발생할 수 있는 (6), (7) 요소들이 포함된다.

(1) 문제에 대한 상황 인식 (Understanding the problem situation)
(2) 모델링과 프로젝트 목표 설정
(Determining the modeling and general project objectives)
(3) 모델의 출력 값 식별 (Identifying the model outputs)
(4) 모델의 입력 값 식별 (Identifying the model inputs factors)
(5) 모델의 범위, 상세수준 등 모델내용 결정
(Determining the model content – scope and level of detail)
(6) 가정 및 단순화 식별 (Identifying assumptions and simplifications)
(7) 데이터 요구사항 식별 (Identifying Data Requirements)

1. 문제에 대한 상황인식

시뮬레이션 모델은 문제에 대한 상황인식을 향상시키기 위한 요구로부터 시작되고, 개념모델링도 문제를 이해할 수 있도록 개발하기 위한 것이다. 상황인식에 대한 접근방법은 이해관계자들이 그 상황을 잘 이해하고 설명할 수 있는가에 영향을 받는데 다음과 같은 3가지의 가능한 시나리오가 있다.

- 상황을 명확하게 이해하고 설명할 수 있는 경우
- 겉보기에는 상황을 잘 이해하고 설명하는데 실제는 아닌 경우
- 상황을 잘 이해하지도 설명할 수도 없는 경우

30) R. Wild, *Operation Management*, *6th ed.* (London : Continuum, 2002).

첫 번째 경우는 이해관계자간 토의와 기록유지만 하면 된다. 따라서 모델 개발자는 문제 상황에 대한 설명만으로 인증을 받을 수 있다.

두 번째 경우는 요구한 자나 전문가 모두 문제에 대해 다른 시각을 가지고 있어 어려움이 있다. 참여자들에게 일일이 설명해주어야 하고, 모델 개발자는 사람들과 직접적인 회의나 워크숍을 통해 문제를 해결해 나가야 한다.

세 번째 경우는 시뮬레이션을 개발하기에 앞서 문제를 구조화하는 등 문제 상황의 공유를 위해 토의할 수 있는 간단한 모델을 정확성보다는 유용성에 중점을 두고 개발하여 시험을 해야 하는데 가정의 설정이 필요하다.

이런 문제 상황에 대한 인식은 고정된 것이 아니고 시뮬레이션 개발 중에 변화될 수 있으며 또한 시뮬레이션 모델이 이 변화를 유도하는 역할도 한다.

2. 모델링과 프로젝트 목표 설정

모델의 목표가 적절한 모델을 개발하는 핵심(key)이다. 이것은 모델링의 전 과정에 영향을 주고 모델의 타당성 확인을 위한 참고점, 시험 지침, 모델연구의 성공 여부를 판단하는 측정기준 등을 제공한다. 이 모델링의 목표는 조직의 목표를 식별하는데 유용해야 하고 모델의 목표에 초점을 맞추면 안 된다. 따라서 목표를 설정할 때 '시뮬레이션 결과로 무엇을 얻으려고 하는가?'가 중요하다.

목표는 다음과 같은 3가지 요소로 기술할 수 있다.

- 달성(Achievement) : 이해관계자가 달성하려는 것 (생산증가 등)
- 성과(Performance) : 성과 측정 (예: 10% 절감 또는 증가 등)
- 제한사항(Constraints) : 모델개발 간 제한사항 (예: 예산 등)

이렇게 설정된 목표들은 모델 개발자가 이해관계자들을 교육하고 개발하는 가운데 추가 또는 삭제 등 조정될 수 있다. 개념모델링을 할 때 목표 설정뿐만 아니라 프로젝트 목표 또한 중요하다. 프로젝트는 시간이 중요하기 때문에 시간이 제한될 경우 필요한 부분만 모델링하는 경우도 있지만 통상 다음과 같은 5가지 요소들을 고려하여 구상한다.

- 유연성(Flexibility) : 모델이 연구 전후로 많은 변화가 예견될 경우
- 작동속도(Run-Speed) : 많은 실험이 필요할 경우
- 시각전시(Visual Display) : 애니메이션 등 단순개념 도입 필요 시
- 사용 용이성(Ease-of-Use) : 사용자 구현용이
- 모델/구성요소 재사용(Model/Component Reuse) : 재사용

3. 모델의 출력 값 식별

통상 목표설정이 끝나면 모델링을 요구하는 사람들이 원하는 것을 확인하기 위해 어떤 결과를 원하는지 식별하는 것이 중요하다. 이런 결과에는 다음과 같은 2가지 목적을 가지고 있다.

- 모델링 목표들이 달성되었는지를 식별하기 위함
- 모델링 목표들이 달성되지 않았을 때 그 원인을 알아내기 위함

첫번째 목적은 통상 모델링 목표에서 직접 식별할 수 있다. 그러나 두 번째 목적은 다소 어려움은 있지만 모델 개발자의 과거 경험, 요구자의 이해, 그리고 해 분야 전문가들의 지식 등을 종합하면 식별해낼 수 있다. 그리고 요구하는 결과들이 식별되었을 때 평균값, 최댓값, 최솟값, 편차 등의 데이터, time-series, bar chart, Gantt charts, pie charts 등의 그래픽 등으로 보고서를 만들 경우 이해 관계자들을 쉽게 이해시킬 수 있다.

4. 모델의 입력 값 식별

입력 값은 모델링 목표를 달성하기 위해 조정할 수 있는 모델 데이터를 말한다. 이 값은 모델 구현을 위해 가용한 데이터의 일부를 사용할 수 있고 결과(출력 값)와 마찬가지로 모델링 목표로부터 식별하거나 실제 시스템의 향상을 원하는 요구자나 해 분야 전문가에게 문의하여 얻을 수 있다.

입력 값은 실험 대상요소들이 변화한다면 그 범위를 식별해야 하고, 그 범

위에 따라 모델을 설계해야 한다. 데이터 입력방법은 직접 모델코드(model code)에 입력하거나 모델기반 메뉴나 데이터 파일 또는 spread-sheet와 같은 제 3의 소프트웨어에 입력하여 사용할 수 있다.

5. 모델의 범위, 상세수준 등 모델내용 결정

시뮬레이션 모델의 범위(Scope)는 개체(Entities), 행위(Activities), 대기(Queues), 자원(Resources)으로 구분하고, 범위를 결정한다는 것은 이 요소들을 식별하는 것이다. 범위 구성요소별 예는 다음과 같다.

- 개체 : 고객, 점원, 차량, 사업절차의 정보 등 독립적 행위의 주체
- 행위 : 기계, 서비스 데스크, 컴퓨터 등 행위상태가 변하는 것
- 대기 : 운반시스템, 버퍼, 대기 장소 등 다음 행위를 기다리는 것
- 자원 : 직원, 장비 등 단독 모델링은 안 되고 수량화 가능한 것

모델의 범위는 통상 다음과 같이 3단계의 과정을 거쳐 결정된다.

- 1단계 : 모델의 경계선 식별 (입·출력 값, interval time 등 활용)
- 2단계 : 실세계의 모든 구성요소를 식별 (brainstorming 사용 등)
- 3단계 : 식별된 구성요소들이 모델 타당성, 신뢰성, 유용성, 가용성에 중요한지 평가 (영향을 주지 않는다면 제외시킨다.)

상세수준(Level of Detail)에 대해서는 공식적으로 정의되어 있는 것은 없지만 모델에 적용되면 통상 관측 가능한 시스템의 요소들이나 가정된 시스템 관계들에 대한 평가를 의미한다.[31] 모델 개발자, 요구자, 해 분야 전문가들은 다음과 같은 요소들을 고려하여 상세수준을 결정한다.

- 판단(Judgement) : 모델 개발자, 요구자, 해 분야 전문가
- 경험(Past experience) : 특히 모델 개발자를 대신할 경험
- 자료분석(Data Analysis) : 시스템에 대한 예비자료 분석
- 시제제작(Prototyping) : 모델 일부로 개발하여 포함 시 효과 확인

31) Stewart Robinson. *op. cit.*, p.37.

6. 가정 및 단순화 식별

모델의 범위와 상세수준을 결정하기 위해 다양한 가정(Assumptions)과 단순화(Simplifications)의 과정을 거치게 된다. 가정은 모델링할 실세계에 대한 불확실성이나 믿음이 있을 때 수립하고, 단순화는 모델의 빠른 개발과 사용, 데이터 요구 감소 및 투명성 향상 등을 위해 사용하는데 모두 모델에서 제외된 구성요소나 세부내용들을 참고하여 식별한다.[32] 가정과 단순화가 한번 설정되면 모델결과에 대한 영향정도(고, 중, 저)와 신뢰도(고, 중, 저)를 평가하는데 유용하다.

이런 가정과 단순화는 모두 합리적이어야 하고 이해관계자 간 동의가 이루어져야 한다. 그리고 필요에 따라서 가정과 단순화에 대한 문제를 조율하기 위해 개념모델을 변화시킬 수도 있다. 이들은 모두 이해관계자들의 경험에 의해서 많이 이루어진다.

7. 데이터 요구사항 식별

모델 시뮬레이션에서 필요한 실제 데이터는 상세수준을 분석한 도표에서 식별될 수 있고, 이 데이터에 대한 타당성 여부는 과거 또는 전문가들의 경험에서 식별될 수 있다. 이 데이터는 최초 값을 갖고 실험간 변화하는 실험요소(Experimental Factors)와 실험기간 중에 변화하지 않는 모델모수(Model Parameters)로 구분된다. 데이터의 부족은 프로젝트를 포기하는 것이 아니라 데이터를 정의하고 민감도 분석(Sensitivity Analysis)을 실시하여 정확하지 않은 데이터의 효과를 확인할 수 있다.

32) Stewart Robinson, *op. cit.,* p.93.

제 5 절 워게임 모델 적용 교전이론

1. 란체스터의 법칙(Lanchester's laws)[33)]

란체스터 법칙은 전쟁 중에 발생하는 피해정도를 나타내는 수학적 모델로서 제 1차 세계대전 간 영국 항공공학 엔지니어인 Frederic. W. Lancherster가 공중전에서 항공기 손실과 생존율을 연구하던 중 아주 특이한 사실을 발견하면서 만들어졌다. 여기에는 선형법칙, 제곱법칙, 그리고 혼합법칙이 있다. 그러나 혼합법칙은 게릴라전이나 방어지역에 대한 기습 공격하는 전투상황을 표현하기 위한 것이기 때문에 본 연구에 적용하지 않기 때문에 선형 및 제곱법칙의 개념만 제시하였다.

가. 선형법칙

선형법칙은 현대와 같이 총이나 포가 없던 시대의 전투를 표현한 법칙으로 큰 군대나 작은 군대를 막론하고 동일한 무기를 사용한다고 가정하면 전투시 양쪽 집단의 병력이 각각 같은 비율로 줄어들게 되고 결국 병력이 많은 쪽이 승리한다는 것으로 간접화기 교전에 적합한 방법이다.

이 법칙을 적용할 때 살상률(β, ρ)을 계산하는 식은 아래와 같다.

$$\beta\ (\rho) = (f * Ae) / A$$

f : 사격속도, Ae : 단발유효살상면적, A : 부대가 위치한 면적

이 살상률로 청군과 홍군의 생존 무기수를 표현하면 다음과 같다.

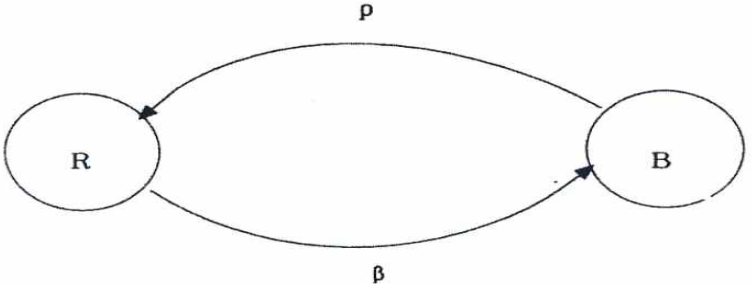
$$\beta\ (Bo - B) = \rho\ (Ro - R)$$

Bo, Ro : 최초 전투력 규모, B, R : t시간에서의 전투력 규모

33) 이상진. (2008). 『국방의사결정론 사례연구』. (서울 : 국방대학교), pp.226-33.

나. 제곱법칙

란체스터는 제1차 세계대전 시 공중전의 사례들을 수집하여 수학적으로 분석하는 작업을 하면서 특이한 현상을 발견하였다. 즉, 성능이 비슷한 항공기 5대와 3대가 끝까지 싸웠더니 4:0으로 전투가 끝났는데 이는 생존 확률이 전력의 제곱에 비례하게 되어 생존 확률이 25:9인 싸움이 되었기 때문이었다. 여기서 양쪽의 항공기가 1:1로 모두 격추된다면 각각 9대를 제하여 16:0으로 전투가 종료되고 이 생존확률의 제곱근을 구하면 남는 항공기가 4:0이 된다는 것이다. 즉, 무기효과가 동일하다면 총 전력은 병사 수의 제곱에 비례한다는 것이 란체스터 제곱법칙이고, 이를 단순하게 모형으로 도식화하면 아래의 〈그림 2-4〉 과 같고 직사화기 교전을 설명할 수 있다.



〈그림 2-4〉 란체스터가 고려한 단순한 전투상황[34)]

여기서 R과 B는 t시간에서의 각각 R군과 B군의 전투력 규모, ρ과 β는 각각 R군과 B군의 전투손실률을 나타낸다.

또한 손실계수 비율 $\frac{\beta}{\rho} = (B_0^2 - B^2)/(R_0^2 - R^2)$ 은 초기전투력 규모(Ro, Bo)의 제곱에서 t 시간에서의 전투력 규모의 제곱을 감한 쌍방의 비율로 나타난다. 즉, B군이 R군에 승리하려면 $\frac{B_0}{R_0} > \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}$ 이어야 하며, $\rho = \beta$가 되면 전투결과는 단지 전투력 규모 (인원 수)에 따라 승패가 결정된다.

34) 송영복. (1999).『란체스터 전투모형을 이용한 전투력의 분할과 공략에 관한 연구』. (서울 : 국방대학교), pp.4.

그러나 란체스터 제곱법칙은 란체스터 선형법칙보다 발전은 했으나 현대전은 동일 무기체계보다는 이질의 무기체계에 의해 이루어지는 경우가 대부분이기 때문에 문제가 있지만 현대 워게임 모델에서 적용하고 있다.

2. Przemieniecki의 수학모델링 방법[35)]

란체스터 법칙은 동질부대(Homogeneous Forces)간 교전 상황을 묘사한 것이라면 현대전과 같은 이질부대(Heterogeneous Forces)간 상황을 묘사하기에 적합하지 않기 때문에 많은 학자들이 이를 수학적으로 묘사하려고 노력해 왔다. 특히 Przemieniecki 등은 'Mathematical Modeling of Combat Engagements by Heterogeneous Forces'란 연구논문에서 이질부대간 교전상황에서 각각의 전투력에 의한 손실계수를 행렬형태로 표시하고 시간에 따른 전투력 변화를 1차 미분방정식 형태로 나타내어 질적 및 양적 우열에 따른 전투결과를 모형으로 제시하였다.

각각 다른 무기체계를 가진 B군과 R군이 교전할 때
(1) M을 B군의 전투원수, N을 R군의 전투원수라 하고
(2) Mi(i = 1, ..., B), Nj(j = 1, ..., N), (Mi, Nj, A, B > 0)로 정의하면,

M과 N은 열행렬(Column matrix)이며, 이를 구성하는 M_1, M_2,...M_B는 각각 다른 형태의 무기를 갖는 B군의 분할된 전투원수를 의미하고 N_1, N_2,...N_R는 각각 다른 형태의 무기를 갖는 R군의 분할된 전투원수를 의미하게 된다.

여기서 A와 B를 M_1, M_2,...M_B 전투력과 N_1, N_2,...N_R 전투력들 중 특정한 전투력끼리 교전했을 때 손실계수라고 했을 때 아래의 〈표 2-1〉과 같이 행렬형태로 나타낼 수 있다.

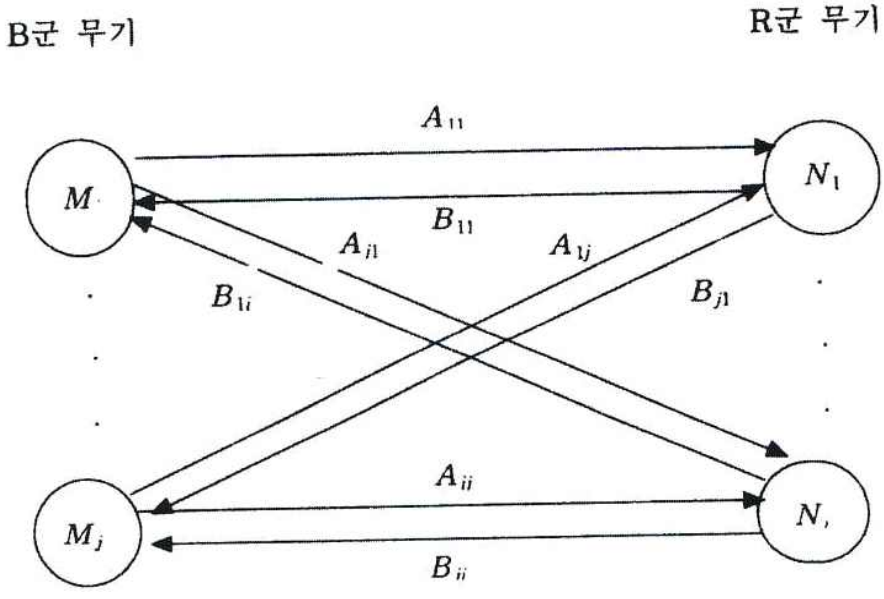
35) 상게서, pp.5-9.

[표 2-1] 손실계수를 나타내는 Matrix

$$\begin{vmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_B \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} & 0 & & \cdots & -B_{1i} & \cdots & -B_{1R} \\ & & & \cdots & -B_{2i} & \cdots & -B_{2R} \\ & & & & \vdots & & \vdots \\ & & & \cdots & -B_{Bi} & \cdots & -B_{BR} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_B \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} N_1 \\ N_2 \\ \vdots \\ N_R \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cdots & -A_{1j} & \cdots & -A_{1B} \\ \cdots & -A_{2j} & \cdots & -A_{1B} \\ & \vdots & & \vdots \\ \cdots & -A_{Rj} & \cdots & -A_{RB} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} & 0 & \end{vmatrix} \begin{vmatrix} N_1 \\ N_2 \\ \vdots \\ N_R \end{vmatrix}$$

위 표에서 보는 바와 같이 i번째 열이 모두 '0'이면, 값이 '0'가 되어 공격을 B군은 공격을 받지 않게 되고, j = 0 이 되면 R군은 공격을 받지 않는다. 또한 A_{ij}를 각각 Mj가 Ni와 교전했을 때 Ni를 살상할 Mj 무기 고유의 살상율과 Mj가 N_1, N_2,...N_R 중 어느 하나와 교전할 확률을 곱한 값이라 하면 이질부대간 전투모형은 〈그림 2-6〉 과 같이 나타낼 수 있다.



〈그림 2-5〉 이질부대간 전투모형

제 6 절 민감도 분석

민감도 분석은 선택한 대안이 당면한 의사결정 목표를 달성하는데 가장 효과적인 방법인가를 다시 확인하는 절차[36]로서 통상 모델의 타당성을 평가하기 위해 사용하는 방법으로 모델의 상수 값에 대한 가정을 변화시키거나 입력변수의 변화에 따른 출력 값의 변화를 정량적으로 비교하는 방식으로 실시한다.

즉, 설계된 모델에서 하나의 주요 독립변수 또는 파라미터(parameter)의 값을 변화시켰을 때 그 결과가 실제로 다른 주요 독립변수 또는 파라미터의 값에 타당성 있는 변화로 나타나게 되면 그 모델은 실제 현상을 잘 반영하였다고 할 수 있고, 한 독립변수 값의 변화가 출력 값에 미치는 영향과 그 의미를 평가하고 두 값의 중요한 특성을 확인하여 상관관계를 분석하여 전제 목표에서 요구하는 조건을 충족시키는지 여부를 분석하여 모델의 타당성을 평가하게 된다.

민감도를 분석하는데 변수의 선택, 변수의 변동범위와 발생가능성, 분석결과 등은 분석가의 관점에 따라 좌우될 수 있다는 한계점은 있지만 예상되는 변수의 변화에 따른 영향을 쉽게 판단할 수 있고 어떤 변수가 가장 큰 영향을 주는가를 예측할 수 있다는 점에서 필요하다.

민감도 분석 방법에는 정태적(static) 방법과 동태적(dynamic) 방법이 있다. 정태적 방법은 모델의 독립 입력변수를 개별적으로 변화시킨 후 그 결과를 취합하는 방법으로서 결과에 가장 영향이 큰 변수의 식별이 가능하여 경우에 따라서는 영향이 미미한 변수를 제거하기 위해 사용된다. 하지만 다른 변수를 두고 한 가지 변수의 변화만을 고려했을 때 변수들이 서로 독립적이지 않으면 총체적인 위험을 반영시키지 못하는 단점이 있다. 반면에 동태적 방법은 여러 변수들이 다중 상관관계로 얽혀 있거나 많은 변수를 가정했을 때 사용하며 여러 가정이 동시에 변화하면서 그 상호작용 결과의 변동 값을 명확히 판단할 수 있다는 면에서 유용하다.[37]

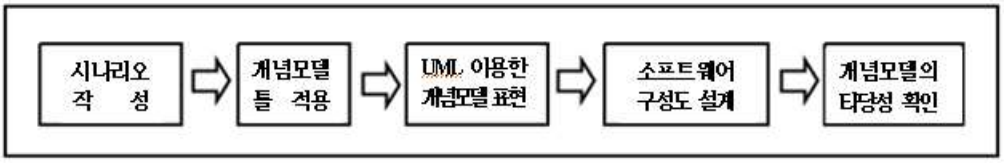
---

36) 김양렬. (2012). 『의사결정론』. (서울 : 명경사), p.141.
37) 오영민. (2009). "민감도 분석을 통한 무기체계 획득 비용분석에 관한 연구". 『제9회 학술교류 세미나 논문집』, (서울 : 국방대학교), p.210.

제 3 장 최적 조합 도출을 위한 모델 개발

제 3장에서는 대화력전 수행체계를 기준으로 개전 초기 수도권에 가장 큰 위협이 되는 홍군의 장사정포가 사격할 때 장사정포의 위치를 탐지하고 청군이 가지고 있는 합동무기체계로 타격하여 홍군 장사정포를 70%이상 파괴했을 때 종결되도록 모델을 개발하는 절차를 제시하였다.

이를 위해 먼저 대화력전 수행체계에 따라 홍군 및 청군 무기체계의 적용범위 설정과 운용시나리오를 작성하고 개념모델 개발 틀을 이용하여 개념모델을 개발하였다. 통상 개념모델의 개발범위는 관점에 따라 상이하지만 본 연구에서는 개념모델링 틀을 적용한 실세계 분석, UML을 이용한 개념모델 표현, 그리고 모델 코딩을 위한 컴퓨터 모델의 시뮬레이션 소프트웨어 구성도 설계까지를 포함하였다. 그리고 모델 코딩을 통해 컴퓨터 모델을 완성하고 시뮬레이션을 실시하고 전문가 의견을 통해 그 결과가 타당성이 있는지 확인하였다. 아래 〈그림 3-1〉 은 이러한 모델 개발 절차를 나타내고 있다.



〈그림 3-1〉 모델 개발 절차

제 1 절 모델의 시나리오 작성

1. 홍군 및 청군의 적용범위

개전 초기 대화력전 모델에서 묘사되는 무기체계로 홍군은 수도권을 위협하는 240mm 방사포와 170mm 자주포를, 청군은 홍군을 타격할 수 있는 육군의 자주포와 다련장포, 그리고 공군의 항공기를 선정하였다. 그리고 홍군과 청군의 포병은 전술적 운용을 고려하여 포대(6문)단위로 묘사하고, 홍군 규모

는 수도권을 위협하는 장사정포 300여 문을 고려하여 1/3 수준으로 축소하되 장사정포 비율(240mm:170mm=2:1)을 적용하여 240mm는 12개 포대, 170mm는 6개 포대 등 18개 포대(108문)를 범위로 선정하였다.

청군은 합동무기체계 개념을 적용하여 합동전장에 참여하는 자주포, 다련장포, 항공기 등의 무기체계 숫자를 각각 변화시켜 범위를 설정하였다. 자주포는 6문, 다련장포는 3문을 각각 포대로 하여 1개 포대씩 증가하도록 하고, 항공기는 수도권 북쪽지역의 제한된 기동공간을 고려하여 동시 운용이 가능한 수량을 최대 30분당 3대(총 6소티)로 제한하였다. [표 3-1]은 이를 정리한 것이다.

[표 3-1] 홍군 및 청군 무기체계 묘사 범위

구 분	홍군 (포대 수)		청군 (포병 : 포대 수, 항공기 : 소티 수)		
무기체계	240mm	170mm	자주포	다련장포	항공기
수 량	12	6	3 ~ 9	1, 2, 3	2, 4, 6

시뮬레이션 간 청군의 합동무기체계에 의한 홍군 장사정포의 피해율은 육군의 화력운용효과분석 전투실험 결과와 공군의 무장별 파괴기준을 적용하였고, 청군 자주포 및 다련장포의 피해율은 홍군 장사정포가 청군 자주포 및 다련장포에 직접 영향을 주지는 않지만 실제 홍군의 전방지역에 배치된 일반포병, 항공기, 후방지역에 침투하는 부대들의 활동 등을 고려한 전시소요기준의 손실률을 적용하여 시간이 경과함에 따라 피해가 발생하도록 Two-way System을 적용하였다. 또한 홍군 장사정포가 70%이상 파괴되면 더 이상 임무수행이 불가능한 것으로 판단하여 시뮬레이션이 종결되도록 하였다.

2. 모델 시나리오

모델 시나리오를 작성하기 이전에 다음과 같이 상황을 조성하였다. 먼저 홍군은 현재 방호된 갱도진지와 계획된 인근 사격진지를 왕래하면서 수도권에 사격을 할 것이며 사격 가능한 장사정포는 240mm 방사포 12개 포대와

170mm 자주포 6개 포대 등 총 18개 포대이다. 또한 청군의 후방지역에 특수부대를 침투시켜 포병 화력과 항공기를 유도하여 청군 포병을 타격할 것이고, 청군 화력에 의해 갱도진지가 파괴되면 자체 인력과 장비를 사용하여 갱도진지를 복구할 것이고 다시 임무를 수행할 때까지 8시간이 소요될 것이다.

청군의 목표는 수도권 피해를 최소화하기 위해 개전 후 6시간 이내에 수도권을 위협하는 홍군 장사정포의 70%이상을 파괴하는 것이다. 이를 수행하는 대화력전 수행본부, 탐지자산, 자주포, 다련장포 및 항공기는 항상 가용하다.

대화력전 시나리오는 위에서 기술한 홍·청군의 상황과 대화력전 수행체계를 기준으로 다음과 같이 작성하였다.

가. 홍군 장사정포 운용 시나리오

1) 최초 홍군의 240mm 방사포 및 170mm 자주포는 사격을 위해 갱도진지를 출발하여 사격진지를 점령한다.

2) 장사정포들은 정해진 시간에 일제히 사격을 실시하고 사격진지를 이탈하여 갱도진지로 복귀한다.

3) 240mm 방사포는 갱도진지에서 재장전을 실시하는데 20분이 소요되고 이 시간에는 갱도진지에서 대기하며 이를 반복하여 수행한다.

4) 170mm 자주포는 사격을 실시하고 갱도진지로 복귀하여 탄약을 적재하는데 20분이 소요되어 갱도진지에서 대기하고 이를 반복 수행한다.

5) 홍군 장사정포의 취약시간은 사격준비, 사격 및 이동준비 시간으로 청군의 자주포, 다련장포 및 항공기 사격에 의해 피해가 발생한다.

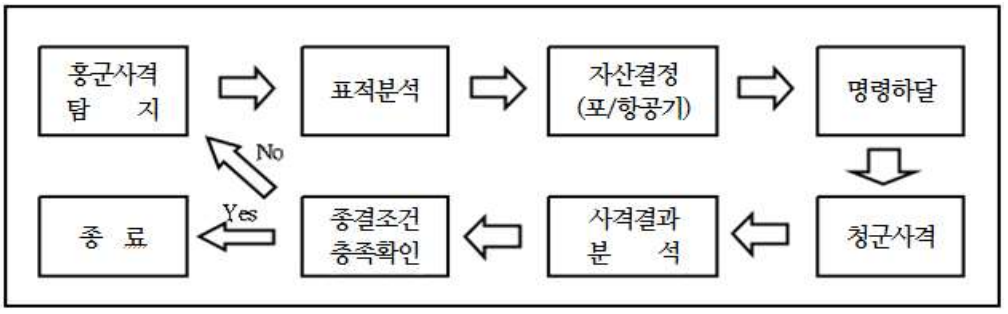
[표 3-2] 홍군 장사정포 운용 간 취약시간 판단[38)]

구 분	계	진지이동	사격준비	사 격	이동준비	이 동
240MM 방사포	19분	5분	2분	1분	6분	5분
170MM 자주포	34분	5분	10분	6분	8분	5분

38) 황일도, 전게논문. 전게서, p.99.

나. 청군 운용 시나리오

제 2장에서 제시한 대화력전 수행체계에 따라 청군은 아래 〈그림 3-2〉와 같은 절차로 임무를 수행한다.



〈그림 3-2〉 청군 개전 초기 대화력전 수행체계

1) 먼저 홍군 장사정포가 사격을 실시하면 이를 탐지하여 대화력전 수행본부로 보고하고 대화력전 수행본부에서는 이를 분석한다.

2) 대화력전 수행본부에서는 가용한 타격자산(포병, 항공기)을 판단하고 이동준비, 사격준비, 사격 등의 취약시간에 있는 장사정포는 포병에게, 이동 중에 있는 장사정포는 항공기에게 사격명령을 하달한다.

3) 사격명령을 받은 포병 및 항공기는 사격을 실시한다.

4) 홍군 장사정포에 대한 사격결과를 분석하여 종결조건 충족여부를 판단하고 충족될 때까지 이 절차를 반복하여 수행한다.

제 2 절 개념모델 개발 틀을 이용한 개념모델 개발

1. 개념모델 개발 틀 적용 결과

위에 기술한 시나리오를 기준하여 전투체계 시뮬레이션을 위한 개념모델을 개발하는 틀(Framework)의 5가지 행위(Activities)를 적용한 결과를 [표 3-3]부터 [표 3-6]까지 제시하였다.

[표 3-3] 문제인식/목표설정/입·출력자료 식별

주 요 활 동	내 용
문제 상황 인식	• 각 군별 상황판단 후 독자적으로 무기체계 획득 • 전시 장비소요의 과다/과소 판단 및 중복 가능성 내재 • 개전 초기 대화력전 시 유휴 무기체계 발생으로 예산낭비 우려
모델/프로젝트 목표 결정	• 조직의 목표 (대화력전 수행본부) - 대화력전 시 합동무기체계별 최적 조합 판단 * 대화력전 시작 6시간 이내 장사정포 70% 파괴 시 임무 종결 • 모델링 목표 ① 대화력전 참여 합동무기체계의 조합별 목표달성시간 산출 ② 대화력전 참여 합동무기체계의 조합별 소요비용 산출 • 일반적인 프로젝트 목표 ① 운용기간 : 대화력전 기간 (종결조건 달성 시까지) ② 유연성 : 토의된 상세수준 적용 (포대단위 묘사 등) ③ 처리시간 : 많은 반복 회수가 필요 → 합리적 속도 필요 * 신뢰성 및 정확성 등 검증 위해 필요 ④ 시각화 정도 : 없음 ⑤ 사용의 용이성 : 모델제작자/사용자가 사용할 단순한 수준 * 향후 재사용이 가능하도록 개발
모델 결과물 (OUTPUT) 식 별	• 대화력전 참여 무기체계들의 수량 판단 결과 (최소비용) * 개별 무기체계가 대화력전에 미치는 영향 식별 (민감도 분석) • 대화력전 기간 중 참여 무기체계별 탄약소요 판단 결과 ※ 대화력전 수행결과 분석 자료의 그래프 전환
모델 입력물 (INPUT) 식 별	• 청 군 - 홍군 장사정포 공격 항공기 대수 - 포병(자주포, 다련장포) 포대 수 - 항공기 임무수행 간 포병 대기시간 - 항공기/포병 사용 탄종 및 홍군 피해율 - 항공기 임무수행 소요시간 (임무 시작 ~ 종료 간 시간) - 포병 임무수행 소요시간 (준비 ~ 발사) - 항공기 / 포병 장비 피해율 - 항공기 및 탄약 보유량 및 가용도 (무제한 적용) • 홍 군 - 수도권 위협하는 장사정포 무기체계별 포대 수

[표 3-4] 모델범위 식별 (The Identification of Model Scope)

구 성 요 소	포함여부	판 단 이 유
개체 (Entities)		
• 청군 항공기	포함	• 시험평가요소, OUTPUT
• 청군 포병(포대)	포함	• 시험평가요소, OUTPUT
• 홍군 장사정포(포대)	포함	• 시험평가요소
• 청군 항공탄약	포함	• 시험평가요소, OUTPUT
• 청군 포병탄약	포함	• 시험평가요소, OUTPUT
• 탐지체계	포함	• 탐지체계 유형별 시나리오 적용
• 지휘통제체계	포함	• 지휘통제(지구사/군단) 시나리오 적용
행위 (Activities)		
• 홍군위치 탐지	포함	• 시험평가요소에 주요한 영향
• 홍군위치 전송	미포함	• 위치 탐지시간에 포함
• 지휘통제(임무부여)	포함	• 시험평가요소에 주요한 영향
• 청군 항공기 타격	포함	• 시험평가요소에 주요한 영향
• 청군 포병 타격	포함	• 시험평가요소에 주요한 영향
• 홍군 피해 발생	포함	• 시험평가요소에 주요한 영향
• 청군 피해 발생	포함	• 시험평가요소에 주요한 영향
• 피해장비 정비	포함	• 시험평가요소에 주요한 영향
대기 (Queues)		
• 항공기 임무대기	포함	• 시험평가요소에 영향 (항공기 가동률/유휴율)
• 포병사격 준비시간[39]	미포함	• 가정 설정 (무기체계별 상수화/삼각분포 등)
• 사격진지 이동	포함	• 시험평가요소에 주요한 영향
• 피해장비 정비	포함	• 시험평가요소에 주요한 영향
• 탄약보충 (육군/공군)	미포함	• 대화력전 소요 탄약 확보 가정
자원 (Resources)		
• 탐지체계 운용인원	미포함	• 충분한 인력이 가용한 것으로 가정
• 지휘통제체계 요원	미포함	• 충분한 인력이 가용한 것으로 가정
• 항공기 운용요원	미포함	• 충분한 인력이 가용한 것으로 가정
• 포병 운용요원	미포함	• 충분한 인력이 가용한 것으로 가정
• 정비요원	미포함	• 충분한 인력이 가용한 것으로 가정

39) 명령하달 후 최초 발사(사격진지 점령, 탄약 이송, 탄약장전, 조준 등) 전까지 시간 포함.

[표 3-5] 구성요소별 상세수준 판단요소 (The full list of Details)

구성요소	측정요소 (Detail)	판 단 이 유
개 체 (Entities)	• 참여(대)수 • 사격발수 • 진지이동 • 탐지소요시간 • 임무부여 소요시간 • 기 타	• 개체의 수가 하나 이상임. • 사격발수가 하나 이상임. • 모델에 어떻게 적용되는지에 영향 요소 • 모델에서 개체가 작동하는데 영향 요소 • 모델에서 개체가 작동하는데 영향 요소 • 모델의 화면에서 어떻게 표시되는지 등
행 위 (Activities)	• 공군 임무수행 횟수 • 육군 임무수행 횟수 • 반복 주기 • 청군 피해발생 • 홍군 피해발생 • 피해장비 정비 • 기 타	• 결과에 영향 • 결과에 영향 • 청 · 홍군의 피해율에 영향을 줌 • 결과에 영향 • 결과에 영향 • 기간 중 장비의 재투입 등에 영향 • 스케쥴링 등
대 기 (Queues)	• 공군 임무대기 시간 / 항공기 수 • 육군 임무대기 시간 / 포대 수 • 이동시간 • 정비시간 • 기 타	• 대화력전 기간 중 대기시간 및 항공기 수 • 대화력전 기간 중 대기하고 있는 시간/포대 수 • 다음 임무를 수행할 장소로 이동하는 시간 • 피해장비가 복구할 때까지 임무수행 불가 시간 • 개체유형 등
자 원 (Resources)	• 자원의 수 • 필요한 장소 • 교대 주기 • 기 타	• 자원의 수 • 임무를 수행하는데 자원들이 필요한 장소 • 임무를 수행하는 자원들이 교대하는 주기 • 임무수행 능력 수준, 업무방해 요소 등

[표 3-6] 모델 구성요소별 상세수준 판단 (The lumped Model)

구성요소	측정요소 (Detail)	포함여부	판 단 이 유
개 체			
• 청 군 항공기	• 참여(대)수 • 사격발수 • 진지이동 • 탐지소요시간 • 임무부여 소요시간 • 기 타	포함 포함 미포함 미포함 포함	• 시험평가요소 • 시험평가요소 • 시뮬레이션에 영향을 미치지 않음 • 탐지체계 활용 (상수 / 분포 적용) • 시험평가요소에 주요한 영향
• 청군 포병 (포대)	• 참여(대)수 • 사격발수 • 진지이동 • 탐지소요시간 • 임무부여 소요시간 • 기 타	포함 포함 포함 미포함 포함	• 시험평가요소 (포대수) • 시험평가요소 (포대별 사격기준) • 시험평가요소에 주요한 영향 • 탐지체계 활용 (상수 / 분포 적용) • 시험평가요소에 주요한 영향
• 홍 군 장사정포 (포대)	• 참여(대)수 • 사격발수 • 진지이동 • 탐지소요시간 • 임무부여 소요시간 • 기 타	포함 미포함 포함 포함 포함	• 시험평가요소에 주요한 영향 • 청군 피해율 적용 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시나리오 적용 • 시나리오 적용
• 청 군 항공탄약	• 참여(대)수 • 사격발수 • 진지이동 • 탐지소요시간 • 임무부여 소요시간 • 기 타	미포함 포함 미포함 미포함 미포함 포함	• 항공기 장착 탄약 (미사용 포함) • 시험평가요소 • 시뮬레이션에 영향을 미치지 않음 • 시뮬레이션에 영향을 미치지 않음 • 시뮬레이션에 영향을 미치지 않음 • 탄종별 피해효과 상이
• 청 군 포병탄약	• 참여(대)수 • 사격발수 • 진지이동 • 탐지소요시간 • 임무부여 소요시간 • 기 타	미포함 포함 미포함 미포함 미포함 포함	• 포대보유 탄약 (미사용 포함) • 시험평가요소 • 시뮬레이션에 영향을 미치지 않음 • 시뮬레이션에 영향을 미치지 않음 • 시뮬레이션에 영향을 미치지 않음 • 탄종별 피해효과 상이

[표 3-6] 모델 구성요소별 상세수준 판단 (The lumped Model)(계속)

구성요소	측정요소 (Detail)	포함여부	판 단 이 유
• 탐지체계	• 참여(대)수 • 사격발수 • 진지이동 • 탐지소요시간 • 임무부여 소요시간 • 기 타	미포함 미포함 미포함 포함 미포함 미포함	• 탐지체계 유형별 시나리오 적용
• 지휘통제 체 계	• 참여(대)수 • 사격발수 • 진지이동 • 탐지소요시간 • 임무부여 소요시간 • 기 타	미포함 미포함 미포함 미포함 포함 미포함	• 지휘통제 시나리오 적용
행 위			
• 홍군위치 탐 지	• 공군 임무 횟수 • 육군 임무 횟수 • 반복 주기 • 청군 피해발생 • 홍군 피해발생 • 피해장비 정비 • 기 타	미포함 포함 포함 미포함 포함 미포함	• 탐지체계와 관계없음 • 탐지체계 유형별 시나리오 적용 • 탐지체계 유형별 시나리오 적용 • 탐지체계와 관계없음 • 피해평가에 주요한 영향 • 탐지체계와 관계없음
• 홍군위치 보 고	• 공군 임무 횟수 • 육군 임무 횟수 • 반복 주기 • 청군 피해발생 • 홍군 피해발생 • 피해장비 정비 • 기 타	미포함 미포함 미포함 미포함 미포함 미포함	• 탐지체계 유형별 시나리오 적용 (탐지시간에 포함)
• 지휘통제 (임무부여)	• 공군 임무 횟수 • 육군 임무 횟수 • 반복 주기 • 청군 피해발생 • 홍군 피해발생 • 피해장비 정비 • 기 타	포함 포함 포함 포함 포함 미포함	• 임무부여에 주요한 영향 • 임무부여에 주요한 영향 • 지휘통제체계 시나리오 적용 • 임무부여에 주요한 영향 • 임무부여에 주요한 영향 • 청군 피해발생에 포함

[표 3-6] 모델 구성요소별 상세수준 판단 (The lumped Model)(계속)

구성요소	측정요소 (Detail)	포함여부	판 단 이 유
• 청군 공군 타 격	• 공군 임무 횟수 • 육군 임무 횟수 • 반복 주기 • 청군 피해발생 • 홍군 피해발생 • 피해장비 정비 • 기 타	포함 미포함 포함 포함 포함 미포함	• 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 영향 미흡 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 영향 미흡
• 청군 포병 타 격	• 공군 임무 횟수 • 육군 임무 횟수 • 반복 주기 • 청군 피해발생 • 홍군 피해발생 • 피해장비 정비 • 기 타	미포함 포함 포함 포함 포함 미포함	• 시험평가요소에 영향 미흡 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 영향 미흡
• 홍 군 피해발생	• 공군 임무 횟수 • 육군 임무 횟수 • 반복 주기 • 청군 피해발생 • 홍군 피해발생 • 피해장비 정비 • 기 타	포함 포함 포함 포함 포함 미포함	• 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 영향 미흡
• 청 군 피해발생	• 공군 임무 횟수 • 육군 임무 횟수 • 반복 주기 • 청군 피해발생 • 홍군 피해발생 • 피해장비 정비 • 기 타	포함 포함 포함 포함 포함 미포함	• 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 주요한 영향 • 시험평가요소에 영향 미흡
• 피해장비 정 비	• 공군 임무 횟수 • 육군 임무 횟수 • 반복 주기 • 청군 피해발생 • 홍군 피해발생 • 피해장비 정비 • 기 타	포함 포함 포함 포함 포함 포함	• 장비 피해율 적용

[표 3-6] 모델 구성요소별 상세수준 판단 (The lumped Model)(계속)

구성요소	측정요소 (Detail)	포함여부	판 단 이 유
대 기			
• 공 군 임무대기	• 공군 임무대기 시간 / 항공기 수	포함	• 일자/시간대별 항공기 소요 판단에 영향
	• 육군 임무대기 시간 / 포대 수	포함	• 공군/포병 동시 임무수행 제한
	• 이동시간	미포함	• 임무대기시간에 포함
	• 정비시간	미포함	• 피해장비는 대화력전 임무 불가
	• 기 타		
• 포병사격 준비시간	• 공군 임무대기 시간 / 항공기 수	미포함	• 가정으로 설정 (사격시간에 포함)
	• 육군 임무대기 시간 / 포대 수	미포함	
	• 이동시간	미포함	
	• 정비시간	미포함	
	• 기 타		
• 사격진지 이동시간	• 공군 임무대기 시간 / 항공기 수	미포함	• 시뮬레이션에 영향을 미치지 않음
	• 육군 임무대기 시간 / 포대 수	미포함	• 시뮬레이션에 영향을 미치지 않음
	• 이동시간	포함	• 시험평가요소에 주요한 영향
	• 정비시간	미포함	• 피해장비는 대화력전 임무 불가
	• 기 타		
• 피해장비 정비시간	• 공군 임무대기 시간 / 항공기 수	미포함	• 시뮬레이션에 영향을 미치지 않음
	• 육군 임무대기 시간 / 포대 수	미포함	• 시뮬레이션에 영향을 미치지 않음
	• 이동시간	미포함	• 시뮬레이션에 영향을 미치지 않음
	• 정비시간	미포함	• 피해장비는 대화력전 임무 불가
	• 기 타		
• 탄약보충 (공군/포병)	• 공군 임무대기 시간 / 항공기 수	미포함	• 대화력전 소요 탄약 충분히 가용
	• 육군 임무대기 시간 / 포대 수	미포함	
	• 이동시간	미포함	
	• 정비시간	미포함	
	• 기 타		

[표 3-6] 모델 구성요소별 상세수준 판단 (The lumped Model)(계속)

구성요소	측정요소(Detail)	포함여부	판 단 이 유
자 원			
• 탐지체계 운용인원	• 자원의 수 • 필요한 장소 • 교대 주기 • 기 타	미포함 미포함 미포함 미포함	• 능력 있는 충분한 인력운용 가능
• 지휘통제 체계요원	• 자원의 수 • 필요한 장소 • 교대 주기 • 기 타	미포함 미포함 미포함 미포함	• 능력 있는 충분한 인력운용 가능
• 항 공 기 운용요원	• 자원의 수 • 필요한 장소 • 교대 주기 • 기 타	미포함 미포함 미포함 미포함	• 능력 있는 충분한 인력운용 가능
• 포 병 운용요원	• 자원의 수 • 필요한 장소 • 교대 주기 • 기 타	미포함 미포함 미포함 미포함	• 능력 있는 충분한 인력운용 가능
• 정비요원	• 자원의 수 • 필요한 장소 • 교대 주기 • 기 타	미포함 미포함 미포함 미포함	• 능력 있는 충분한 인력운용 가능

2. 개념모델의 가정 및 단순화 식별

연구목적상 모델 시뮬레이션에 적용하기 위해 실세계의 불확실한 부분과 복잡한 부분을 식별하여 다음과 같이 정리하였다.

가. 가정의 식별 (실세계의 불확실한 부분에 적용)

1) 모델에서 운용되는 개체는 홍군은 240mm 방사포, 170mm 자주포이고, 청군은 자주포, 다련장포 및 항공기이다.
2) 지형 및 기상은 시뮬레이션 결과에 영향을 주지 않는다.
3) 공역통제, 지휘통제 등은 무기체계 운용에 영향을 주지 않는다.
4) 홍군의 전자전 능력은 청군 운용에 영향을 주지 않는다.
5) 청군 탄약 사용량은 제한을 받지 않는다.
6) 모든 청군 화력은 홍군 장사정포에 대한 타격이 가능하다.
7) 홍군 갱도진지 파괴 시 복구 후 임무수행 시까지 8시간 소요된다.
8) 홍군 및 청군 포병은 누적피해가 70%면 파괴된 것으로 평가한다.
9) 홍군 장사정포 공격 항공기 운용은 갱도진지 사격 화력의 영향을 받지 않으며, 홍군 장사정포가 이동 시에만 사격을 실시한다.
10) 종결조건 달성 시 '소요비용 최소'를 '최적'으로 하고, 소요비용이 동일한 경우는 '장비비용 최소'를 '최적'으로 한다.

나. 단순화 식별 (실세계의 복잡한 부분에 적용)

1) 홍군 장사정포는 운용 시나리오에서 판단된 소요시간을 적용한다.
2) 탐지자산은 홍군을 75% 탐지하고 전파시간은 1분이 소요된다.
3) 대화력전 수행본부 내에서 임무수행(가용자산 판단 및 선정, 명령하달 등) 소요시간은 2분이 소요되며 항상 동일하다.
4) 청군 자주포 및 다련장포의 타격시간은 탄약 비상시간을 포함한다.
5) 갱도진지 사격 화력은 Uniform 분포를 따르고, 30분 단위로 동일한 수의 포병 및 항공기 등이 운용된다.
6) 홍군 장사정포 공격 항공기는 1소티에 1문만 타격이 가능하다.

3. 데이터 요구사항 식별

연구목적과 군사자료 사용제한을 고려하여 홍군 및 청군의 데이터 요구사항들을 식별하고 다음과 같이 값을 부여하였다.

먼저 홍군은 [표 3-2]에서 제시한 장사정포 운용시간을 고려하여 [표 3-7]과 같이 입력데이터 값을 부여하였고, 청군은 개전 초기 대화력전 수행체계에 따라 소요되는 시간을 '단순화' 내용을 고려하여 [표 3-8]과 같이 가상데이터로 정의하였다. 또한 합동무기체계 및 탄약의 가격은 인터넷 자료를 이용하여 계산이 용이하도록 조정하여 [표 3-9]와 같이 제시하였다.

[표 3-7] 홍군 입력데이터 정의[40)]

구 분	구성요소	행 위	적 용
240mm 방사포	참여대수	포대단위로 묘사 (6문/포대)	12개 포대
	진지이동	갱도진지 → 사격진지로 이동하는 소요시간	5 분
	사격준비	사격진지에서 사격준비 소요시간	2 분
	사 격	사격 시작부터 종료까지 소요시간	1 분
	이동준비	사격진지 → 갱도진지로 이동 준비시간	6 분
	이 동	사격진지 → 갱도진지 이동시간	5 분
170mm 자주포	참여대수	포대단위로 묘사 (6문/포대)	6개 포대
	진지이동	갱도진지 → 사격진지로 이동하는 소요시간	5 분
	사격준비	사격진지에서 사격준비 소요시간	10 분
	사 격	사격 시작부터 종료까지 소요시간	6 분
	이동준비	사격진지 → 갱도진지로 이동 준비시간	8 분
	이 동	사격진지 → 갱도진지 이동시간	5 분
공 통	갱도진지 대기	사격 후 갱도진지 복귀 / 탄약적재 시간	20 분
		갱도진지 파괴 시 복구시간	8 시간
	피 해 율	청군사격에 의한 피해율 / 70% 피해 시 파괴	가공 데이터

40) 홍군 장사정포 운용 간 취약시간 판단 결과를 반영한 것임.

[표 3-8] 청군 입력 가상데이터 정의[41)]

구 분	구성요소	행 위	적 용
탐지체계	탐지자산	홍군 사격 시 전파 소요시간만 적용	1 분
	탐 지 율	홍군 사격 시 위치 탐지율, 탐지 후 추적불가	75 %
지휘체계	수행본부	탐지결과 보고 후 명령하달까지 시간 적용	2 분
자주포	참여대수	포대단위로 묘사 (6문/포대)	3~9개 포대
	진지이동	대기진지 → 사격진지로 이동하는 소요시간	사격시간에 포함
	사격준비	사격진지에서 사격준비 소요시간	사격시간에 포함
	사 격	사격명령 후 사격 개시 소요 시간	5 분
	이동준비	사격진지 → 대기진지로 이동 준비시간	영향 없음
	이 동	사격진지 → 대기진지 이동시간	영향 없음
	대기진지 대기	탄약 재장전 소요시간	영향 없음
다련장포	참여대수	포대단위로 묘사 (3문/포대)	1~3개 포대
	진지이동	대기진지 → 사격진지로 이동하는 소요시간	사격시간에 포함
	사격준비	사격진지에서 사격준비 소요시간	사격시간에 포함
	사 격	사격 시작부터 종료까지 소요시간	6 분
	이동준비	사격진지 → 대기진지로 이동 준비시간	사격시간에 포함
	이 동	사격진지 → 대기진지 이동시간	5 분
	대기진지 대기	탄약 재장전 소요시간	20 분
항공기	참여대수	홍군포병 공격 (30분당 가용 소티)	2, 4, 6 소티
		갱도진지 공격(방공 고려, 개전 2시간 후 가용) * 타격한 진지는 8시간 내 재공격 미실시	계획수량 대비 일정 % 적용
공 통	운용요원	능력 있는 충분한 인력운용 가능	영향 없음
	탄약수량	사용에 제한 없음	탄종별 비용
	장비정비	피해장비 정비는 시간부족으로 미실시	영향 없음
	피 해 율	홍군사격에 의해 발생 / 70% 피해 시 파괴	가공 데이터

※ 청군 합동무기체계 수량은 '최적 조합'을 도출하기 위한 변수로 활용.

※ 피해율은 '화력운용 효과분석 전투실험 결과' 등을 적용하였음.

[표 3-9] 청군 무기체계 비용입력 가상데이터 정의[42)]

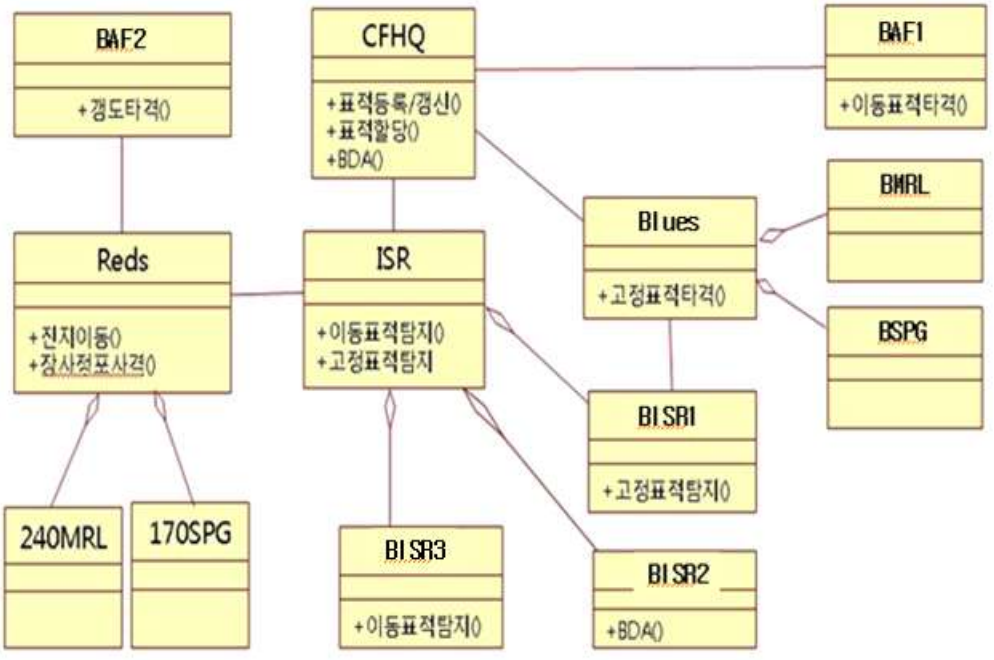
구 분	자 주 포	다 련 장 포	항 공 기
장비가격(대)	30억 원	50억 원	250억 원
탄약가격(발)	200 만원	2억 원	0.5억 원

41) 청군 개전 초기 대화력전 수행체계 절차에 따라 적용하기 위한 가상데이터임.
42) 모델 시뮬레이션을 위해 인터넷에서 확인된 자료들을 조정한 가상데이터임.

제 3 절 UML을 이용한 개념모델 표현

1. 개념모델 구조 및 행위

앞서 기술한 시나리오와 개념모델링 방법에 의해 도출된 구성요소들의 구조와 행위를 컴퓨터에서 구현하기 위해 모델링 언어(UML)를 사용하여 표현하는 것이 프로그래머들의 이해를 돕는데 중요하다. 이를 위해 본 연구에서는 모델의 구조(Framework)는 Class Diagram[43], 모델의 행위(Behavior)는 Sequence Diagram[44]을 사용하여 〈그림 3-3〉과 〈그림 3-4〉와 같이 각각 제시하였다.

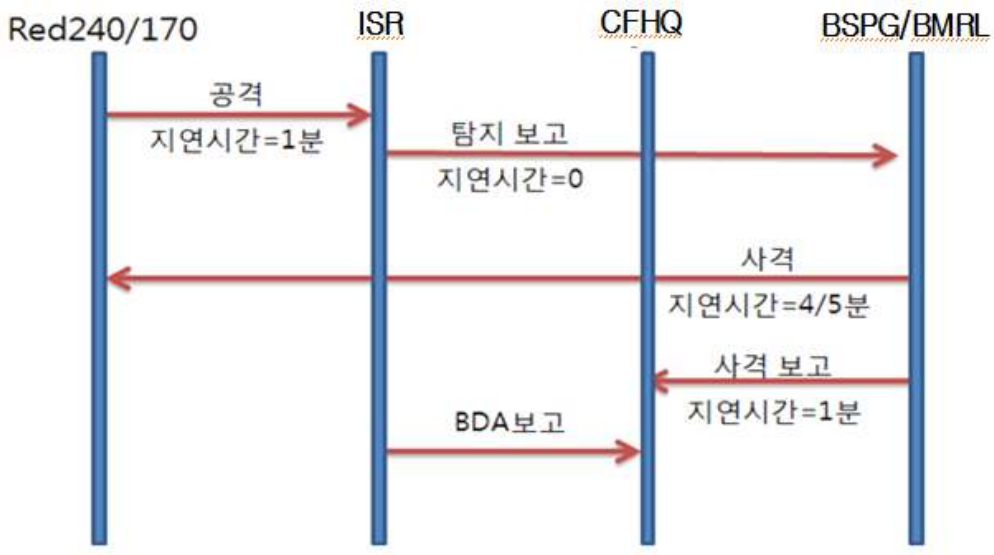


〈그림 3-3〉 Class Diagram을 이용한 모델구조[45]

43) 클래스와 클래스간의 관계를 표현하는 도면으로 시스템의 정적인 측면을 모델.

44) 객체 상호작용을 표현한 도면. 시간 흐름에 따라 객체 간 제어 흐름, 상호작용을 메시지 순서로 표현. 각 Use Case에 대해 객체 간 메시지 흐름을 표현함으로써 시스템의 동적인 측면을 모델.

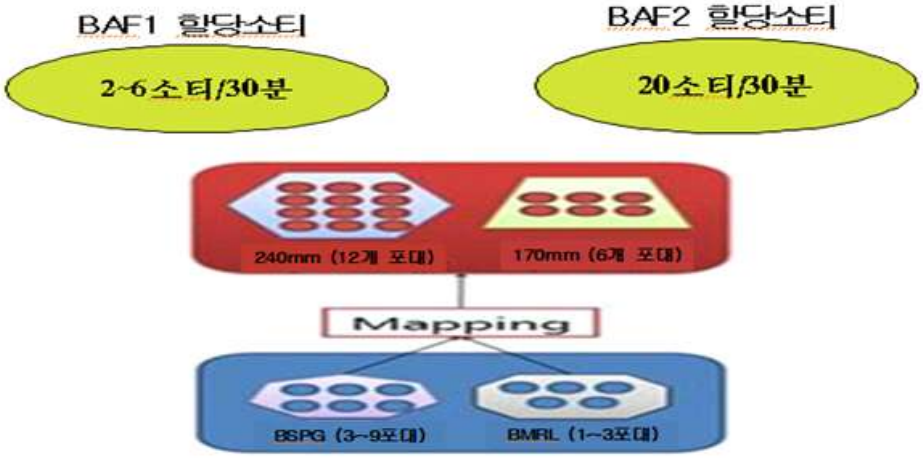
45) BAF1 : 홍군 장사정포 타격 항공기, BAF2 : 홍군 갱도진지 타격 화력, Blues : 청군 포병, CFHQ : 지휘체계, ISR(BISR 1+2+3) : 탐지체계, Reds : 홍군 등 표시.



〈그림 3-4〉 Sequence Diagram을 이용한 모델행위[46)]

2. 홍군 및 청군 무기체계간 Mapping

대화력전 모델에서 시뮬레이션을 하기 위한 청군과 홍군의 맵핑(Mapping) 형태는 아래의 〈그림 3-5〉와 같이 도식하였다.



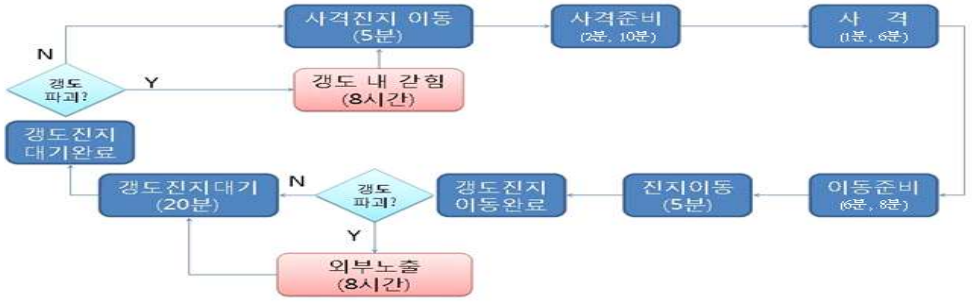
〈그림 3-5〉 홍군 및 청군 무기체계 Mapping

46) 여기서는 홍군이 사격했을 경우의 청군 사격에 대한 행위를 도식화하였다.

위 그림에서 홍군 포병은 포대 당 6문으로 구성되고, 1문당 갱도진지는 1개씩 할당된다. 그리고 청군 포병은 자주포는 6문, 방사포는 3문으로 포대를 구성하고, 홍군 포병 타격 항공기는 30분당 2~6소티, 갱도진지 타격 항공기는 30분단 20소티가 가용하다. 또한 갱도진지는 한번 공격 후에는 복구할 때까지 소요시간 즉, 8시간 동안 재 타격이 불가하다.

3. 홍군 및 청군 무기체계의 상태전이

홍군 및 청군의 상태변이를 도식화함으로써 홍군의 취약시간에 대한 이해와 청군의 사격 가능시간 등을 프로그래머가 쉽게 이해할 수 있도록 상태전이도를 아래 〈그림 3-6〉과 〈그림 3-7〉에 제시하였다. 여기서 홍군 포병이 청군 포병에 노출된 취약시간은 사격준비부터 진지이동 이전까지 시간이고, 이동 간에는 청군 항공기 공격에 취약하다.



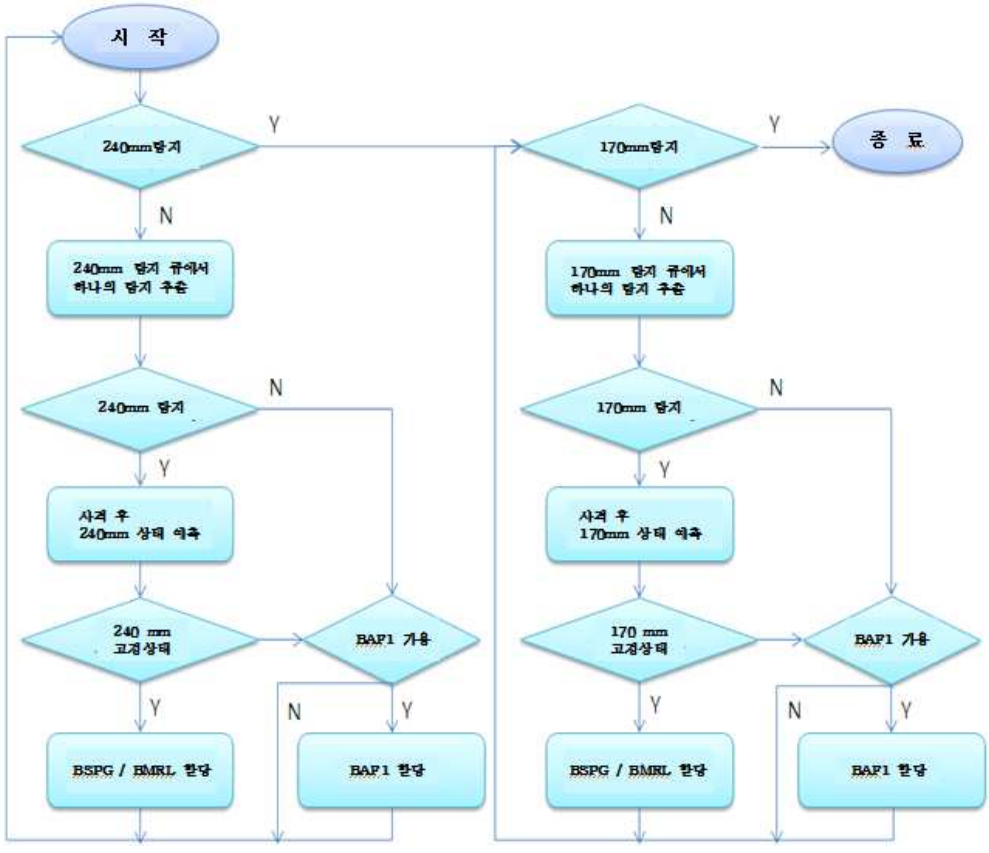
〈그림 3-6〉 홍군 장사정포의 상태전이[47]

〈그림 3-7〉 청군 포병의 상태전이[48]

47) ( ) 안의 시간은 각각 240mm 방사포, 170mm 자주포의 소요시간을 표시하였음.
48) 재장전 25분은 진지이동 및 재장전소요시간을 합산한 시간임.

4. 홍군 장사정포의 상태전이에 따른 표적할당

홍군 포병의 상태전이에 따라 청군의 표적할당 절차를 〈그림 3-8〉과 같이 설계하였다. 즉, 청군은 탐지자산을 이용하여 홍군 포병의 위치를 탐지하고, 탐지된 홍군위치를 하나씩 분석하게 된다. 이 때 탐지수단이 레이더인 경우에는 홍군 포병이 사격 후 상태가 고정 또는 이동 중인가를 예측하여 고정된 진지에 위치했을 경우에는 청군 포병에게 표적을 할당하고, 이동 중일 경우에는 홍군 포병 타격 항공기에 표적을 할당한다. 이 때 항공기가 가용하지 않을 경우에는 타격이 불가하므로 이 표적에 대한 타격자산 할당을 할 수 없기 때문에 청군 타격자산으로 사격이 가용한 홍군 표적을 찾을 때까지 이 절차를 반복 수행하게 된다.



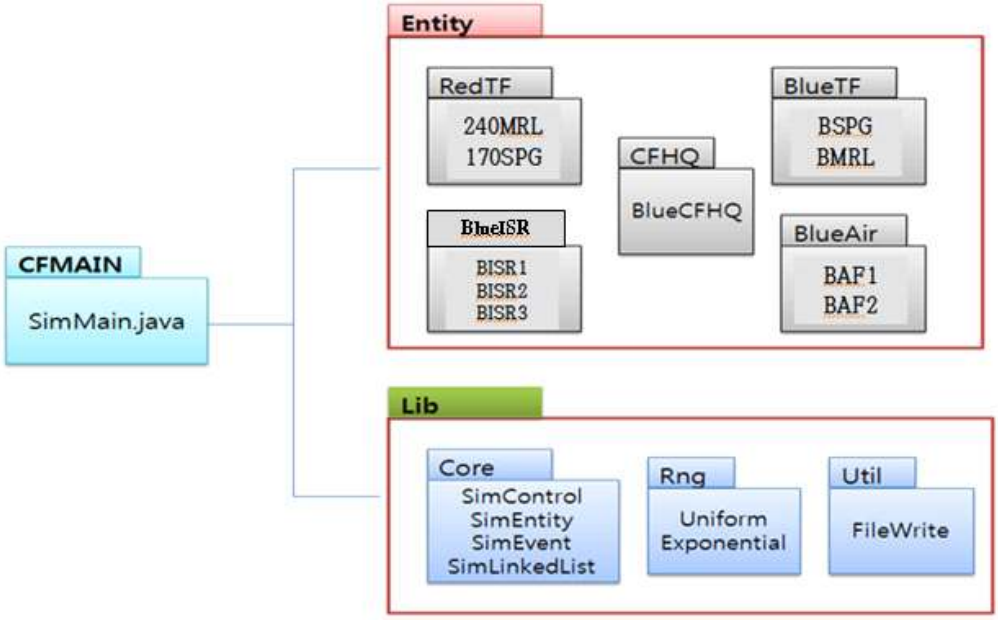
〈그림 3-8〉 홍군 상태전이에 따른 청군의 표적할당 절차

제 4 절 컴퓨터 모델의 시뮬레이션 소프트웨어 구성도 설계

컴퓨터 모델의 소프트웨어는 패키지, 클래스의 계층구조, 이벤트 처리, 시뮬레이션 실시간 소프트웨어 구조 등 4가지 요소로 구성되어 있다.

1. 패키지(Package)

이 중 '패키지'는 아래 〈그림 3-9〉와 같이 3개 부분으로 구성된다.



〈그림 3-9〉 시뮬레이션 패키지 구성도

먼저 'CFMain'은 시뮬레이션의 시작지점으로 개체(entity)의 생성 및 초기화, 시뮬레이션 구동, 최종보고서 생성 기능을 수행한다. 여기서 개체는 대화력전을 수행하는 행위자(Actor)를 말하고, 시뮬레이션 구동은 이벤트 큐에 저장된 사건을 하나씩 읽은 후 개체에게 전달하며 최종보고서 생성은 시뮬레이션 종료 후 결과를 생성하고 디스플레이하는 기능이다.

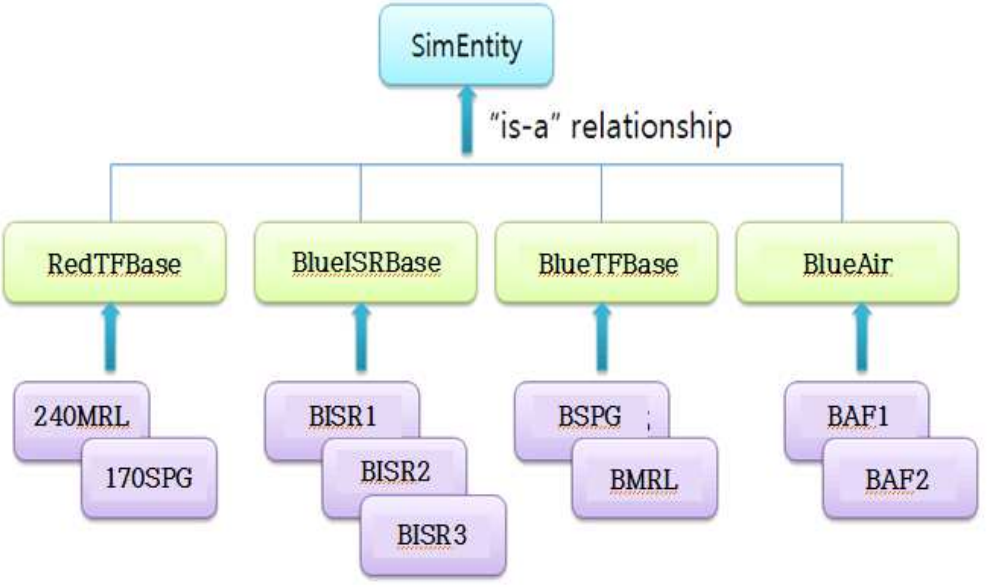
두 번째, 'Entity'는 시뮬레이션을 수행하는 행위자를 말한다. 여기에는 홍

군 포병, 청군의 탐지체계, 지휘체계, 포병 및 항공기 등 5개 패키지로 구성되어 있고 각 패키지는 내부에서 운용하는 클래스(예 : 홍군 장사정포, 청군 포병/항공기/탐지체계/지휘체계 등)들로 구성되어 있다.

세 번째, 'Lib'는 시뮬레이션을 위해 필요한 라이브러리 패키지로서 Core, Rng(Random Number Generator), Util 패키지로 구성[49]되어 있다.

2. 클래스(Class)의 계층구조

시뮬레이션 개체는 자바에서 클래스로 구현되며 상속을 통한 계층구조로 이루어져 있다. 상속관계는 최상위 슈퍼 클래스로부터 기능을 상속받고, 재정의를 통해 클래스를 사용하는 등 재사용성을 높일 수 있으며 확장성이 뛰어나다. 아래 〈그림 3-10〉은 이런 클래스들의 상속관계, 즉 계층구조도를 나타내고 있다.

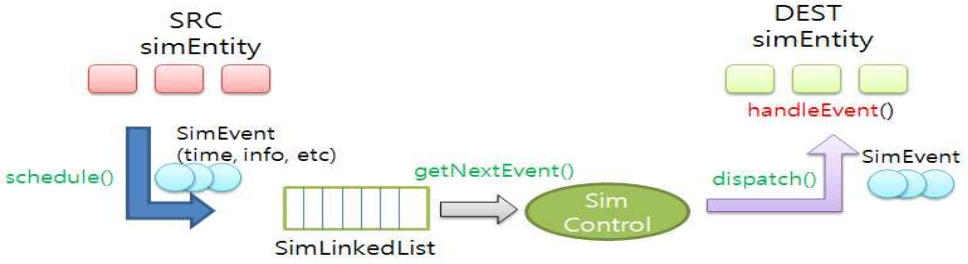


〈그림 3-10〉 클래스 계층구조도

49) Core 패키지의 SimControl은 이벤트 큐에서 이벤트를 하나씩 개체에 전달하는 기능을 제공하고, CFMain에서 이를 이용하여 시뮬레이션을 구현하고 있다. SimEntity와 SimEvent는 개체와 이벤트의 슈퍼클래스 역할을, Rng는 난수 생성을, Util은 최종 결과를 파일에 저장하는 기능을 각각 제공한다.

3. 이벤트(Event) 처리

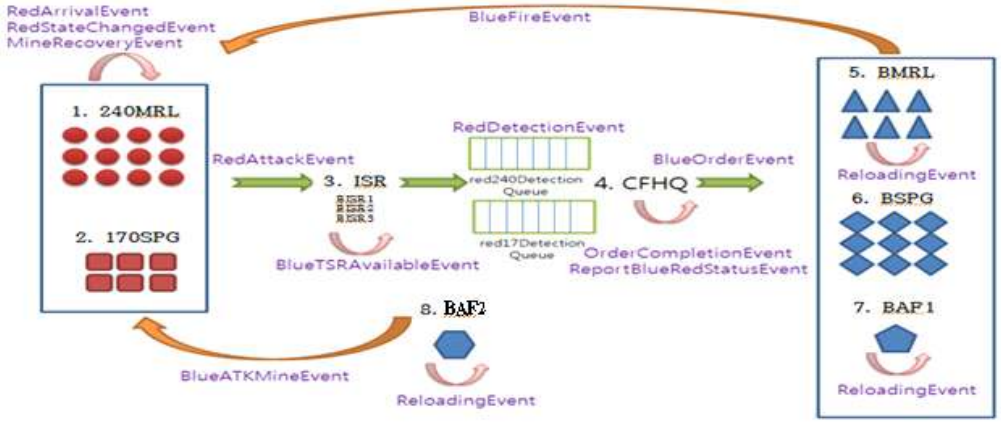
시뮬레이션은 사건기반(Event driven) 구조로 되어 있고, 사건은 시간, 이벤트 종류, 타깃 개체 등으로 구성된다. 아래 〈그림 3-11〉 은 이벤트 처리체계를 나타낸다. 즉, SRC SimEntity가 이벤트 큐(SimLinkedList)에 사건(SimEvent)을 저장하고, DEST SimEntity의 처리 함수(handleEvent)를 호출하여 이벤트를 처리하는데 이러한 과정은 모든 사건을 처리하여 종결될 때까지 반복하여 수행된다.



〈그림 3-11〉 이벤트 처리체계

4. 시뮬레이션 실시간 소프트웨어 구조

아래 〈그림 3-12〉는 시뮬레이션 실시간 개체 사이에서 발생하는 이벤트의 흐름에 따라 소프트웨어 구조를 나타낸 것이다.



〈그림 3-12〉 시뮬레이션 실시간 소프트웨어 구조도

제 5 절 모델의 타당성 확인

제 1절부터 제 4절까지는 시나리오 작성에서부터 컴퓨터 모델의 시뮬레이션 소프트웨어의 구성도 설계까지 과정을 거쳐 모델을 개발하였고, 이 설계에 따라 모델 코딩을 함으로써 컴퓨터 모델을 완성하였다.

컴퓨터 모델의 시뮬레이션은 군사자료 사용제한 등 한계점을 극복하기 위해 많은 데이터를 일반매체나 인터넷 자료를 활용하였고, 일부 데이터는 실제와 유사한 가상데이터를 정의하여 사용하였다. 따라서 개발된 모델이 요구사항을 제대로 충족시키는지 분석하기 위해 컴퓨터 모델의 시뮬레이션 결과에 대한 타당성이나 신뢰성[50]을 확인하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 컴퓨터 모델의 시뮬레이션 결과에 대한 타당성을 확인하기 위해 '결과 확인'이라는 방법을 사용하였다. 여기서 '결과 확인'이란 시뮬레이션 결과가 충분히 정확한지를 결정하기 위해 알려지거나 기대되는 결과와 비교하는 것을 말하는데,[51] 다음과 같이 3가지 방법을 고려하였다.

첫 번째 방법은 실제 데이터를 개발한 모델에 입력하고 시뮬레이션을 실시하여 얻은 결과와 실제 나타난 결과를 비교하는 것으로 가장 좋은 방법이다. 그러나 현실적으로 합동전장에서 합동무기체계를 실제 운용한 데이터가 있는지 불확실하고 실제 데이터가 있더라도 군의 특성상 사용이 제한되기 때문에 사실상 비교가 불가능하다.

두 번째 방법은 훈련 데이터, 유사 분석모델 결과 등과 비교하는 방법이 있는데 실제 합동무기체계를 구성하여 훈련한 데이터의 획득이 어렵고, 획득해도 가정이나 입력데이터 등이 상이하여 비교하는데 한계가 있다. 또한 본 연구에서 개발한 모델과 같이 합동성을 고려하여 합동무기체계의 조합을 구성하고 타격하도록 개발된 분석모델이 없어 이것도 사실상 비교가 불가능하다.

따라서 본 연구에서는 세 번째 방법으로 개발된 모델의 시뮬레이션 결과와 전문가 의견을 통해서 나타난 결과를 비교하여 타당성을 확인하는 방법을 사용하였다.

---

50) 타당성(Validity)은 개발자, 신뢰성(Credibility)는 의뢰인 입장에서 "개념모델이 정확하게 컴퓨터 모델로 개발되었는가?"를 평가하는 것이다. Stewart Robinson, *op. cit.*, pp.96-97.

51) 최상영. (2010).『국방 모델링 및 시뮬레이션 총론』. (서울 : 북코리아), p.268.

이를 위해 먼저 개발된 개념모델에서 홍군의 장사정포 수를 고정시키고 청군의 합동무기체계 특정 조합에 대하여 난수발생기에 탐지확률과 같은 변수에 대해 상이한 초기 값(Seed Value)을 수차례 부여함으로써 얻은 가상데이터를 이용하여 목표달성시간과 소요비용의 변화가 각각 어떻게 나타나는지를 관찰하였다. 이를 위해 3개의 합동무기체계 조합에 대해 각각 10회씩 시뮬레이션을 실시하였고 목표달성시간과 소요비용에 대한 평균값을 도출하였으며 그 결과는 아래의 [표 3-10] 및 [표 3-11]와 같다.

[표 3-10] 조합별 모델의 10회 시뮬레이션 결과

순 서	1번 조합 (분, 억 원)		2번 조합 (분, 억 원)		3번 조합 (분, 억 원)	
	목표달성시간	소요비용	목표달성시간	소요비용	목표달성시간	소요비용
평 균	453	1,015.20	297	1,976.83	237	2,927.08
1	450	1,011.00	330	1,990.48	240	2,924.04
2	450	1,016.76	300	1,976.96	240	2,936.28
3	450	1,011.00	300	1,975.76	270	2,932.80
4	450	1,017.00	270	1,964.48	210	2,909.76
5	450	1,010.76	240	1,961.76	240	2,937.00
6	450	1,016.28	300	1,976.96	240	2,936.52
7	450	1,016.76	330	1,990.72	210	2,915.76
8	450	1,016.76	330	1,990.72	210	2,915.76
9	480	1,017.00	270	1,963.28	270	2,933.04
10	450	1,018.72	300	1,977.20	240	2,929.80

[표 3-11] 조합별 모델의 시뮬레이션 결과 평균

조 합	자 주 포 (포대 수)	다 련 장 포 (포대 수)	항 공 기 (소티수)	목표달성시간 (70% 파괴, 분)	소 요 비 용 (억 원)
1	3	1	2	453	1,015
2	6	2	4	297	1,977
3	9	3	6	237	2,927

여기서 1번 조합은 가용한 청군의 최소 합동무기체계 조합을 입력하여 목표달성시간과 소요비용을 도출하였고, 2번 조합은 1번 조합에 자주포 3개 포대, 항공기 2 소티를 증가시켰으며, 3번 조합은 2번 조합에 동일한 수량을 증가시켜 각각의 시뮬레이션 결과를 도출하였다.

이를 분석해 보면 목표달성시간은 1번 조합이 453분으로 가장 길었으며 타격자산이 증가할수록 단축된다는 것을 알 수 있었다. 그러나 2번 조합은 1번 조합에 비해 목표달성시간이 34.4% 감소하고, 3번 조합은 2번 조합에 비해 20.2% 감소함으로써 청군의 타격자산이 무한 증가하더라도 그 효과는 같은 비율로 감소하지 않는다는 것을 알 수 있었다.

이 때 소요비용은 각각 1.95배와 1.48배가 증가함으로써 목표달성시간이 단축되는 만큼 단기간에 더 많은 자원을 사용해야 한다는 것을 알 수 있었다.

이상의 실험에서 모델은 동일한 수량의 증가에도 불구하고 목표달성시간은 상이한 비율로 감소하고, 소요비용은 그에 반비례하여 상이한 비율로 증가한다는 경향을 인지할 수 있었다.

다음으로 본 연구결과의 경향과 비교를 위해 대화력전 경험을 가진 전문가들을 대상으로 목표달성시간과 소요비용 등에 대한 설문을 실시하였다. 설문대상자들의 전문성을 분석한 결과는 아래의 [표 3-12]과 같이 대상자 총 13명중 11명(84.6%)이 3년 이상 대화력전 분야에서 근무한 경험이 있었고, 다양한 대화력전 분야에서 근무하였으며 대부분이 최소 3회 이상 훈련에 참가한 경험을 가지고 있었다.

[표 3-12] 설문대상자 분석

구 분		인원	근무기간(년)					근무분야				훈련참가(회)				
			1	2	3	4	5↑	탐지	결정	타격	평가	2↓	3~4	5~6	7~8	9↑
계		13	1	2	1	1	8	2	2	7	2		4	1	3	5
A군	그룹1	2					2		1	1						2
	그룹2	5		2	1	1	1	2	1	1	1		4			1
B군	그룹1	2					2			1	1					2
	그룹2	4	1				3			4				1	3	

전문가들의 의견을 종합한 결과는 아래 [표 3-13]와 같다. 이를 분석해 보면, 모두가 '합동무기체계의 최적 조합 도출'에 대한 연구가 필요하다고 인지하고 있었고, 11명(84.6%)이 본 연구에서 적용한 '합동무기체계의 최적 조합 도출방법'이 타당한 것으로 평가하였다. 또한 설문에 참여한 전문가들은 합동무기체계의 규모가 증가하면 목표달성시간을 단축시킬 수 있다고 응답하였고, 대부분의 전문가들이 합동무기체계의 규모 증가는 곧 소요비용을 증가시킬 것이라고 인식하였다.

[표 3-13] 설문결과 종합 결과

구 분		인원	연구 필요성					연구방법 타당성					규모 ↑ 시간 ↓					규모 ↑ 비용 ↑				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
계		13			1	7	5	1	1		8	3			4	7	2	1	1	2	8	1
A군	그룹1	2				2					2					2		1			1	
	그룹2	5				2	3				3	2			1	3	1		1		3	1
B군	그룹1	2				1	1				1	1				2					2	
	그룹2	4			1	2	1	1	1		2				3		1			2	2	

따라서 [표 3-11]에서 제시한 '합동무기체계 조합별 모델의 시뮬레이션 결과 종합'을 분석한 내용과 대부분의 전문가 의견이 동일한 경향을 나타내고 있어 개발된 모델이 타당하다는 것을 확인할 수 있었다.

제 4 장 개발된 모델의 시뮬레이션 결과 분석

제 4장에서는 청군의 가용한 무기체계 범위에서 합동무기체계의 252개 조합을 판단하여 모델에 입력하고 시뮬레이션을 실시하였다. 그 결과로 136개 조합이 종결조건을 충족시키는 것을 확인하였고, 이 136개 조합을 분석하여 목표인 '합동무기체계의 최적 조합'을 도출하였다. 또한 무기체계별 민감도 분석을 실시하여 목표달성시간에 미치는 영향을 제시하였다.

제 1 절 모델의 시뮬레이션 결과

모델의 시뮬레이션 목표는 청군 합동무기체계(자주포, 다련장포, 항공기)로 주어진 홍군 장사정포(240mm 방사포, 170mm 자주포)의 70%를 파괴하는 종결조건을 달성하는데 소요되는 시간과 사용한 장비 및 탄약의 최소비용을 산출하여 최종적으로 '합동무기체계의 최적 조합'을 도출하는 것이다.

시뮬레이션을 실시할 합동무기체계의 조합은 청군 합동무기체계의 수량을 변화시켜 아래 [표 4-1]과 같이 총 252개 조합을 판단하였다.

[표 4-1] 합동무기체계 조합 수 판단

구 분	계	자주포	다련장포	항공기	갱도진지 사격화력
수량변화		3 ~ 9	1, 2, 3	2, 4, 6	4
탄종변화		1	1	1	1
조합 수	252	7	3	3	4

여기서 자주포 및 다련장포는 각각 1개 포대씩 증가하고, 홍군 포병 공격 항공기는 2, 4, 6 소티 등 2소티 씩 증가, 갱도진지 사격 화력은 계획 대비 25%, 50%, 75%, 100%를 운용하는 것으로 구분하였고, 각각의 조합별 시뮬레이션 결과는 다음의 [표 4-2] 및 [표 4-3]과 같다.

[표 4-2] 시뮬레이션 결과 : 조합별 목표달성시간

단위 : 분

구 분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
자주포(포대) *25%	3	450	390	420	480	420	450	480	450	450
	4	390	390	360	390	390	390	480	450	390
	5	360	330	330	390	330	330	390	360	330
	6	330	330	300	330	330	330	360	330	330
	7	300	300	270	300	300	270	360	300	270
	8	270	270	270	300	270	270	330	270	270
	9	270	240	240	270	240	240	270	240	240
자주포(포대) *50%	3	510	420	360	480	450	450	510	450	450
	4	450	390	360	450	420	390	510	390	390
	5	450	390	360	450	390	360	450	420	390
	6	360	360	300	360	360	330	420	390	330
	7	360	330	300	360	330	300	390	360	300
	8	360	270	300	360	300	300	390	330	300
	9	300	270	270	360	300	270	360	300	270
자주포(포대) *75%	3	510	420	390	480	450	390	510	450	480
	4	480	420	390	480	450	390	510	510	420
	5	450	390	360	450	450	390	450	510	390
	6	360	360	330	390	360	360	480	390	360
	7	360	300	300	390	360	330	480	360	330
	8	330	300	300	360	360	300	360	360	330
	9	330	300	300	360	360	300	360	360	330
자주포(포대) *100%	3	780	720	360	780	720	690	810	720	690
	4	720	720	360	720	720	390	720	720	390
	5	690	390	360	690	450	390	690	690	420
	6	420	390	330	450	390	360	690	540	360
	7	450	360	300	450	390	330	510	390	330
	8	450	330	330	390	390	330	450	390	330
	9	300	300	240	360	330	240	360	330	240

* 00% : 갱도진지 사격 화력의 계획대비 운용 비율

[표 4-3] 시뮬레이션 결과 : 조합별 소요비용

단위 : 억원

구 분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
자주포 (포대) *25%	3	1,011	1,266	1,525	1,214	1,463	1,728	1,424	1,665	1,901
	4	1,189	1,448	1,697	1,386	1,645	1,897	1,606	1,847	2,070
	5	1,364	1,619	1,875	1,568	1,810	2,066	1,765	1,997	2,239
	6	1,544	1,800	2,046	1,734	1,990	2,246	1,926	2,176	2,419
	7	1,717	1,972	2,219	1,902	2,157	2,398	2,106	2,336	2,566
	8	1,890	2,145	2,400	2,082	2,324	2,579	2,286	2,504	2,747
	9	2,070	2,323	2,577	2,249	2,502	2,757	2,428	2,682	2,924
자주포 (포대) *50%	3	1,027	1,270	1,517	1,222	1,480	1,739	1,439	1,682	1,929
	4	1,200	1,450	1,699	1,403	1,649	1,905	1,620	1,844	2,095
	5	1,381	1,631	1,878	1,583	1,828	2,069	1,786	2,021	2,275
	6	1,546	1,801	2,048	1,736	1,994	2,248	1,941	2,199	2,438
	7	1,726	1,982	2,227	1,916	2,172	2,412	2,120	2,365	2,597
	8	1,905	2,145	2,409	2,096	2,339	2,594	2,306	2,543	2,779
	9	2,077	2,325	2,580	2,276	2,519	2,759	2,467	2,704	2,938
자주포 (포대) *75%	3	1,026	1,270	1,521	1,222	1,480	1,721	1,437	1,677	1,917
	4	1,200	1,445	1,702	1,404	1,648	1,896	1,619	1,865	2,095
	5	1,380	1,629	1,881	1,583	1,835	2,081	1,786	2,039	2,271
	6	1,546	1,803	2,058	1,749	1,993	2,251	1,967	2,193	2,442
	7	1,725	1,972	2,229	1,924	2,174	2,429	2,141	2,364	2,614
	8	1,904	2,153	2,409	2,096	2,355	2,594	2,287	2,545	2,773
	9	2,077	2,333	2,577	2,276	2,532	2,756	2,467	2,717	2,930
자주포 (포대) *100%	3	1,017	1,268	1,517	1,231	1,464	1,721	1,441	1,676	1,913
	4	1,196	1,448	1,697	1,410	1,644	1,893	1,613	1,857	2,084
	5	1,373	1,624	1,880	1,583	1,822	2,072	1,793	2,030	2,272
	6	1,548	1,805	2,058	1,750	2,002	2,250	1,974	2,200	2,442
	7	1,734	1,981	2,229	1,930	2,174	2,429	2,133	2,365	2,614
	8	1,915	2,160	2,409	2,096	2,347	2,594	2,287	2,544	2,773
	9	2,077	2,332	2,577	2,275	2,525	2,756	2,460	2,710	2,930

※ 소요비용 = $\sum_{i=\text{자주포, 다련장포, 전투기 수}} [(\text{장비수}_i \times \text{장비 단가}_i) + (\text{사격발수}_i \times \text{탄약단가}_i)]$

제 2 절 모델의 시뮬레이션 결과 분석

1. 합동무기체계의 최적 조합 도출

시뮬레이션 결과를 분석해 보면 계획한 252개 조합의 합동무기체계 조합 중에서 본 연구에서 개발한 모델의 시뮬레이션 종결조건인 **'개전 후 6시간 이내 홍군 장사정포 70% 파괴'**라는 것을 충족시키는 조합은 모두 136개 조합으로 전체의 54.0%를 차지하고 있다.

본 연구에서는 이 조합 가운데 합동무기체계의 최적 조합을 도출하는 방법을 2가지로 제시하였다.

첫 번째 방법은 시뮬레이션 결과로 도출한 목표달성시간과 소요비용 도표를 이용하여 아래의 [표 4-4]와 같은 조건 우선순위에 따라 1번부터 3번까지 차례로 충족시키는 조합들을 찾아가는 것이다.

[표 4-4] 합동무기체계 최적 조합의 조건 우선순위

1. 시뮬레이션 종결조건 및 최소 소요비용 충족 * 최소 소요비용 차이가 250억 원 이내면 동일한 것으로 판단[52]
2. 최소 소요비용이 동일한 경우, 목표달성시간이 짧은 경우 선택
3. 목표달성시간이 동일한 경우, 장비가격이 작은 경우 선택

이제부터 이 조건들을 적용하여 합동무기체계의 최적 조합을 도출해 보기로 하겠다.

먼저 제 1번 조건을 충족시키는 136개 조합을 [표 4-2]와 [표 4-3]에서 선별하여 [표 4-5]에서 보는 바와 같이 음영으로 표시하였고, [표 4-6]에서는 이 136개 조합들이 목표를 달성하는데 소요되는 비용을 음영으로 표시하였다.

52) 본 연구에서는 항공기 1대 구매하는 것은 자주포나 다련장 1개 포대를 확보하는 것보다 많은 비용이 들기 때문에 소요비용에서 약 250억 원 정도의 편차는 큰 영향을 주지 않는다고 가정하였다.

[표 4-5] 목표달성시간 조건을 충족시키는 136개 조합

단위 : 분

구 분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
자주포(포대) *25%	3	450	390	420	480	420	450	480	450	450
	4	390	390	360	390	390	390	480	450	390
	5	360	330	330	390	330	330	390	360	330
	6	330	330	300	330	330	330	360	330	330
	7	300	300	270	300	300	270	360	300	270
	8	270	270	270	300	270	270	330	270	270
	9	270	240	240	270	240	240	270	240	240
자주포(포대) *50%	3	510	420	360	480	450	450	510	450	450
	4	450	390	360	450	420	390	510	390	390
	5	450	390	360	450	390	360	450	420	390
	6	360	360	300	360	360	330	420	390	330
	7	360	330	300	360	330	300	390	360	300
	8	360	270	300	360	300	300	390	330	300
	9	300	270	270	360	300	270	360	300	270
자주포(포대) *75%	3	510	420	390	480	450	390	510	450	480
	4	480	420	390	480	450	390	510	510	420
	5	450	390	360	450	450	390	450	510	390
	6	360	360	330	390	360	360	480	390	360
	7	360	300	300	390	360	330	480	360	330
	8	330	300	300	360	360	300	360	360	330
	9	330	300	300	360	360	300	360	360	330
자주포(포대) *100%	3	780	720	360	780	720	690	810	720	690
	4	720	720	360	720	720	390	720	720	390
	5	690	390	360	690	450	390	690	690	420
	6	420	390	330	450	390	360	690	540	360
	7	450	360	300	450	390	330	510	390	330
	8	450	330	330	390	390	330	450	390	330
	9	300	300	240	360	330	240	360	330	240

[표 4-6] 목표달성시간 조건 충족 조합별 소요비용

단위 : 억 원

구 분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
자주포(포대) *25%	3	1,011	1,266	1,525	1,214	1,463	1,728	1,424	1,665	1,901
	4	1,189	1,448	1,697	1,386	1,645	1,897	1,606	1,847	2,070
	5	1,364	1,619	1,875	1,568	1,810	2,066	1,765	1,997	2,239
	6	1,544	1,800	2,046	1,734	1,990	2,246	1,926	2,176	2,419
	7	1,717	1,972	2,219	1,902	2,157	2,398	2,106	2,336	2,566
	8	1,890	2,145	2,400	2,082	2,324	2,579	2,286	2,504	2,747
	9	2,070	2,323	2,577	2,249	2,502	2,757	2,428	2,682	2,924
자주포(포대) *50%	3	1,027	1,270	1,517	1,222	1,480	1,739	1,439	1,682	1,929
	4	1,200	1,450	1,699	1,403	1,649	1,905	1,620	1,844	2,095
	5	1,381	1,631	1,878	1,583	1,828	2,069	1,786	2,021	2,275
	6	1,546	1,801	2,048	1,736	1,994	2,248	1,941	2,199	2,438
	7	1,726	1,982	2,227	1,916	2,172	2,412	2,120	2,365	2,597
	8	1,905	2,145	2,409	2,096	2,339	2,594	2,306	2,543	2,779
	9	2,077	2,325	2,580	2,276	2,519	2,759	2,467	2,704	2,938
자주포(포대) *75%	3	1,026	1,270	1,521	1,222	1,480	1,721	1,437	1,677	1,917
	4	1,200	1,445	1,702	1,404	1,648	1,896	1,619	1,865	2,095
	5	1,380	1,629	1,881	1,583	1,835	2,081	1,786	2,039	2,271
	6	1,546	1,803	2,058	1,749	1,993	2,251	1,967	2,193	2,442
	7	1,725	1,972	2,229	1,924	2,174	2,429	2,141	2,364	2,614
	8	1,904	2,153	2,409	2,096	2,355	2,594	2,287	2,545	2,773
	9	2,077	2,333	2,577	2,276	2,532	2,756	2,467	2,717	2,930
자주포(포대) *100%	3	1,017	1,268	1,517	1,231	1,464	1,721	1,441	1,676	1,913
	4	1,196	1,448	1,697	1,410	1,644	1,893	1,613	1,857	2,084
	5	1,373	1,624	1,880	1,583	1,822	2,072	1,793	2,030	2,272
	6	1,548	1,805	2,058	1,750	2,002	2,250	1,974	2,200	2,442
	7	1,734	1,981	2,229	1,930	2,174	2,429	2,133	2,365	2,614
	8	1,915	2,160	2,409	2,096	2,347	2,594	2,287	2,544	2,773
	9	2,077	2,332	2,577	2,275	2,525	2,756	2,460	2,710	2,930

그리고 이 136개 조합 중에서 최소 소요비용인 1,364억 원과 허용편차 250억 원을 고려하면 1,364~1,614억 원 범위 내 있는 조합으로 대상이 압축되고 그 조합들은 아래 [표 4-7]에서 음영으로 표시한 것과 같다.

[표 4-7] 편차범위 내 최소 소요비용 조합

단위 : 억 원

자주포 (포대)		다련장포 (포대)								
		1			2			3		
		항공기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
*25%	5	①1,364	②1,619	1,875	1,568	1,810	2,066	1,765	1,997	2,239
	6	③1,544	1,800	2,046	1,734	1,990	2,246	1,926	2,176	2,419
*50%	3	1,027	1,270	④1,517	1,222	1,480	1,739	1,439	1,682	1,929
	6	⑤1,546	1,801	2,048	1,736	1,994	2,248	1,941	2,199	2,438
*75%	6	⑥1,546	1,803	2,058	1,749	1,993	2,251	1,967	2,193	2,442
*100%	3	1,017	1,268	⑦1,517	1,231	1,464	1,721	1,441	1,676	1,913

두 번째, 위에서 도출한 7개 조합 중에서 제 2번 조건을 충족시키는 조합을 찾기 위해 [표 4-5]에서 최단 목표달성시간을 확인하였고, 최단 목표달성시간은 330분(5.5시간)으로 조합 ②와 조합 ③이 선택되었다.

마지막으로 이 2개 조합에서 제 3번 조건, 즉 장비가격을 비교해 보면 조합 ③이 '최적 조합'이 된다. 이 조합은 홍군 갱도진지 사격 화력은 25%만 운용하고, 자주포 6개 포대, 다련장포 1개 포대, 홍군 포병 공격 항공기 30분당 2소티(1대)를 운용하는 것으로 주어진 전장운용 조건 하에서 '합동무기체계의 최적 조합'이 된다. 이를 정리하면 아래의 [표 4-8]와 같다.

[표 4-8] '합동무기체계의 최적 조합' 도출 결과

목표달성시간	소요비용	자주포	다련장포	항공기	갱도진지 사격화력
330분(5.5시간)	1,544억원	6개 포대	1개 포대	2 소티 (1대)	25% 운용

이렇게 도출한 합동무기체계의 최적 조합은 홍군 장사정포 18개 포대(240mm 방사포 72문, 107mm 36문 등 108문)에 대응하기 위해 필요한 청군 합동무기체계의 수량으로 현재 수도권을 위협하는 홍군 장사정포 300여 문에 대해 동일한 조건하에서 대화력전 임무를 수행하기 위해서는 산술적으로 최소한 약 3배 이상의 합동무기체계를 보유하고 있어야 한다. 이 경우 청군이 개전 초기 수도권을 위협하는 홍군 장사정포 전체를 대상으로 대화력전을 수행하기 위한 합동무기체계 조합은 아래 [표 4-9]와 같다.

[표 4-9] 수도권 위협 홍군 장사정포 대비 청군의 합동무기체계 조합

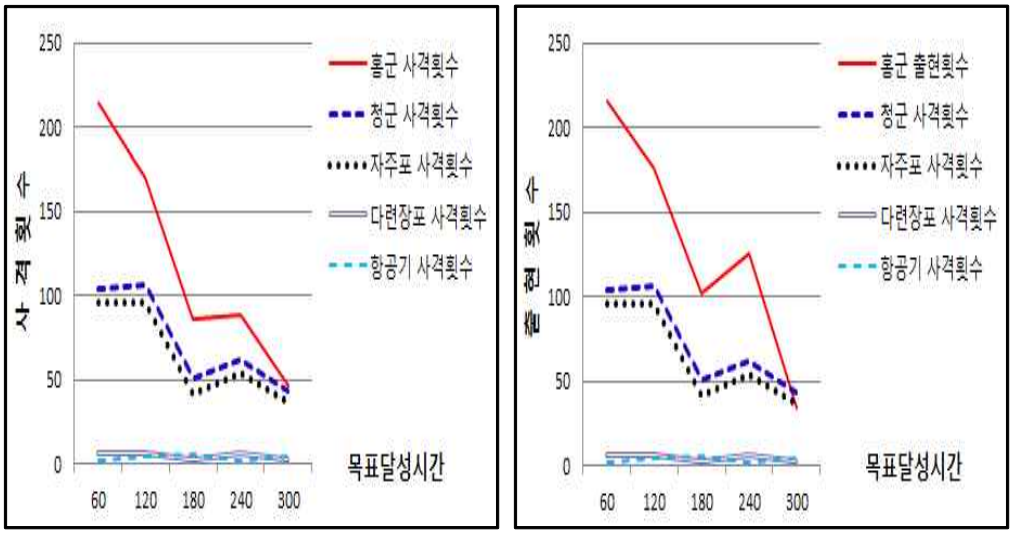
목표달성시간	소 요 비 용	자 주 포	다 련 장 포	항 공 기 (30분당)	갱 도 진 지 사 격 화 력
330분(5.5시간)	4,632억원	18개 포대	3개 포대	6소티(3대)	25% 운용

시뮬레이션 실시 간 홍군 장사정포는 시뮬레이션 시작부터 종결 시까지 총 700회를 출현하여 626회를 사격하였고, 청군은 자주포는 330회, 다련장포는 24회, 항공기는 16 소티 등 370회 사격을 실시한 것으로 나타났다. 이를 도표로 나타내면 아래의 [표 4-10] 과 같다.

[표 4-10] 시간별 홍군 출현/사격횟수와 청군 사격횟수

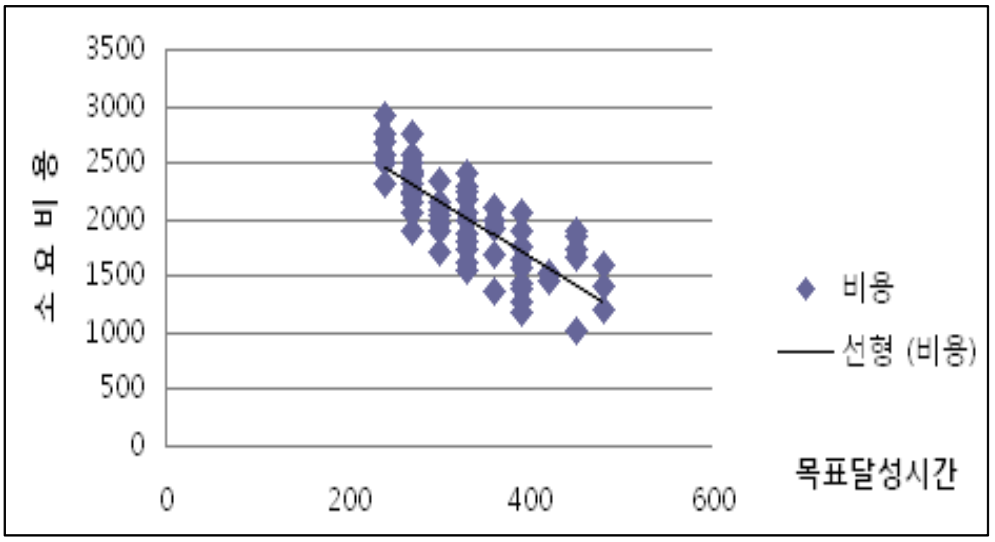
시 간 (분)	홍군 (포대기준)		청군 사격횟수 (포대기준)			
	출현횟수	사격횟수	계	자주포	다련장포	항공기
계	700	626	370	330	24	16
60	288	214	104	96	6	2
120	171	170	106	96	6	4
180	117	88	55	48	3	4
240	76	102	64	54	6	4
300	48	52	41	36	3	2

아래의 〈그림 4-1〉 은 [표 4-10]의 내용을 시간별 홍군의 출현 및 사격횟수, 그에 따른 청군의 사격횟수를 목표달성시간과 연계하여 그래프로 나타낸 것이다. 이 그래프에서 홍군의 출현횟수와 사격횟수가 시간이 지나갈수록 청군의 사격에 의해 점차 줄어들고 있다는 것을 알 수 있고, 그 중 청군의 자주포 사격이 큰 위력을 발휘하고 있으며 상대적으로 다련장포 및 항공기 사격횟수는 미미하다는 것을 보여주고 있다.



〈그림 4-1〉 시간별 홍군 출현/홍·청군 사격횟수와 목표달성시간

또 하나의 방법은 아래 〈그림 4-2〉 과 같이 [표 4-2]와 [표 4-3]의 시뮬레이션 결과 값을 목표달성시간과 소요비용의 관계 그래프로 도식한 후 이를 분석하여 합동무기체계의 최적 조합을 찾아내는 것이다. 이 그림을 보면 반드시 그렇지는 않지만 소요비용, 즉 사격장비와 탄약 등 타격자산의 투입이 많으면 목표달성시간이 단축되고 투입이 적으면 목표달성시간이 증가한다는 것을 알 수 있다.



〈그림 4-2〉 목표달성시간과 소요비용의 관계

이 그래프에서 종결조건으로 주어진 목표달성시간을 고정시키고 소요비용을 분석해 보면 최소비용과 최대비용 조합 간 1,000억 원 이상의 차이가 난다는 것을 알 수 있어 동일한 조건이라면 국방예산의 효율적 사용을 위한 최적 조합을 도출할 수 있다는 것을 알 수 있다.

따라서 시뮬레이션 결과를 그래프로 도식한 후 전략적인 목표달성시간만 주어진다면 앞서 기술한 '최적 조합을 도출하기 위한 3가지 조건'을 적용하여 '합동무기체계 최적 조합을 식별'할 수 있다.

2. 합동무기체계별 민감도 분석

지금까지 개발한 모델의 시뮬레이션 결과를 분석하여 합동무기체계의 최적 조합을 도출하였다. 그러나 [표 4-2]와 [표 4-3]을 보면 청군의 자주포, 다련장포, 홍군 장사정포 공격 항공기, 갱도진지 사격 화력 등의 수량 증가가 증가한 만큼 목표달성시간을 단축시키지 않는다는 것을 알 수 있다. 이 부분에 착안하여 민감도 분석을 통해 각각의 무기체계가 모델의 목표달성시간에 어떤 영향을 미치고 있는지 확인하였으며 그 결과는 다음과 같다.

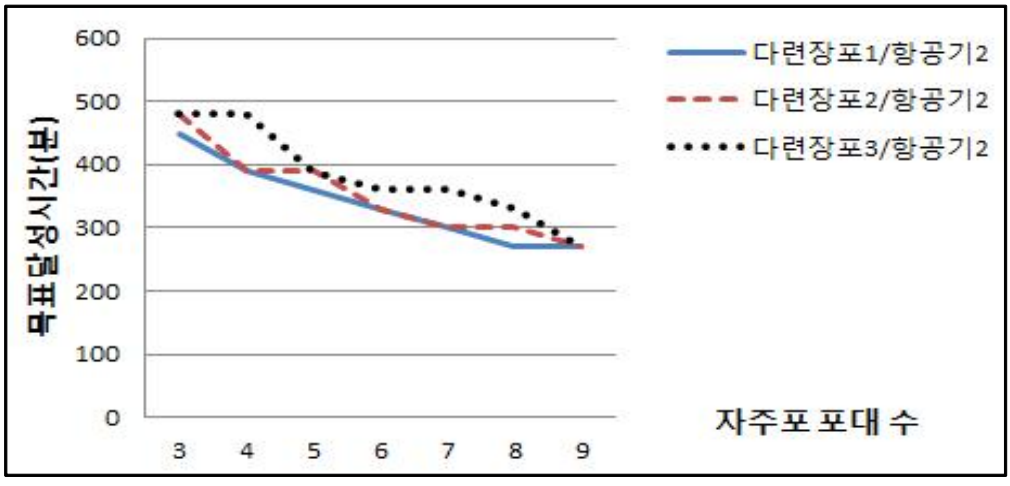
첫째, 청군 자주포 포대 수의 증가가 목표달성시간에 큰 영향을 미치는 것

으로 나타났다. 아래의 [표 4-11]과 〈그림 4-3〉 은 자주포 포대 수와 목표달성시간의 관계를 나타낸 것이다.

[표 4-11] 청군 자주포 포대 수와 목표달성시간의 관계

단위 : 분

구 분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
자주포 (포대) *25%	3	450	390	420	480	420	450	480	450	450
	4	390	390	360	390	390	390	480	450	390
	5	360	330	330	390	330	330	390	360	330
	6	330	330	300	330	330	330	360	330	330
	7	300	300	270	300	300	270	360	300	270
	8	270	270	270	300	270	270	330	270	270
	9	270	240	240	270	240	240	270	240	240



〈그림 4-3〉 청군 자주포 포대 수와 목표달성시간의 관계

[표 4-11]의 음양부분에 나타난 바와 같이 다른 무기체계의 수량은 유지하면서 자주포 포대 수를 증가시켰을 때 목표달성시간이 점점 줄어든다는 것을 알 수 있고, 〈그림 4-3〉 은 이를 그래프로 도식화한 것이다. 즉, 이 결과는

청군 자주포가 홍군 장사정포가 사격을 하면 그 위치를 탐지하고, 홍군 장사정포가 이동하기 전까지 정지되어 있는 취약시간 내에 사격을 실시하여 홍군 장사정포를 효과적으로 파괴시키고 있다는 것을 의미한다.

그러나 포대 수의 증가는 아래의 [표 4-12]에서와 같이 목표를 달성하는데 소요되는 비용이 증가하는 것으로 나타났다.

[표 4-12] 청군 자주포 포대 수와 소요비용의 관계

단위 : 억 원

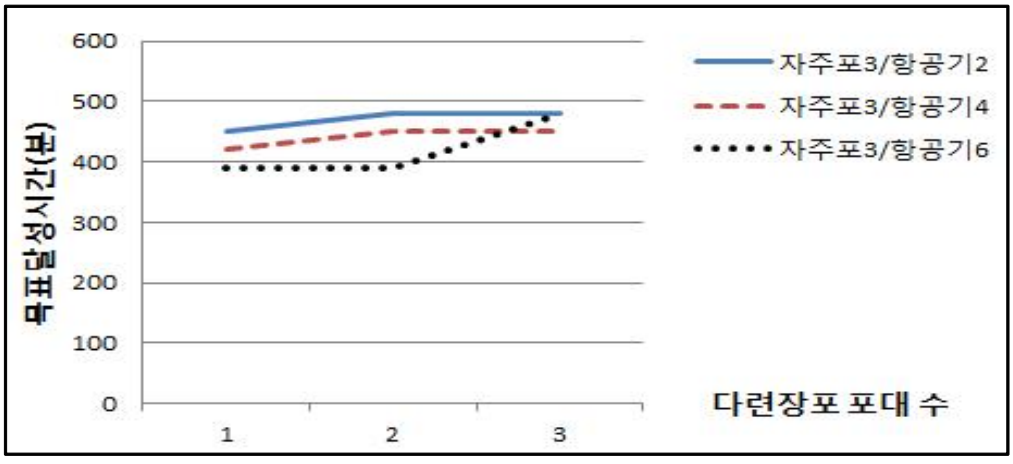
구 분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
자주포 (포대) *25%	3	1,011	1,266	1,525	1,214	1,463	1,728	1,424	1,665	1,901
	4	1,189	1,448	1,697	1,386	1,645	1,897	1,606	1,847	2,070
	5	1,364	1,619	1,875	1,568	1,810	2,066	1,765	1,997	2,239
	6	1,544	1,800	2,046	1,734	1,990	2,246	1,926	2,176	2,419
	7	1,717	1,972	2,219	1,902	2,157	2,398	2,106	2,336	2,566
	8	1,890	2,145	2,400	2,082	2,324	2,579	2,286	2,504	2,747
	9	2,070	2,323	2,577	2,249	2,502	2,757	2,428	2,682	2,924

둘째, 청군 다련장포 포대 수의 증가는 [표 4-13]에 나타난 것처럼 목표달성시간에 미치는 영향이 미미한 것으로 나타났다. 즉, 다련장포 포대 수가 증가하더라도 홍군의 장사정포 대부분이 청군 자주포에 의해 이미 파괴되어 타격대상이 제한되거나 자주포가 집중사격을 실시하는 반면, 다련장포는 산포사격을 실시하기 때문에 홍군 장사정포를 타격했을 때 주는 피해율에도 차이가 있어 자주포보다는 그 영향이 미미하다는 것을 의미한다. 특히 진지이동 및 재장전하는 시간이 25분 소요되어 사격 공백시간이 발생함으로써 그 효과가 감소되는 결과로 나타났다. 아래의 [표 4-13]과 〈그림 4-4〉는 이를 나타내고 있으며 포대 수가 증가할 경우에 소요비용은 당연히 증가하게 된다.

[표 4-13] 청군 다련장포 포대 수와 목표달성시간의 관계

단위 : 분

구 분		다련장포(포대)								
		1			2			3		
		항공기(소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
*25%	3	450	390	420	480	420	450	480	450	450
*50%	3	510	420	360	480	450	450	510	450	450
*75%	3	510	420	390	480	450	390	510	450	480



〈그림 4-4〉 청군 다련장포 포대 수와 목표달성시간의 관계

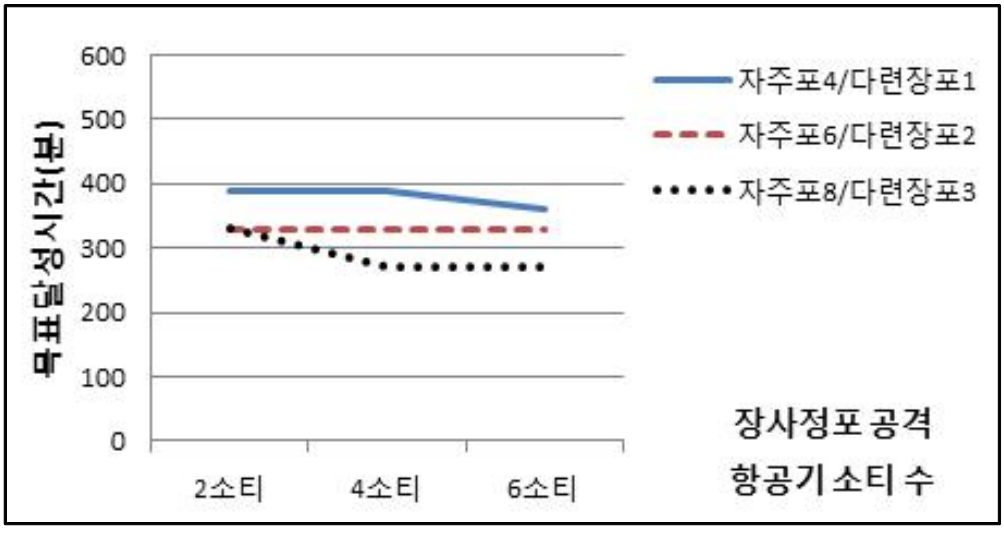
셋째, 홍군 장사정포 공격 항공기 소티 수의 증가는 [표 4-14]에 나타난 것처럼 목표달성시간에 미치는 영향이 미미한 것으로 나타났다. 즉, 홍군 장사정포가 갱도진지에서 사격진지로 이동하여 정지되어 있는 취약시간은 청군 자주포나 다련장포가 사격하기에 충분한 시간이기 때문에 청군의 신속한 대응으로 장사정포의 피해가 급증하였고, 이로 인해 항공기가 타격해야할 이동하는 홍군 장사정포가 급격히 감소했다는 것을 의미한다.

또한 〈그림 4-5〉는 [표 4-14]의 홍군 장사정포 공격 항공기 소티 수와 목표달성시간의 관계를 그래프로 나타낸 것이다. 여기서 항공기 소티 수의 증가는 목표달성시간에 크게 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다.

[표 4-14] 장사정포 공격 항공기 소티 수와 목표달성시간의 관계

단위 : 분

구 분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
자주포 (포대) *25%	3	450	390	420	480	420	450	480	450	450
	4	390	390	360	390	390	390	480	450	390
	5	360	330	330	390	330	330	390	360	330
	6	330	330	300	330	330	330	360	330	330
	7	300	300	270	300	300	270	360	300	270
	8	270	270	270	300	270	270	330	270	270
	9	270	240	240	270	240	240	270	240	240



〈그림 4-5〉 장사정포 공격 항공기 소티 수와 목표달성시간의 관계

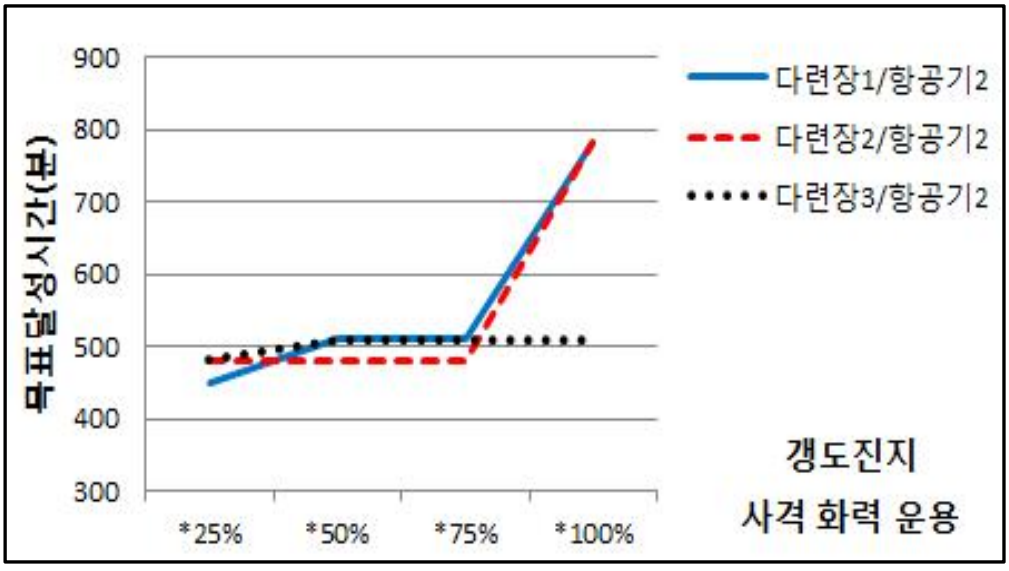
넷째, 갱도진지 사격 화력은 개전 초기 대화력전에서 갱도진지를 파괴하도록 계획했었던 육군 및 공군의 화력 대비 각각 25%, 50%, 75%, 100%를 운용하는 것으로 적용하여 민감도를 분석하였다. 분석 결과는 [표 4-15]와 〈그림 4-6〉에서 나타난 것과 같이 계획대비 25%에서 100%로 갱도진지 타격 화력 운용이 증가할수록 대부분의 조합에서 목표달성시간에 영향을 주

지 않거나 오히려 증가하는 현상으로 나타났다. 특히 75% 이상 운용했을 경우에는 목표달성시간이 급격히 증가하는 현상이 발생하고 있는데 이는 갱도진지 공격으로 홍군 장사정포가 갱도진지 내에서 복구에 필요한 8시간 동안 장비피해가 발생하지 않고 기능을 유지하기 때문에 오히려 목표달성시간을 증가시킨다는 것을 의미한다.

[표 4-15] 갱도진지 사격 화력 운용과 목표달성시간의 관계

단위 : 분

구 분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
*25%	3	450	390	420	480	420	450	480	450	450
*50%	3	510	420	360	480	450	450	510	450	450
*75%	3	510	420	390	480	450	390	510	450	480
*100%	3	780	720	360	780	720	690	810	720	690



〈그림 4-6〉 갱도진지 사격 화력 운용과 목표달성시간의 관계

이상의 민감도 분석에서 본 바와 같이 청군의 탐지자산, 홍군 장사정포 및 청군 합동무기체계의 피해율 등이 고정된 값으로 주어진다면 홍군 장사정포가 사격진지에 정지되어 있는 취약시간에 청군 대응속도가 빨라 많은 홍군피해를 발생시키고 단기간에 목표를 달성하였다고 결론을 내릴 수 있다. 특히 청군 자주포는 주 타격수단으로 큰 효과를 나타낸 반면, 다련장포와 홍군 장사정포 공격 항공기는 목표달성시간을 단축하는데 크게 기여하지 못한 것으로 분석되었다. 또한 갱도진지 사격 화력은 계획대비 75% 이하를 운용해야 효과가 있다는 것을 알 수 있었다. 아래 [표 4-16]은 이를 종합한 것이다.

[표 4-16] 합동무기체계별 민감도 분석 결과

구 분	자주포	다련장포	항공기	갱도진지 사격화력
운용효과	증 가	미 미	미 미	75% 이내

이상과 같이 청군의 합동무기체계는 홍군 장사정포의 취약시간에 집중 운용해도 무기체계별 효과가 다르게 나타난다는 것을 알 수 있었다. 아래의 [표 4-17]는 도출된 '합동무기체계의 최적 조합'의 운용결과를 종합한 것이다.

[표 4-17] 합동무기체계의 최적 조합 운용결과

구 분		홍군 포병 대상 (240mm : 12개 포대, 170mm : 6개 포대)
탐 지 능 력		75%, 탐지 후 추적 불가
갱도진지 사격 화력		계획대비 25% 운용
작전목표 달성시간		330분 (5.5시간)
소 요 비 용		1,544 억 원
합동무기체계 소요		자주포 : 다련장포 : 항공기 (6 : 1 : 2)
탄약 소요 (사격횟수/ 사격발수)	계	360 / 2,300
	자 주 포	300 / 1,980
	다 련 장 포	24 / 288
	장사정포 공격 항공기	16 / 32
장사정포 1문 파괴 시 탄약소요		평균 21.3 발

제 5 장 ‘합동무기체계의 최적 조합’ 조정 방안

제 3장과 제 4장에서 개발한 모델은 대화력전 수행체계로부터 기본 시나리오를 작성하였고, 이 모델의 시뮬레이션 결과에 영향을 주는 요소들, 예를 들면 탐지자산의 추적가능 여부, 피해율 등을 모두 고정된 값으로 입력하여 합동무기체계 최적 조합을 도출하였다.

그러나 통상 파괴력을 가진 무기체계들은 고가일 뿐 아니라 획득에도 상당히 많은 시간이 소요되기 때문에 비교적 단기간이 소요될 것으로 예상되는 고정 값을 부여했던 다른 영향요소의 능력을 향상시켜 앞서 도출한 것과 상이한 ‘합동무기체계의 최적 조합’을 도출함으로써 추가적인 무기체계 획득 소요를 최소화하고 기존 조합보다 더 짧은 기간에 목표를 달성할 수 있는 방안을 강구하는 것도 큰 의미가 있다.

본 연구에서는 이런 개념을 적용하여 동일한 조건하에서 기존 모델에 탐지 후 추적이 가능한 경우와 탄약의 파괴력 향상으로 홍군 포병 피해율을 증가시켰을 경우에 앞서 제 4장에서 도출한 ‘합동무기체계의 최적 조합’과 비교하여 어떤 변화가 발생하는지 확인해 보았다.

제 1 절 탐지능력 변화에 의한 합동무기체계 최적 조합의 변화

본 연구에서 앞서 적용한 모델의 탐지능력은 홍군 장사정포 사격 시 75%를 탐지하는 것으로 적용하였고, 한번 탐지한 표적에 대해서는 추적을 할 수 없는 것으로 묘사하였다. 즉, 홍군 장사정포가 사격을 실시하면 사격 위치를 75%만 확인할 수 있고 이후 이동 상황에 대해서는 확인이 불가능한 경우를 가정하여 묘사하였다.

그러나 탐지레이더 뿐만 아니라 무인항공기나 정찰감시체계 등을 이용하여 홍군 장사정포에 대해 75%를 탐지할 수 있고, 한번 탐지된 장사정포에 대해서는 갱도진지를 이탈하여 사격진지로 이동하고 사격 후 다시 복귀할 때까지의 모든 동선에 대한 탐지가 지속적으로 이루어진다고 가정하여 시뮬레이션을 실시하였고, 그 결과는 [표 5-1] 및 [표 5-2]와 같다.

[표 5-1] 홍군 장사정포 탐지 후 추적 가능한 경우 목표달성시간

단위 : 분

구 분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
자주포(포대) *25%	3	360	360	330	330	330	330	330	300	300
	4	300	300	300	300	300	300	270	270	240
	5	270	270	240	240	240	240	240	240	240
	6	240	240	210	240	240	210	210	210	210
	7	240	240	210	210	210	210	210	210	180
	8	210	210	210	180	210	180	180	180	180
	9	180	210	180	180	180	180	180	180	180
자주포(포대) *50%	3	360	360	330	360	330	270	330	300	240
	4	330	330	270	300	300	240	270	270	240
	5	300	270	240	270	240	240	240	240	240
	6	270	270	240	240	240	210	240	210	210
	7	210	210	210	210	210	210	210	210	210
	8	210	210	210	240	210	210	210	180	180
	9	180	180	180	180	180	180	180	180	180
자주포(포대) *75%	3	360	330	300	390	330	300	300	300	270
	4	360	330	270	300	270	300	270	270	270
	5	300	270	240	270	240	270	240	240	240
	6	270	240	240	240	240	240	210	210	210
	7	210	210	210	210	210	210	210	210	210
	8	210	210	210	240	210	180	210	180	180
	9	180	180	180	180	180	180	180	180	180
자주포(포대) *100%	3	450	330	300	360	330	300	330	300	300
	4	330	330	270	300	300	300	270	270	270
	5	300	300	270	270	270	270	240	240	240
	6	270	270	240	240	240	240	210	210	210
	7	210	210	240	210	210	240	210	210	210
	8	210	210	210	240	210	180	210	180	180
	9	180	180	180	180	180	180	180	180	180

[표 5-2] 홍군 장사정포 탐지 후 추적 가능한 경우 소요비용

단위 : 억 원

구 분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
자주포(포대) *25%	3	1,020	1,278	1,525	1,216	1,473	1,729	1,420	1,655	1,911
	4	1,186	1,442	1,698	1,384	1,640	1,895	1,563	1,819	2,071
	5	1,361	1,617	1,869	1,552	1,807	2,061	1,743	1,992	2,246
	6	1,542	1,797	2,040	1,733	1,988	2,226	1,904	2,158	2,412
	7	1,723	1,978	2,222	1,900	2,154	2,407	2,085	2,338	2,570
	8	1,896	2,150	2,403	2,066	2,334	2,572	2,246	2,499	2,751
	9	2,068	2,330	2,573	2,248	2,500	2,753	2,427	2,680	2,932
자주포(포대) *50%	3	1,021	1,274	1,528	1,224	1,475	1,701	1,420	1,658	1,889
	4	1,195	1,453	1,691	1,385	1,642	1,879	1,563	1,819	1,889
	5	1,369	1,617	1,870	1,553	1,807	2,061	1,737	1,986	2,240
	6	1,543	1,798	2,050	1,727	1,981	2,226	1,906	2,158	2,411
	7	1,714	1,968	2,222	1,900	2,154	2,407	2,085	2,332	2,580
	8	1,895	2,149	2,403	2,087	2,328	2,575	2,253	2,499	2,751
	9	2,068	2,321	2,574	2,248	2,500	2,753	2,427	2,680	2,932
자주포(포대) *75%	3	1,021	1,272	1,519	1,231	1,475	1,717	1,401	1,657	1,893
	4	1,203	1,453	1,691	1,385	1,627	1,898	1,563	1,819	2,068
	5	1,370	1,617	1,869	1,553	1,806	2,064	1,725	1,986	2,240
	6	1,542	1,790	2,050	1,727	1,981	2,236	1,904	2,158	2,412
	7	1,714	1,968	2,222	1,900	2,154	2,407	2,084	2,326	2,574
	8	1,895	2,149	2,403	2,081	2,328	2,572	2,253	2,499	2,751
	9	2,068	2,321	2,574	2,248	2,500	2,753	2,427	2,680	2,932
자주포(포대) *100%	3	1,016	1,271	1,519	1,217	1,474	1,717	1,408	1,658	1,908
	4	1,195	1,453	1,690	1,385	1,642	1,899	1,563	1,819	2,060
	5	1,369	1,626	1,872	1,553	1,808	2,058	1,725	1,985	2,234
	6	1,542	1,798	2,044	1,727	1,981	2,230	1,904	2,158	2,411
	7	1,714	1,968	2,225	1,890	2,154	2,408	2,084	2,326	2,573
	8	1,895	2,149	2,402	2,080	2,328	2,572	2,253	2,499	2,751
	9	2,068	2,321	2,574	2,248	2,500	2,753	2,427	2,680	2,932

이 경우는 [표 5-1]에 적색 음영으로 표시한 1개의 '합동무기체계 조합'을 제외한 251개 조합(99.6%)이 6시간 이내에 목표를 달성할 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 앞서 제시한 합동무기체계의 최적 조합 결정 조건을 적용하면, 소요비용 면에서 최소비용은 1,016~1,266억 원으로 이 범위에 있는 조합은 아래의 [표 5-3]에 음영으로 표시된 11개 조합이고 이중 목표달성시간이 300분(5시간)이 소요되는 음영으로 표시한 조합이 '합동무기체계 최적 조합'이 된다.

[표 5-3] 추적 가능한 경우의 합동무기체계 최적 조합

단위 : 분

구 분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
*25%	3	360	360	330	330	330	330	330	300	300
	4	300	300	300	300	300	300	270	270	240
*50%	3	360	360	330	360	330	270	330	300	240
	4	330	330	270	300	300	240	270	270	240
*75%	3	360	330	300	390	330	300	300	300	270
	4	360	330	270	300	270	300	270	270	270
*100%	3	450	330	300	360	330	300	330	300	300
	4	330	330	270	300	300	300	270	270	270

이를 제 4장에서 도출한 최적 조합과 비교하면 아래의 [표 5-4]와 같으며 자주포 2개 포대를 줄이면서 목표달성시간도 30분을 단축시킬 수 있고 비용도 358억 원을 절약할 수 있다는 결과를 도출하였다.

[표 5-4] 합동무기체계 최적 조합의 변화

단위 : 분

구 분	목표달성 시 간	소요비용 (억 원)	자 주 포 (포 대)	다련장포 (포 대)	항 공 기 (30분당)	갱도진지 사격화력
기 존	330분	1,544	6	1	2소티(1대)	25% 운용
조 정	300분	1,186	4	1	2소티(1대)	25% 운용
증 감	▽30분	▽358	▽2	-	-	-

제 2 절 탄약능력 변화에 의한 합동무기체계 최적 조합의 변화

이번에는 탄약 파괴력의 향상으로 홍군 장사정포 피해율이 5% 증가되었다고 가정하여 시뮬레이션을 실시하였고, 그 결과는 [표 5-5]와 [표 5-6]와 같이 나타났다.

[표 5-5] 홍군 장사정포 피해율 5% 증가에 따른 목표달성시간

단위 : 분

구 분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
자주포(포대) *25%	3	330	300	270	330	300	270	330	300	300
	4	300	240	270	300	240	270	300	300	270
	5	300	300	240	300	240	240	300	240	240
	6	270	210	240	270	210	240	270	240	240
	7	210	210	210	210	210	210	210	240	210
	8	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	9	180	180	180	180	180	180	180	180	180
자주포(포대) *50%	3	360	330	300	360	330	300	360	330	300
	4	300	300	300	300	300	300	330	300	300
	5	300	300	240	300	300	240	300	300	270
	6	270	240	240	270	240	240	270	240	240
	7	210	210	210	210	210	210	240	210	210
	8	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	9	180	180	180	180	180	180	180	180	180
자주포(포대) *75%	3	390	330	300	360	330	300	360	330	300
	4	330	300	300	330	300	300	330	300	300
	5	300	300	240	300	300	240	300	300	270
	6	270	240	240	270	240	240	270	240	270
	7	210	210	210	210	210	210	240	210	210
	8	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	9	180	180	180	180	180	180	180	180	180
자주포(포대) *100%	3	360	330	300	360	330	300	360	360	300
	4	360	300	300	360	300	300	360	300	300
	5	300	300	270	300	300	270	330	300	300
	6	300	270	240	300	270	240	300	270	270
	7	210	210	210	210	210	210	240	240	210
	8	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	9	180	180	180	180	180	180	180	180	180

[표 5-6] 홍군 장사정포 피해율 5% 증가에 따른 소요비용

단위 : 억 원

구분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
자주포(포대) *25%	3	998	1,246	1,495	1,189	1,425	1,674	1,362	1,610	1,854
	4	1,172	1,419	1,676	1,357	1,598	1,855	1,536	1,792	2,023
	5	1,353	1,600	1,853	1,538	1,779	2,032	1,717	1,958	2,200
	6	1,527	1,771	2,034	1,706	1,945	2,213	1,885	2,138	2,381
	7	1,698	1,952	2,205	1,872	2,125	2,379	2,045	2,319	2,546
	8	1,877	2,130	2,383	2,051	2,303	2,556	2,224	2,477	2,723
	9	2,057	2,310	2,563	2,231	2,483	2,736	2,404	2,657	2,903
자주포(포대) *50%	3	1,000	1,257	1,504	1,191	1,448	1,689	1,376	1,633	1,874
	4	1,172	1,429	1,685	1,357	1,614	1,870	1,556	1,799	2,055
	5	1,353	1,610	1,854	1,538	1,795	2,033	1,723	1,980	2,215
	6	1,526	1,780	2,034	1,705	1,959	2,213	1,884	2,138	2,392
	7	1,698	1,952	2,206	1,872	2,126	2,379	2,064	2,299	2,552
	8	1,877	2,130	2,383	2,051	2,304	2,556	2,224	2,477	2,729
	9	2,057	2,310	2,563	2,231	2,484	2,736	2,404	2,657	2,909
자주포(포대) *75%	3	1,001	1,257	1,505	1,191	1,447	1,689	1,376	1,632	1,875
	4	1,180	1,429	1,686	1,371	1,614	1,871	1,556	1,799	2,056
	5	1,353	1,610	1,853	1,538	1,794	2,032	1,723	1,979	2,214
	6	1,526	1,780	2,031	1,705	1,959	2,210	1,884	2,138	2,392
	7	1,698	1,952	2,206	1,872	2,126	2,379	2,064	2,299	2,552
	8	1,877	2,130	2,383	2,051	2,304	2,556	2,224	2,477	2,729
	9	2,057	2,310	2,563	2,231	2,484	2,736	2,404	2,657	2,909
자주포(포대) *100%	3	1,000	1,256	1,505	1,191	1,441	1,689	1,376	1,634	1,875
	4	1,181	1,479	1,686	1,366	1,614	1,871	1,557	1,799	2,056
	5	1,353	1,609	1,854	1,538	1,794	2,033	1,730	1,973	2,221
	6	1,533	1,780	2,032	1,718	1,959	2,211	1,897	2,138	2,392
	7	1,698	1,952	2,206	1,872	2,125	2,379	2,064	2,319	2,552
	8	1,877	2,130	2,383	2,051	2,304	2,556	2,224	2,477	2,729
	9	2,057	2,310	2,563	2,231	2,484	2,736	2,404	2,657	2,909

위에 제시된 [표 5-5]와 [표 5-6]을 동일한 방법으로 분석하여 '합동무기체계의 최적 조합'을 도출한 결과는 아래의 [표 5-7]과 같다.

[표 5-7] 피해율 증가에 따른 합동무기체계 최적 조합

단위 : 분

구분		다 련 장 포 (포대)								
		1			2			3		
		항 공 기 (소티)								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
*25%	3	330	300	270	330	300	270	330	300	300
	4	300	240	270	300	240	270	300	300	270
*50%	3	360	330	300	360	330	300	360	330	300
	4	300	300	300	300	300	300	330	300	300
*75%	3	390	330	300	360	330	300	360	330	300
	4	330	300	300	330	300	300	330	300	300
*100%	3	360	330	300	360	330	300	360	360	300
	4	360	300	300	360	300	300	360	300	300

이 경우에도 개전 후 6시간 이내 목표를 달성할 수 있는 것은 251 조합으로 나타났으며, [표 5-6]의 소요비용을 고려했을 때 가능한 최적 조합은 [표 5-7]과 같이 12개 조합으로 선별되었다. 그 중 목표달성시간이 300분(5시간)으로 가장 짧은 3개 조합 중에서 마지막 조건인 장비가격이 가장 적은 음영으로 표시한 조합이 '합동무기체계 최적 조합'으로 분석되었다.

이를 제 4장에서 도출한 최적 조합과 비교한 결과는 아래의 [표 5-8]과 같으며 자주포 2개 포대를 줄이면서 목표달성시간도 30분을 단축하고 비용도 372억 원을 절약할 수 있다는 결과를 도출하였다.

[표 5-8] 합동무기체계 최적 조합의 변화

단위 : 분

구 분	목표달성 시 간	소요비용 (억 원)	자 주 포 (포 대)	다련장포 (포 대)	항 공 기 (30분당)	갱도진지 사격화력
기 존	330분	1,544	6	1	2소티(1대)	25% 운용
조 정	300분	1,172	4	1	2소티(1대)	25% 운용
증 감	▽30분	▽372	▽2	-	-	-

결론적으로 위의 [표 5-4]와 [표 5-8]에서와 같이 고정된 값을 부여했던 주요 영향요소의 능력에 변화를 준다면 합동무기체계의 최적 조합, 목표달성 시간, 그리고 소요비용에 변화가 발생한다는 것을 알 수 있었다.

따라서 향후 개전 초기 대화력전에 대비하여 '합동무기체계의 최적 조합'을 도출하고자 할 때에는 현존 무기체계가 소요 대비 충분히 가용한지, 가용하지 않다면 추가소요는 얼마인지, 그리고 추가소요를 단기간에 획득할 수 있는지 등을 고려해야 한다.

그러나 현대의 정밀복합 무기체계는 소요판단 이후 야전에 배치될 때까지 획득절차가 매우 복잡할 뿐 아니라 통상 장기간이 소요되기 때문에 본 연구에서 제시한 것과 같이 '합동무기체계 최적 조합'에 영향을 주는 요소들을 발굴하여 단기간에 이들의 능력을 향상시킴으로서 '최적 조합을 조정'할 수 있는 대안을 강구하는 것도 고려해야 할 것이다.

제 6 장 결론 및 향후 연구방향

제 1 절 연구내용 요약 및 의의

1. 연구내용 요약

최근 세계적인 경기불황, 이라크 전쟁 이후의 미래전 양상, 한반도 내 북한군의 위협 증가 등 안보환경 변화는 전략적 대응체계를 갖추기 위한 노력과 국방예산의 감소추세를 감안할 때 기존의 재래식 무기체계 획득은 점점 더 어려워질 것으로 예상되고 있다.

따라서 미래 한반도에서 전쟁발발 시 수도권에 가장 큰 위협이 되는 북한군 장사정포를 개전 초기에 파괴할 수 있는 적정수준의 합동무기체계를 확보하는 것이 가장 큰 관심사가 아닐 수 없다. 육군 및 공군에서는 이를 개전 초기의 가장 큰 위협으로 판단하고 대응할 수 있는 무기체계를 결정하고 필요한 수량을 판단하여 획득해 오고 있다.

그러나 육군과 공군은 개전 초기 수도권을 위협하는 북한군 장사정포 전체를 대상으로 각각 대응할 무기체계 소요를 판단하고 획득하고 있어 국방예산의 중복투자 등 국방예산의 비효율적인 운용이 우려되고 있다. 따라서 이를 개선하기 위해 합동성을 고려하여 통합전투력 발휘가 가능한 '합동무기체계의 최적 조합'을 도출하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

이를 위해 본 연구에서는 합동성에 대한 정의, 개전 초기 대화력전 수행체계, 합동성을 고려하여 무기체계 소요를 판단하는 능력기반 전력기획 개념, 개전 초기 대화력전에 대한 개념모델 개발 방법, 개발된 모델의 시뮬레이션에 적용되는 워게임 교전이론, 그리고 각각의 무기체계가 대화력전에 미치는 영향을 확인하기 위해 민감도 분석 등 이론적 배경들을 살펴보았다.

이상에서 제시한 이론들에 기초하여 개전 초기 대화력전을 수행하는 절차에 따라 시나리오를 작성하고 이를 개념모델 개념 틀을 이용하여 구성요소를 식별하고 그들에 대한 상세수준을 판단하여 모델에 포함시킬 요소들과 가정

으로 대체할 부분, 그리고 단순화할 부분들을 식별하였다. 특히 모델에 적용한 데이터들은 실제 데이터 획득이 제한된다는 것을 고려하여 일반매체, 인터넷 등에서 확인 가능한 데이터, 그리고 연구목적상 정의한 가상데이터를 활용하였다.

이렇게 개발된 모델에서 총 252개의 합동무기체계 조합을 구상하여 시뮬레이션을 실시하였고, 그 결과를 분석하여 종결조건을 충족시키는 '합동무기체계의 최적 조합'을 도출하였다. 또한 시뮬레이션 결과를 가지고 무기체계별 민감도 분석을 실시하여 각 무기체계가 목표달성시간에 미치는 영향을 제시하였고, 최적 조합에 대한 운용결과를 제시하였다.

그리고 마지막으로 우리 군의 무기체계 획득절차 상 무기체계 소요판단 이후 야전배치까지 장기간이 소요된다는 것을 고려하여 탐지능력이나 탄약능력과 같은 대화력전 수행 시 주요 영향요소들을 판단하고 이들의 변화가 앞서 도출된 합동무기체계 최적 조합에 어떤 영향을 미치는가를 분석하여 '합동무기체계의 최적 조합을 조정하는 방안'을 제시하였다.

2. 연구의 의의

본 연구는 합동무기체계의 조합을 도출하는데 초점을 두고 모델을 개발하였는데 그 의의는 크게 다음과 같이 4가지로 요약할 수 있다.

첫째, 지금까지 연구와 달리 최초로 자체 개발한 모델을 이용하여 동일한 전장에서 운용되는 합동무기체계의 조합을 도출함으로써 향후 합동전장에 적용할 분석모델 개발 방향을 제시했다는 것이다. 지금까지는 통상 합동무기체계 소요를 육·해·공군의 운용개념에 따라 해외에서 개발된 전구급 또는 각 군의 무기체계별 분석용 모델을 사용하여 각각 상이한 환경에서 운용한 결과를 종합하여 도출하다보니 합동성이라는 부분이 간과될 수밖에 없었다. 따라서 본 연구는 향후 합동성을 고려한 유사형태의 분석 및 운용 모델을 개발하는데 기본개념, 틀, 방법 및 절차 등을 제시하였다는데 큰 의미가 있다.

둘째, 본 연구는 대화력전에 국한하여 실시하였지만 '향후 모든 합동전장에서 합동무기체계의 소요를 어떻게 도출할 것인가?'에 대한 방법론을 제시하였

다. 해상작전, 상륙작전이나 산악지역작전 등과 같은 기본적으로 합동개념이 적용되어야할 전장에서 본 연구와 같은 방법을 적용하여 합동무기체계의 소요를 도출하여 운용한다면 최소 무기체계로 목표를 달성함으로써 다른 작전에 보다 융통성 있게 무기체계를 운용할 수 있게 할 것이다.

셋째, 지금까지 대화력전에 대한 연구는 대부분 탐지자산, 지휘통제체계, 육·공군의 무기체계별 효과분석을 주로 다루었다면, 본 연구는 합동무기체계의 최적 조합을 비용분석과 연계하여 제시했다는 것이다. 본 연구의 결과를 통해 개전 초기 수도권을 위협하는 북한군 장사정포를 파괴시키는데 충분한 맞춤식 합동무기체계 소요를 결정함으로써 대화력전 기간 중 유휴 무기체계의 발생을 방지할 뿐 아니라 미사일 등 대량살상무기체계들에 대응할 수 있는 무기체계를 확보하는데 필요한 재원을 마련할 수 있는 여건을 조성함으로써 국방예산의 보다 더 효율적인 운용에 기여할 수 있을 것이다.

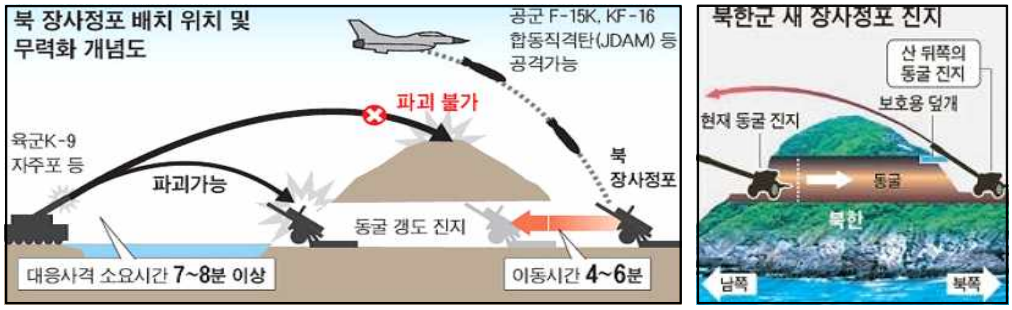
넷째, 대화력전에 참여하는 합동무기체계에 대한 민감도 분석을 통해 무기체계별 운용효과를 제시하였다는 것이 또 하나의 중요한 결과이다. 통상 전장에서 운용되는 무기체계들은 제원, 특성, 위력사격이나 최근 전쟁에서 운용결과 등을 통해 능력을 강조하지만 실전에서는 적의 운용개념이나 시간에 따라 그 위력이 제대로 발휘되지 않거나 미미하게 나타날 수 있다. 본 연구에서는 이런 관점에서 합동무기체계별 운용효과를 분석하여 제시하였다. 또한 실제 합동전장에서 탐지자산이나 탄약의 능력을 향상시키는 것이 어떤 면에서는 고가의 공격용 무기체계를 획득하는 것보다 훨씬 더 큰 효과를 거둘 수도 있다는 것을 시뮬레이션 결과로 제시할 수 있었다.

제 2 절 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구에서 나타난 결과와 해석은 연구간 나타난 몇 가지 한계점으로 인해 수용에 신중해야 할 것이며 향후 다음과 같은 문제점들을 보완한다면 보다 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것이다.

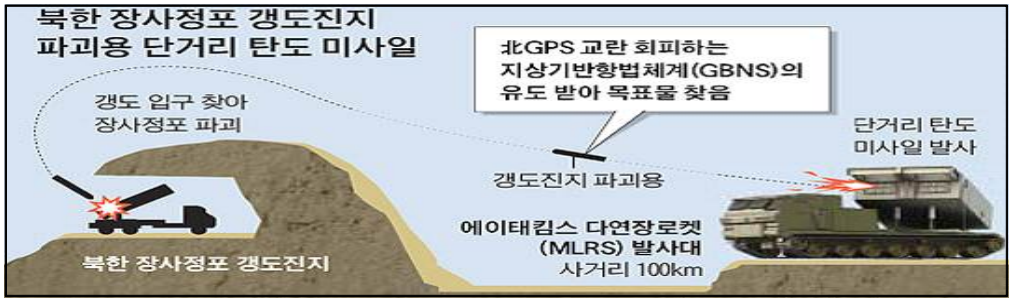
첫째, 본 연구를 수행하는데 출발점이 되는 시나리오를 작성함에 있어 '실제 현상을 정확하게 반영하였는가?'하는 것이다. 특히 이 문제는 군사자료 사

용의 제한으로 현재 각종 매체와 인터넷에서 발췌한 내용을 활용하여 실제와 다소 차이가 있을 수 있다. 따라서 향후 본 연구결과를 활용하려면 반드시 이 부분을 검증하는 것이 필요하다. 특히 최근 북한군의 장사정포 운용개념이 〈그림 6-1〉 과 같이 갱도진지 전사면의 사격진지가 후사면의 새 포병진지로 조정된다면 우리 포병의 사격효과는 감소될 것이다.



〈그림 6-1〉 북한군 장사정포 무력화 개념도[53] 및 새 포병진지[54]

또한 우리 군도 2010년 연평도 포격 사건 이후 〈그림 6-2〉 와 같이 북한군 장사정포가 숨어있는 갱도진지를 파괴하기 위해 신형 단거리 미사일을 개발[55] 중에 있다. 따라서 이런 대화력전에서의 무기체계 변화는 합동무기체계의 운용개념을 크게 변화시킬 것이다.



〈그림 6-2〉 갱도진지 파괴용 단거리 탄도 미사일[56]

53) 조선일보. 2011년 4월 11일자.
54) 중앙일보. 2010. 8월 .2.일자
http://blog.daum.net/kimsangfi/1110?srchid=IIMzQN9B100#A1733101D4C56005C2D817A&srchid=IIMzQN9B100 (검색일 : 2013.3.10.)
55) 조선일보. 2013년 3월 9일자.

둘째, 본 연구는 순수한 학문차원에서 사용이 제한되는 실제 군사데이터 대신에 가정을 설정하고, 일반매체나 인터넷을 통해 얻을 수 있었던 데이터를 제외하고는 가상데이터를 사용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 따라서 그 결과는 모델개발자의 주관에 의해 달라질 수 있으며, 그 결과 또한 상이하게 나타날 수 있다.

그러므로 본 연구결과를 정책적으로 활용하기 위해서는 시뮬레이션 결과에 직접 영향을 주는 요소들 즉, 목표달성시간, 지형 및 기상의 영향, 탄약의 파괴능력, 탐지능력, 적용할 청·홍군의 피해율 등에 대한 신뢰할 수 있는 검증된 데이터 획득 및 반영이 필요하고, 이들은 반드시 전문가들의 의견을 수렴하여 합의가 이루어져야 한다. 특히 첨단 군사과학기술의 발전으로 무기체계 및 시스템 운용 관련 데이터는 수시로 변하고, 북한군의 실제 데이터는 획득이 불가능하기 때문에 현실과 다소 차이가 있을 수 있다.

셋째, 개전 초기 대화력전 이외의 다른 합동전장에서 적용할 수 있는 모델을 개발해야 한다. 우리나라는 좁은 지역에 바다, 산악, 평야, 강 등 합동전장을 구성할 수 있는 충분한 조건을 갖추고 있으나 이런 전장 환경을 고려한 분석모델의 개발이 제대로 이루어지고 있지 않다. 따라서 합동성을 고려하면서 실 상황을 반영한 독자모델을 개발해야 한다.

마지막으로 해외에서 도입한 분석모델은 한반도의 전장 환경을 제대로 반영하지 못한 경우가 많고, 이를 묘사하려면 소스코드(Source Code)를 수정해야 한다. 그러나 대부분은 소스코드가 없거나 있다하더라도 양이 엄청나게 많아 개발자 이외에는 일일이 찾아 수정한다는 것은 거의 불가능하고 오래전에 개발된 것들이 대부분이어서 컴퓨터 언어도 많이 변화되어 사실 업그레이드 하는데 많은 비용이 들거나 불가능한 실정이다.

이를 극복하기 위해서는 한반도 전장 환경을 반영한 국방 M&S의 아키텍처를 우선 개발하고, 개발된 아키텍처 환경에서 구현될 수 있는 분석모델들을 동일한 컴퓨터 언어를 사용하여 독자적으로 개발하는 전략적인 방안 수립이 필요하다.

---

56) 조선일보. 2013. 3월. 9일자.
http://media.daum.net/politics/dipdefen/newsview?newsid=20130309031207659&srchid=IIM%2Fnews%2F64898611%2F40ee43cfa9545b0d34bc4b29bdc8b6b8 (검색일 : 2013.3.10일)

【참고문헌】

1. 국내문헌

강신성. (2009). 『시뮬레이션을 이용한 포병 표적탐지레이더 운용효과 분석』. 서울 : 국방대학교.

국방부. (2013). 『2013 예산수첩』. 계룡 : 국군인쇄창.

권용수. (2007). 『신 시스템엔지니어링 입문』. 서울 : 아이워크북.

김성표. (2012). “안보환경 변화와 연계한 우리 군의 소요기획 접근방안”. 『합동군사연구』, 제22호, 서울 : 국방대학교.

김양렬. (2012).『의사결정론』. 서울 : 명경사.

남탁곤. (2008).『국방 M&S VV&A 지원도구 체계 및 프로토타입 설계 연구』. 서울 : 국방대학교.

문장렬 외. (1996).『란체스터 전투모형의 풀이와 그 응용에 관한 연구』. 영천 : 육군 3사관학교 충성대연구소.

박주현. (2010). “국방예산의 적정규모와 바람직한 투자방향.” 『우리의 안보환경과 적정국방비』, 한국국방연구원 국방학술세미나.

송영근. (2011). “합동성 강화를 위한 합동군사대학교 창설 및 운영방안.”『합동군사연구』, 제21호, 서울 : 국방대학교.

송영복. (1998). 『란체스터 전투모형을 이용한 전투력의 분할과 공략에 관한 연구』. 서울 : 국방대학교.

오영민. (2009). “민감도 분석을 통한 무기체계 획득 비용분석에 관한 연구.” 『제9회 학술교류 세미나 논문집』, 서울 : 국방대학교.

양 육. (2010). “포병간의 진검 승부 대화력전.” 인터넷.

이강우 외. (2011).『경영과학』. 서울 : 한경사.

이경재. (2006).『효율적인 군사력건설을 위한 소요창출 및 획득체계의 개선 : 위협기반에서 능력기반으로』. 서울 : 대한출판사.

이상진. (2008). 『국방의사결정론 사례연구』. 서울 : 국방대학교.

이영직. (2004).『란체스터 경영전략』. 서울 : 청년정신.
임 원. (2012).『합동성 제고를 위한 전력소요기획체계 발전방안』. 서울 : 국방대학교.
전은주. (2010). 『데이터마이닝을 이용한 과학화전투훈련 성과 향상 방안 연구』. 서울 : 국방대학교.
정재욱. (2006). 『사회조사방법론의 이해』. 서울 : 학고방.
조원건. (2007). 『능력기반 전력기획』. 서울 : 북코리아.
최상영. (2010). 『국방 모델링 및 시뮬레이션 총론』. 서울 : 북코리아.
_____. (2010). 『워게임 모델 인증 및 평가 방법론 연구』. 서울 : 국방대학교.
최현철. (2010). 『사회통계방법론』. 경기 : 나남신서.
홍성필. (2010).『경영과학』. 서울 : 율곡출판사.
홍진기 외. (2009). 『전장 아키텍처를 활용한 능력기반평가 방안』. 서울 : 한국국방연구원.
황일도. (2004). “북 장사정포. 알려지지 않은 다섯 가지 진실.” 『신동아』, 통권 543호.
육군교육사. (2012).『화력운용분석모델 모의논리분석서』. 계룡 : 국군인쇄창.
합동참모본부. (2010).『합동·연합작전 군사용어사전』. 계룡 : 국군인쇄창.
_____. (2011).「합동성 정의」 재정립(안) 검토결과.
동아일보. 1994. 3. 20일자.
_____. 2013. 3. 23일자.
조선일보. 2011. 4. 11일자.
_____. 2013. 3. 9일자.
중앙일보. 2010. 8. 2일자.
_____. 2011. 6. 28일자.
인터넷 등

2. 국외문헌

Bitters. D. L. (1995). Efficient Concentration of Forces. or How to Fight Outnumbered and Win. *Naval Research Logistics,* Vol.42.

Cacuci. Dan G.(2003). *Sensitivity & Uncertainty Analysis. Volume 1: Theory.* Chapman & Hall.

JCS J-8. (2009). *CBA User's Guide version 3.* March.

Przemieniecki. J. S. (1990). *Mathematical Modeling of Combat Engagements by Heterogeneous Forces.* in *Introduction to Mathematical Methods in Defense Analysis,* AIAA Education Series.

Robinson. Stewart et al. (2011). *Conceptual Modeling for Discrete-Event Simulation.* Chapman & Hall Book.

Wild. R. (2002). *Operation Management 6ed.* London : Continuum.

【약어정리】

AWAM	Army weapon effectiveness Analysis Model	지상무기 효과분석모델
BAF	Blue Air Force	청군 공군
CBA	Capabilities Based Acquisition	능력기반획득
CFHQ	Counter fire Headquarters	대화력전 수행본부
JCS	Joint Chiefs of Staff	합동참모본부
JMEM	Joint Munitions Effectiveness Manual	합동무기효과교범
MRL	Multiple Rocket Launcher	다련장포. 방사포
M&S	Model & Simulation	모델 & 시뮬레이션
NCOE	Network Centric Operation Environment	네트워크 중심 작전환경
ROE	Rule of Engagement	교전규칙
SPG	Self-propelled Gun	자주포
UML	Unified Modeling Language	모델링 언어

【부 록】

1. 용 어 정 의

• 개념모델링	실세계/제안된 시스템으로부터 모델을 만드는 과정
• 대화력전	적의 화력지원수단과 이를 지휘통제하는 모든 요소를 무력화시킴으로써 적의 화력지원 능력과 전투지속 능력 및 전의를 약화시키는 화력전투
• 맵핑(Mapping)	홍군과 청군의 개체 간 교호작용을 도식화한 것
• 소스코드	디지털기기의 소프트웨어 내용을 프로그램 언어로 나타낸 설계도
• 소요비용	모델의 종결목표를 달성하는데 소요되는 장비 및 탄약비용의 합
• 유휴 무기체계	전장에 참여했으나 실제 운용되지 않는 소요보다 초과된 무기체계
• 최적 조합(Case)	시뮬레이션 결과 중 목표를 달성한 조합(Case) 중 최소비용인 조합
• 킬 체인(Kill Chain)	탐지 – 식별 – 결심 – 타격 등 일련의 과정
• 포트폴리오	무기체계의 구성
• 합동무기체계	동일한 합동전장에서 동일한 전투 목표달성을 위해 참여하는 육 · 해 · 공군 무기체계들의 총칭.

2. 모델의 타당성 확인을 위한 설문

본 설문은 북한군의 수도권을 위협하는 장사정포에 대응하기 위해 합동전장인 개전 초기 대화력전에 참여하는 육군 자주포/다련장포와 공군 항공기 등 합동무기체계[57]의 최적 조합을 결정하기 위해 개발한 '모델'의 적용 가능성을 확인하기 위한 것입니다.

현재 합동전장에 참여하는 무기체계 소요는 각 군별로 분석용 모델을 이용하여 필요한 수량을 도출하고 있습니다. 그러나 각 군의 분석용 모델들은 대부분 해외에서 구매한 것으로서 대부분 한반도의 전장 환경이나 합동성 등을 고려하지 않고 개발되었고 기존 무기체계의 운용개념 변화와 신 무기체계 전력화 등을 반영하기 위해 수정 및 보완이 필요한 실정입니다.

그러나 이런 모델들은 대부분 개별 무기체계 위주로 개발되어 있고. 모델의 소스코드[58]가 공개되지 않거나 공개되어도 수 만 라인(Line)으로 구성되어 있어 사실상 수정에 많은 제한사항이 있고 오래된 모델은 Data의 최신화도 곤란하여 시뮬레이션 결과에 대한 신뢰성 문제가 대두되고 있습니다.

본 연구는 이를 보완하기 위해 독창적인 대화력전 '합동무기체계 최적 조합 도출을 위한 모델을 개발하였습니다. 그러나 군 특성상 실제 Data의 사용 제한으로 시뮬레이션 결과의 신뢰성 확인(Validation)[59]에 많은 어려움이 있습니다.

이 문제 해결을 위해 본 연구에서는 설문을 통해 대화력전 분야의 전문가인 여러분들의 의견을 수렴하고 개발한 모델의 시뮬레이션 결과의 경향과 비교하여 '타당성 확인' 문제를 해결하고자 합니다. 본 설문은 아래와 같이 크게 두 부분으로 구성되어 있습니다.

Part Ⅰ. 전문가들의 대화력전에 대한 경험 정도 Part Ⅱ. 개전 초기 대화력전의 합동무기체계. 목표달성시간. 소요비용 경향

본 설문의 의견들은 비밀이 보장되고 학술적 목적에만 사용될 것입니다. 다시

57) 본 연구에서 '합동무기체계'란 합동전장에 참여하는 육 · 해 · 공군의 무기체계들을 말한다.
58) 디지털기기의 소프트웨어 내용을 프로그램 언어로 나타낸 설계도를 말한다.
59) 공식적인 시험 및 검토과정으로 시뮬레이션 결과가 충분히 정확한지를 결정하기 위해 알려지거나 기대되는 결과와 비교하는 것을 말한다.

한 번 군 발전을 위한 노고에 감사드리며 성실한 답변을 부탁드립니다.

Part Ⅰ. 대화력전 전문가들의 경험 정도 (해당 분야에 ✔해 주세요)

1. 본 연구의 신뢰성을 높이기 위해 전문가의 경험 확인을 위한 것입니다.
2. 군종 중 기타는 현역 이외의 공무원. 군무원. 연구원 등이 해당됩니다.
3. 계급 중 기타는 현역이 아닌 경우에 해당 됩니다.
4. 대화력전 근무기간은 합동무기체계가 편제되어 있는 부대에서 근무한 지휘관/참모로서 근무한 총 기간을 말합니다.
5. 근무했던 분야는 대화력전 수행체계를 고려하여 분류한 분야입니다. 이 중 가장 오랫동안 임무를 수행했던 분야를 ✔해 주시면 됩니다.
6. 합동전장 참가 횟수는 합동 및 연합훈련에 참가한 횟수를 포함합니다.

1. 귀하가 소속된 군종은?

① 육 군 ② 해 군 ③ 공 군 ④ 해병대 ⑤ 기 타

2. 현재 귀하의 계급은?

① 위관/준·부사관 ② 소 령 ③ 중 령 ④ 대 령 ⑤ 기 타

3. 귀하의 대화력전 분야에 대한 근무기간은?

① 1년 이하 ② 2 년 ③ 3 년 ④ 4 년 ⑤ 5년 이상

4. 대화력전 수행체계 분야 중 가장 많이 근무했던 분야는?

① 탐 지 ② 결 정 ③ 타 격 ④ 평 가 ⑤ 기 타

5. 현재까지 경력 중 합동전장에서 실시하는 훈련에 참가한 횟수는?

① 2회 이하 ② 3~4회 ③ 5~6회 ④ 7~8회 ⑤ 9회 이상

Part Ⅱ. 개전 초기 대화력전의 합동무기체계. 목표달성시간. 소요비용 경향

(해당 분야에 ✔해 주세요)

1. 본 연구에서는 합동전장에서 운용되는 합동무기체계의 구성(편성)을 조합 또는 Case라고 합니다. 여기서는 이런 합동무기체계와 그 Case에 대한 인식과 목표달성시간. 소요비용 간의 관계 등에 대한 경향을 알아보기 위한 내용으로 구성되어 있습니다.
2. 최적 조합이란 요구하는 목표달성시간을 만족시키면서 최소비용이 소요되는 조합 즉. 경제적으로 목표를 달성할 수 있는 조합을 말한다.
3. 합동전장 운용 시 지휘통제 및 공역통제는 문제가 없고. 연구 목적상 상대규모는 일정하고 아군규모는 변화 가능한 것으로 가정하였습니다.

1. 대화력전과 같은 합동전장에서 운용되는 합동무기체계별 참여규모를 판단하는 것이 필요하다고 생각하십니까?

① 매우 아니다 ② 아니다 ③ 보 통 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

2. 본 연구에서는 합동전장을 고려하여 여러 개의 합동무기체계 조합(Case)을 만들어 입력 값으로 활용하였고. 각 조합들의 목표달성시간. 소요비용 등을 분석하여 '모델의 종결조건'을 만족시키는 최적 조합을 도출하려 합니다. 이 방법이 타당하다고 생각하십니까?

① 매우 아니다 ② 아니다 ③ 보 통 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

3. 합동무기체계 참여규모가 증가하면 할수록 목표달성시간이 점점 더 단축될 것이라고 생각하십니까?

① 매우 아니다 ② 아니다 ③ 보 통 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

4. 목표달성시간이 단축되면 합동무기체계 참여규모가 증가하여 소요비용은 증가하리라고 생각하십니까?

① 매우 아니다 ② 아니다 ③ 보 통 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

"바쁘신데 응답해 주셔서 감사합니다."

ABSTRACT

A Study on the Cost Effectiveness Analysis Model for the Optimized Combination of Joint Weapons System

- Focused on the Counter-fire Operation at the Outset of War -

Y00, Choong-keun
Major in Information Engineering
Dept. of Industrial Engineering
The Graduate School
Hansung University

North Korea initiated the sinking of ROK Navy Ship Cheon-An and shelling at the YonPyung-Do Island. Amidst the opposition of the international society. North Korea conducted a nuclear test and increased the level of provocation. North Korea is adding fuel to its provocation by making statements to turn Seoul into the "Sea of Fire." In response. the ROK armed forces is acquiring necessary weapons systems for each service in order to destroy or neutralize North Korean long range artillery in the counter-fire operations at the outset of war.

However. each service including the Army. Navy. and Air Force. is acquiring its weapons system without considering jointness of weapons system. This leads to not only redundancy in investment but also enormous

waste in the defense budget. Especially since 2011. the defense budget. in comparison to national budget. has been gradually decreasing. Whereas there is strong demand to increase the defense budget in response to North Korean strategic weapons such as nuclear weapons and missiles. Thus. it is imperative to come up with the optimized combination of joint weapons system in order to guarantee there will be no unused weapons systems.

To accomplish this end. the thesis first defined the jointness. then explained capability-based forces planning. counter-fire operation system. conceptual modeling. ROE and sensitivity analysis. Based on these background. this thesis developed a scenario for a counter-fire operation system. and made its cost-effectiveness analysis model. Finally. this thesis ran the simulation and analyzed its result to derive the optimized combination of joint weapons system. which shows the least cost while satisfying the objective of counter-fire operation system.

Additionally. through the sensitivity analysis of the outcome of the simulation. this thesis presented the impact of the change in volume for each category of weapons system on cost-effectiveness analysis.

However. when the "Optimized Combination" exceeds the incumbent capability of the ROK military. additional weapons system should be acquired. In general. a weapons system with destructive power is not only very expensive but also requires a great amount of time for acquisition.

Thus. by considering impacts of other factors such as detection systems and ammunition capabilities that require shorter acquisition time. this thesis also showed how the "optimized combination" changes.

In conclusion. this thesis has great significance because it presented the first cost effectiveness analysis model that considered joint weapons system while satisfying the objective of counter-fire operation system. Additionally. it linked the joint weapons system combinations with the required cost. This will add immeasurably to an efficient usage of the defense budget.

Meanwhile. securing necessary military resources limitation. actual weapons system operations data served as limitations.

As future work. this study will develop more accurate counter-fire operation scenario and then simulate it by considering various parameters such as geography. weather. damage ratio. in order to enhance the reliability of counter-fire operation system simulation.

【keywords】 Joint Weapons System. Counter-fire Operation System. Cost Effectiveness Analysis Model. Sensitivity Analysis. Conceptual Modeling. Modeling & Simulation.