EINSTein 모형을 이용한 複雜系理論의 地上戰 適用에 관한 硏究

A Study on Applying Complex System Theory to Land Warfare using EINSTein Model

이태원*, 강성진*
Taewoen Lee, Sungjin Kang

Abstract

This paper deals with complex system theory to describe land combat situation using EINSTein (Enhanced ISAAC Neural Simulation Tool) simulation model. Many studies have shown that existing Lanchester equations used in most wargame models does not describe changes of combat units, real land warfare situation and qualitative factors in combat. Future warfare will be a non-linear combat with various weapon system and complex combat units. EINSTein models is an agent-based simulation tool using complex system theory. We have compared and tested land combat results with Lanchester models and EINSTein models. The results have shown that EINSTein model has a possibility to apply and analyze land warfare more properly than Lanchester models.

* 국방대학교 운영분석과

1. 서론

1914년 F. W Lanchester[1][5][10][12]은 현대전의 손실모델로서 란체스터 방정식이라는 일련의 미분방정식을 소개하였다. 란체스터 모형은 전투에서 교전쌍방간의 전투 손실을 분석하기 위한 전투논리 모형으로 대부분의 워게임 모형에서 가장 널리 사용되고 있으나 부대들의 공간적인 변화와 정성적 요소를 반영하지 못하는 제한점이 있으며 특히, 전투패턴과 진화를 묘사할 수가 없었다.

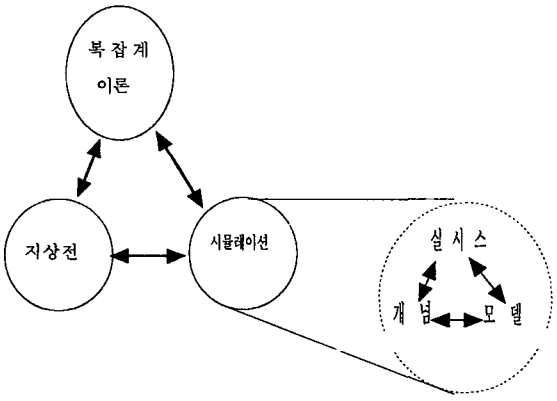
이러한 제한점을 보완하기 위해 복잡계이론(complex system theory)을 이용하여 지상전을 설명하고자 한다. 복잡계이론은 복잡계의 전체적인 행동이 하위체계 구성요소들간의 상호작용으로부터 유도된다는 이론으로 지상전을 복잡계이론으로 설명이 가능하다면 지상전을 구성하는 행위자들(agents)에게 복잡계의 특성들을 적용함으로써 공간적 요소와 정성적 요소의 변화뿐만 아니라 전투의 다양한 패턴과 전투 진화를 분석할 수 있다.

본 연구의 목적은 지상전을 복잡계이론으로 묘사가 가능한지를 알아보고 복잡계이론을 기초로 모델링된 행위자 기반 모델을 지상전에 적용하여 분석하는데 있다.

연구방법은 첫째, 복잡계이론의 지상전 적용 가능성을 평가하고, 둘째 행위자 기반 모델인 EINSTein 모형(Enhanced ISAAC Neural Simulation Tool)의 논리를 살펴본다. 셋째, EINSTein 모형과 란체스터 전투모형의 적용 결과를 비교 분석하여 EINSTein 모형의 실제 지상전 적용 가능성을 평가한다.

2. 복잡계이론의 지상전 적용 가능성

이 절에서는 지상전을 이해하고 묘사하기 위해 복잡계이론의 적용에 대해 고찰하기로 한다. 복잡계로서 지상전을 묘사하기 위해 <그림 1>에서 보는 것과 같이 복잡성이론(complexity theory), 지상전(land warfare), 모델링 / 시뮬레이션(modeling /simulation)의 연관성을 먼저 알아보겠다[7][8][9].



<그림 1> 복잡계로서 지상전 묘사의 상관관계

복잡성이론은 복잡한 행동을 보이는 복잡계를 이해하기 위한 모든 추측, 가설, 이론, 수학적 모델 등을 말한다. 특히 복잡성이론은 비선형 동역학과 복잡계이론을 포함하고 있으며, 복잡계이론은 인공생명, 세포자동자, 유전자 알고리즘, 신경회로망 등의 다수 하위 학문을 포함하고 있다. 지상전은 전투손실, 지휘 및 통제, 정보, 전술 및 전략, 훈련 등의 다양한 문제와 논쟁을 가지고 있다. 모델링/시뮬레이션은 지상전의 논점과 복잡성이론의 방법론을 상호 연결시키는 도구의 역할을 한다.

지상전은 본질적으로 변화하는 전장환경에 지속적으로 적응하는 다수의 상호 작용과 반 독립적이며 계층적으로 조직화된 행위자들(agents)로 구성된 비선형 동역학체계이다. 따라서 지상전은 다음 세 가지 이유로 해서 복잡계로 볼 수 있다.

첫째, 전투요소는 보병, 전차, 수송차량 등의 단위부대들로 구성되어 있으므로 지상전은 본질적으로 복잡계로 묘사될 수 있다는 것이다. 둘째, 지상전은 일반적으로 복잡한 상황을 유발한다. 다양한 전투부대의 혼합, 다양한 전술, 거대한 통신망과 탐지기 등으로 구성된 복잡한 환경이다. 셋째, 전장은 본질적으로 전투원들의 다양한 심리적 요소들이 작용하고, 정성적인 요소들을 포함하고 있다는 것이다. 즉, 전장공황, 공포, 사기, 전투원들의 의사결정 등이다.

지상전과 관련된 복잡계의 일반적인 특성은

다음의 몇 가지 특성을 가지고 있어 지상전에 응용이 가능하다.

첫째, 비선형 상호작용(nonlinear interaction)성이다. 전투부대는 다수의 비선형 상호작용 요소들로 구성된다. 즉, 지휘통제 계층구조의 환류 루프, 적 행동에 따라 적응하는 형태, 의사결정과정과 우연의 요소 등이 내부적으로 상호작용 한다. 둘째, 비환원주의(nonreductionist)로서 총체적인 전투부대의 "전투능력"은 각 전투원들의 전투능력에 대한 단순한 총계 함수가 아니라는 것이다. 셋째, 전투부대들은 실제 지휘통제 계층구조로 조직되어 있으며 넷째, 전투원들은 분권화 통제(decentralized control)되어 있어 전투원의 행동을 일일이 통제하는 핵심 주체(신과 같은 존재)는 없다. 다섯째, 전장에서 국지적으로 발생되는 혼돈(chaotic)은 복잡계이론의 자기조직화 논리와 유사하며, 전장자체가 불균형 질서(nonequilibrium order)이면서 생존을 위해서 전투부대들은 변화하는 전장환경에 지속적으로 적응해야만 하는 특성을 가지고 있다. 여섯째, 전장은 총체적인 동역학(collectivist dynamics)상태인데 이는 하위수준의 전투원들과 상위수준의 지휘구조간에는 지속적인 환류가 있는 특성을 가지고 있다.

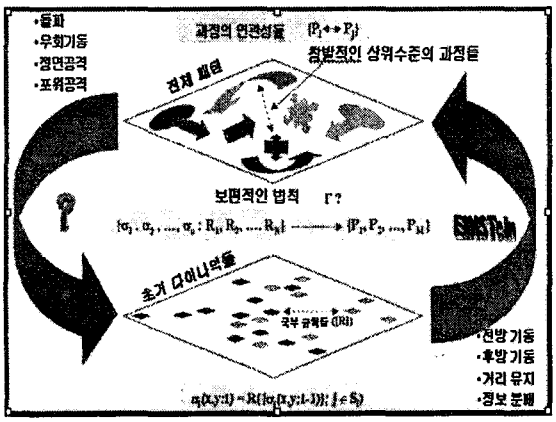
위에서 살펴보았듯이 지상전은 복잡적응시스템의 주요한 특징을 모두 가지고 있다. 이것은 지상전이 주식시장, 생태계, 인간두뇌와 같은 다른 복잡적응체계의 연구와 동일한 방법론적 과정을 따른다는 것을 의미한다. 지상전은 완전한 복잡계라고는 할 수는 없지만 복잡계에서 식별되는 행동들을 이용하기 위한 동일한 기본 원칙들은 실제 적용 가능하다고 할 수 있다.

3. 복잡계이론의 적용 모형

3.1 EINSTein 모형의 개요

EINSTein(Enhanced ISAAC Neural Simulation Tool)은 ISAAC(Irreducible Semi-Autonomous Adaptive Combat)모형의 확장 프로그램이다. EINSTein은 미 해군 분석센터(Center for Naval Analysis)에서 복잡성의 지상전 적용여부를 평가하기 위한 2년간의 프로젝트의 부산물이면 현재 계속 연구가 진행되고 있다[10].

<그림 2>는 핵심 개념도이다. EINSTein모형 상위수준의 다양한 전투 패턴들이 하위수준에 영향을 미치는 것을 묘사하는 모델이 아니라 하위수준의 국부규칙들과 초기 다아나믹들이 상위수준의 패턴과 창발적인 과정들의 연관성을 묘사함으로서 전체 전장에서의 보편적인 전투 패턴이나 법칙을 발견하는데 중점을 두고 개발된 모형이다.



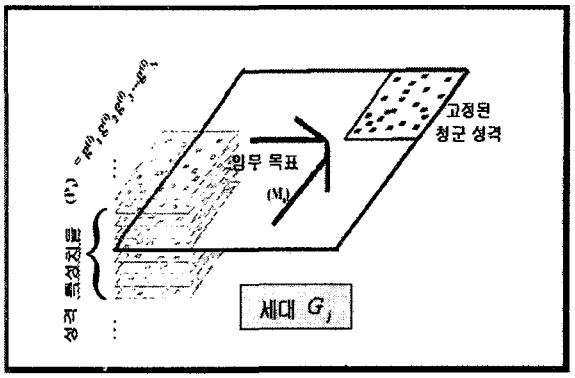
<그림 2> EINSTein모형의 핵심 개념도

3.2 지상전 모의 능력

가. 유전자 알고리즘을 이용한 전투 진화 탐색

EINSTein모형의 가장 큰 특징은 유전자 알고리즘을 이용하여 전투진화를 묘사할 수 있다는 것이다. <그림 3>에서 보듯이 주어진 임무 목표(M_i)를 달성하는데 N개의 유전자들로 구성된 특성염색체(P_i)가 하나의 전장패턴을 형성하게 된다. 이러한 무수한 전장패턴은 세대(G_j)를 형성하게 되며 각 세대에 걸쳐서 최적의 임무 적합도를 나타내는 특성치를 계속 업데이트하게 된다. 따라서 사용자가 정의한 세대수를 거친 후에 최적의 임무 적합도를 구성하는 특성치를 구할 수

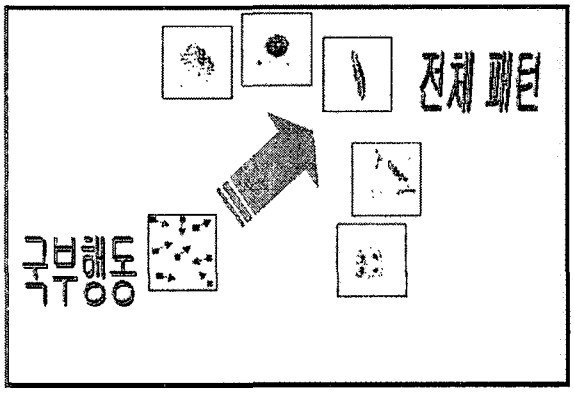
있게 된다. 여기서, 임무는 10개의 개별적인 임무를 부여할 수 있고, 각각의 임무에 가중치를 부여한 임무들의 조합으로 구성될 수도 있다. 현재는 청, 홍군의 공동진화는 묘사가 불가능하며 단지 고정된 청군 특성치에 대한 홍군의 전투진화를 묘사할 수 있다.



<그림 3> 유전 알고리즘을 이용한 전투 진화

나. 전투패턴 인식

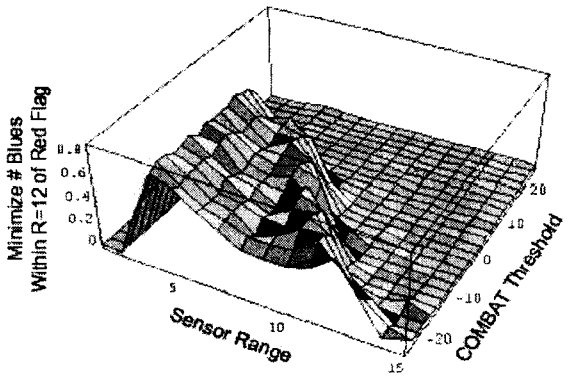
전투상황은 너무도 다양하고 고정될 수가 없다. 그래서 전투패턴은 너무도 다양하고 예기치 못한 형태를 나타낼 수도 있다. 이러한 특성을 반영한 것이 <그림 4> 전투패턴이다 그림에서 보듯이 국부행동이 다양한 전체패턴을 형성한다는 사실을 볼 수 있다. 지금까지 기존 워게임에서 묘사가 불가능했던 부분을 복잡계의 특성을 이용하여 시각적으로 표현한 것이다. 각각의 특성치가 변경될 때마다 그에 따른 창발적인 행동 및 전투패턴을 관찰할 수가 있다. 특히 이러한 전투패턴의 분석을 더욱 효과적으로 분석할 수 있는 추가적인 기능인 활동지도(Active Map), 살상지역(Killing Field), 지역점령지도(Territorial-Possession Map), 추적지도(Trace Map), 전장지도(Battle-Front Map)등을 이용할 수 있다.



<그림 4> 전투패턴

다. 2변수 임무 적합도

임의의 두 개의 변수에 대한 최적의 임무적합도를 판정하는 것이다. 이것은 유전자 알고리즘을 이용한 전투 진화의 개념이 아니라 2개 변수의 주어진 범위에서 가장 효과적인 임무적합도를 나타내는 변수의 범위를 분석하는데 그 목적이 있다. <그림 5>에서 보듯이 X, Y, Z축으로 구성되어 있고 X, Y축은 분석하고자 하는 변수들의 범위이며 Z축은 임무 적합도를 나타낸다. 적용 가능 변수는 57개이며 12개의 임무들로 구성되어진다.

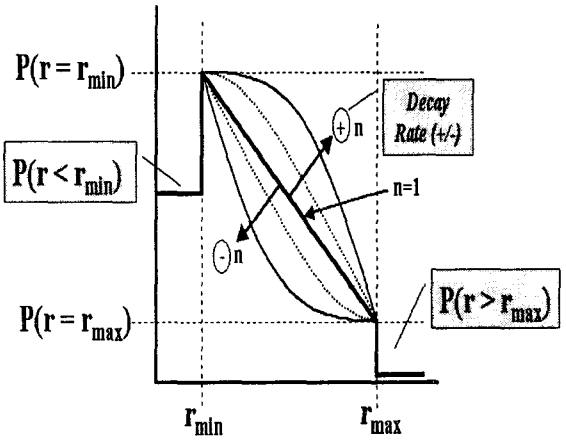


<그림 5> 2변수 임무 적합도

라. 무기효과

전장에서 사용되는 무기는 매우 다양하다. 이러한 점에 착안해서 10가지의 무기효과를 묘사할 수 있도록 모델링이 되어 있다. 사용자가 살상률

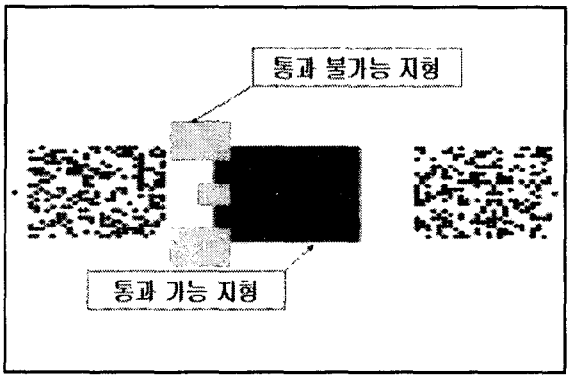
을 정의할 수 있으므로 <그림 6>에서 보듯이 각각의 사격범위에 대한 살상률 곡선을 얻을 수 있다. 여기서 감소율(decay rate)은 살상률이 주어진 사격범위에 대하여 얼마나 빨리 감소할 것인가를 나타낸다. 각 스쿼드는 동일한 무기가 부여되어져야 하며 다중 스쿼드 적용 시에 다양한 무기체계 효과를 분석할 수 있다. 특히 이동범위를 0으로 설정 가능하므로 고정된 기관총 진지 또는 포병 사격 등이 묘사 가능하다.



<그림 6> 사격범위에 따른 살상률 곡선

마. 지형요소

전장의 지형은 하천, 산악, 평지, 습지, 구릉, 시가지 등으로 너무도 다양하기 때문에 기존 워게임 모델로 묘사하는데 있어서 많은 제한사항을 가지고 있었다. 이러한 점을 보완하기 위해서 다양한 지형 형태의 묘사가 가능하도록 했다. <그림 7>에서 보듯이 통과 가능지형과 불가능 지형으로 나눌 수 있다. 통과 가능지형은 3개로 다시 분류되고 각각에 가중치를 부여할 수 있다. 그리고 통과 불가능 지형은 통과 불가능하지만 가시선이 존재하는 경우와 존재하지 않는 경우로 나누어져 있다. 따라서 강, 시가지, 산악, 날씨에 따른 지형현상 등을 다양하게 묘사할 수 있으며 지형의 위치를 임의로 변동 할 수 있으므로 지형의 변화에 따른 전투양상을 분석할 수 있다.



<그림 7> 지형요소

4. 란체스터 모형과 복잡계 모형의 비교분석

행위자기반 모델과 란체스터형 모형과는 개념 및 접근방법에 있어서 큰 차이가 있다. 그러나 기본적인 공통점이 최종 전투결과에서 피·아 부대 전투력을 측정할 수 있다는 점에서 착안하여 전투손실율을 비교하는데 국한하였다. 비교분석을 위하여 란체스터 전투소모논리에서 가장 일반적으로 적용되고 있는 자승법칙과 복잡계 모형인 EINS Tein모형을 이용하였다.

먼저 Lanchester형 전투모형과 EINSTein 모형을 동일한 조건으로 비교할 경우 어떠한 유사점과 차이점이 있는지를 분석하였다. 두 번째로 행위자 기반 모델의 기본적인 특징을 부여하여 행위자들간의 상호작용으로 창발되는 전투형태별 결과를 란체스터형 전투모형의 결과와 비교하였다. 모델링한 전투형태는 기존 란체스터형 전투모형으로는 묘사가 불가능한 돌파, 분산공격에 대한 모형을 설정하여 비교하였으며 EINSTein 모형의 특성치는 ISAACA의 활동범위, 복원, 오인사격 등의 요소로 국한하였다.

4.1 동일한 조건으로 비교분석

EINSTein모형에 입력되는 특성치를 란체스터 자승법칙에서 입력되는 변수 값과 동일하게 하고, 나머지 특성치는 입력요소에서 제외시켰다. 비교분석을 위한 시나리오는 다음과 같다.

홍군(R)과 청군(R)은 동질부대간의 교전을 실시한다. 피·아 초기 전투력규모는 홍군이 100명, 청군이 50명이며 전투손실률은 $\beta = 0.05, \rho = 0.1$이다. 자승법칙을 적용하기 위한 가정사항은 다음과 같다.

가. 두 동질부대간 교전하며 동일한 무기체계를 가진다. 그러나 피·아 상이한 살상률을 가질 수 있다.

나. 양측부대는 서로 화기 사거리 내에 있고, 직접조준사격을 실시한다.

다. 사격은 잔여병력에 대하여 균등하게 실시된다.

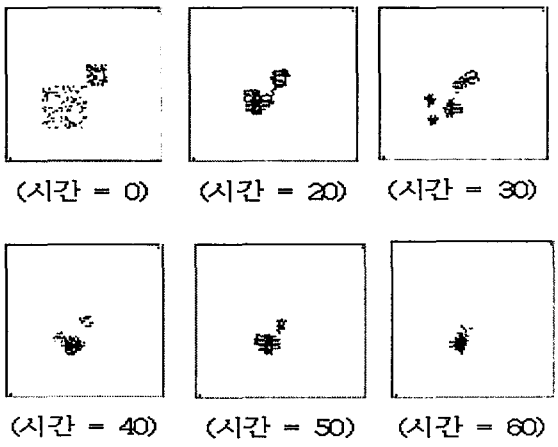
라. 양측의 전투원은 충분하게 상대전투원의 위치와 조건을 잘 알고 있으며, 표적이 제압되면 즉시 새로운 표적에 대하여 사격을 실시할 수 있다.

동일한 조건을 부여하기 위해 EINSTein 모형에 입력되는 요소는 청·홍군 ISAACA의 특성가중치와 명중확률을 제외한 나머지 요소는 제외한다. 홍군(R)은 특성가중치벡터 $\vec{w} = (\frac{1}{11}, \frac{4}{11}, \frac{1}{11}, \frac{4}{11}, \frac{1}{11}, 0)$을 입력하고 전투력 규모는 100명, 명중확률은 0.05로 한다. 청군(B)은 특성가중치 벡터는 홍군의 특성가중치 벡터와 동일하게 $\vec{w} = (\frac{1}{11}, \frac{4}{11}, \frac{1}{11}, \frac{4}{11}, \frac{1}{11}, 0)$을 입력하고 전투력규모는 50명, 명중확률은 0.1로 한다. 양측부대 ISAACA의 활동범위는 기본값 $r_S = 4, r_F = 3, r_T = 2, r_M = 1$을 동일하게 부여하였고, 재편성, 오인사격, 보조규칙 등은 적용하지 않았다.

<표 1>은 Lanchester 자승법칙과 EINSTein 모형의 모의결과이며, <그림 8>은 EINSTein모형의 모의과정이고, <그림 9>와 <그림 10>은 전투력변화 상태를 도식화한 것이다. <표 1>, <그림 9>, <그림 10>에서 보는 것과 같이 동일한 조건을 주었을 때, 즉 EINSTein모형에서 전투력규모와 명중확률을 제외한 나머지 특성치를 고려하지 않고 자승법칙에 적용한 값과 동일하게 적용하였을 경우이다.

<표 1> Lanchester 자승법칙과 EINSTein 모형의 모의결과(동일조건)

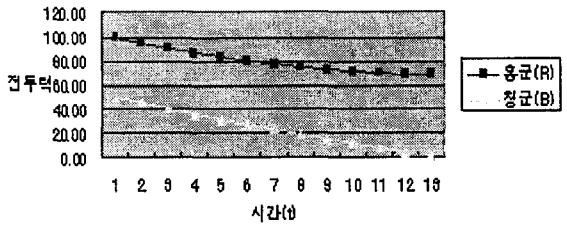
자승법칙			EINSTein 모형						
시간	홍군(R)	청군(B)	시간	홍군(R)			청군(B)		
				계	생존	부상	계	생존	부상
2	90.50	40.25	13	92	91	1	38	28	10
4	82.91	31.41	27	87	81	6	32	22	10
6	77.04	23.27	30	77	74	3	23	14	9
8	72.77	15.68	54	71	68	3	14	7	7
10	70.00	8.48	56	69	63	6	8	3	5
12	68.65	1.52	60	64	56	7	1	0	1



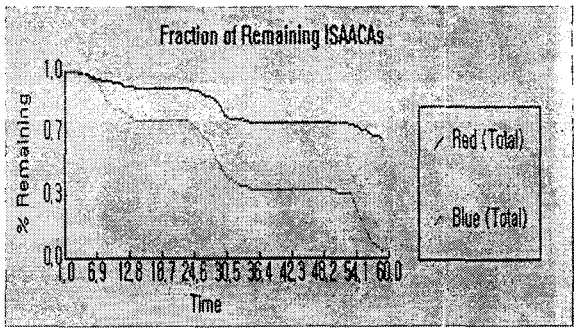
<그림 8> EINSTein모형의 모의과정

여기서 전투력 변화상태는 약간의 차이가 남을 알 수 있다. 시간단위(t)에 따라 차이가 나는 것은 ISAAC모형의 특성상 각 전투원으로 묘사되는 행위자들의 상태가 생존 및 부상으로 구분되

어있으며, 이동 및 탐지간에 걸리는 시간의 차이가 나기 때문이다. 그러나 결론적으로 보면 부대와 부대간의 전투를 묘사한 Lanchester 자승법칙의 전투결과와 EINSTein모형에서 복잡계이론의 특성을 무시하였을 때의 모의결과는 유사함을 알 수가 있다.



<그림 9> Lanchester 자승법칙의 전투력 변화상태(동일조건)



<그림 10> EINSTein모형의 전투력 변화상태(동일조건)

4.2 복잡계 모형의 특성치를 적용한 비교

(1) 집중공격(돌파)

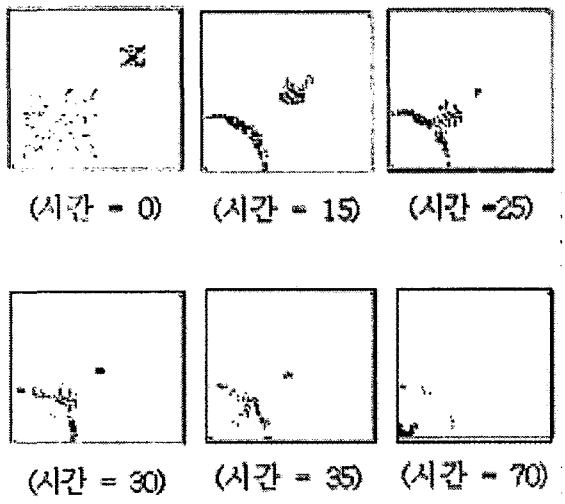
Lanchester 자승법칙에서 양측부대의 초기 전투력규모를 홍군은100명, 청군은 50명으로 하고, 전투손실률은 $\beta=\rho=0.05$라고 가정하였다. 그러나 EINSTein 모형에 입력되는 특성치는 초기 전투력규모와 손실률은 Lanchester 자승법칙과 동일하게 입력하되 홍군의 ISAACA 활동범위는 $r_S=3, r_F=2, r_T=2, r_M=1$, 특성 가중치 벡터는 $\vec{w}=(0,\frac{4}{10},\frac{1}{10},\frac{4}{10},\frac{1}{10},0)$, 보조규칙은 전진한계 2, 집단한계 6, 아군목표와의 최소거리 25, 부대크기 30×30을 부여하였다. 청군의 ISAACA 활동범위는 $r_S=5, r_F=3, r_T=3, r_M=1$, 특성가중치벡터는 $\vec{w}=(\frac{1}{15},\frac{4}{15},\frac{1}{15},\frac{4}{15},0,\frac{5}{15})$, 보조규칙은 전진한계 1, 집단한계 8, 부대크기 10×10을 부여하였다. 위와 같이 특성치를 부여했을 때 홍군은 방어적인 성향을 가지게 되며, 청군은 집중 공격적인 성향을 가지게 된다. 그리고 양측부대 모두에게 오인사격 범위를 5, 오인사격 확률을 0.001, 복원기간t을 10단위시간을 부여하였다. <표 2>는 Lanchester 자승법칙과 EINSTein모형의 모의결과이며, <그림 11>은 EINSTein모형의 모의과정이고, <그림 12>와 <그림 13>은 전투력변화상태를 도식화한 것이다.

<표 2> Lanchester 자승법칙과 EINSTein모형의 모의결과(돌파)

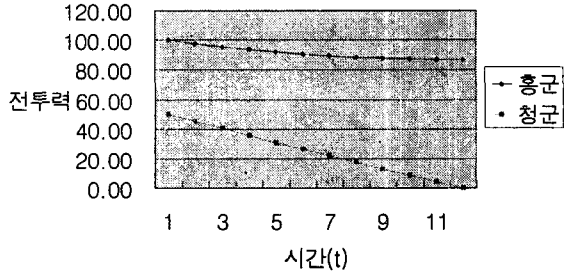
자승법칙			EINSTein 모형											
시간	홍군(R)	청군(B)	시간	배치외 기타 요소 미적용		활동범위 적용		오인사격 적용		복원 적용		모든 특성치 적용	
				홍군	청군	홍군	청군	홍군	청군	홍군	청군	홍군	청군
2	95.4	40.2	36	97	45	77	41	79	31	77	41	79	31
4	91.9	30.8	42	86	34	56	37	66	25	56	37	67	25
6	89.3	21.8	48	79	26	44	31	56	23	44	31	55	24
8	87.5	12.9	54	72	18	39	27	51	22	38	29	50	22
10	86.7	4.27	60	65	8	35	27	48	20	36	27	48	21
11	**86.6**	**0**	63	**63**	**4**	**35**	**27**	**48**	**20**	**36**	**26**	**43**	**21**

<표 2>에서 보는 것과 같이 Lanchester 자승법칙과 EINSTein모형에 최초 전투력규모와 손실률을 동일하게 입력하고 EINSTein모형의 기타 특성치를 다르게 입력한 결과, 특성치에 따라 결과가 차이가 남을 알 수 있다. Lanchester 자승법칙의

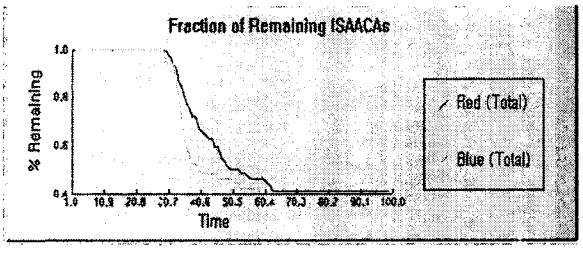
경우의 최종 전투력규모는 <표 2>와 <그림12>에서 보는 것과 같이 $R_e=86.6$, $B_e=0$인 반면, ISAAC모형에서 특성가중치벡터를 다르게 입력함으로써 최종 모의결과는 $R_e=63$, $B_e=4$가 된다.



<그림 11> EINSTein모형의 모의과정



<그림 12> Lanchester 자승법칙의 전투력 변화상태(1)



<그림 13> EINSTein모형의 전투력 변화상태(돌파)

즉, 홍군(R)의 경우 특성가중치벡터 중 w_1을 0으로 지정함으로써 아군 생존 ISAACA 방향으로 이동하지 않고 현재 위치를 고수하도록 하였고, w_5= 1/10, w_6=0으로 지정함으로써 현 진지를 사수하도록 하여 홍군은 방어적인 성향을 가지게 하였으며 부대배치의 크기는 30 ×30을 주었다. 청군(B) ISAACA의 활동범위를 적용했을 때 최종 모의결과는 홍군 및 청군의 최종 전투력 규모를 R_e, B_e라고 하였을 때 $R_e=35$, $B_e=27$로 나타났으며, 이는 공격부대인 청군(B)의 탐지범위($r_S=5$) 및 사격범위($r_F=3$)가 홍군(R)의 탐지범위($r_S=3$) 및 사격범위($r_F=2$)보다 우세함으로써 쌍방부대간 치열한 근접전투에서 홍군의 사상자수가 상대적으로 많이 발생했음을 알 수 있다. 양측부대 모두에게 오인사격 확률($P_f=0.001$)을 적용했을 때 최종 모의결과는 $R_e=48$, $B_e=20$으로 나타났는데 그 이유는 방어부대인 홍군이 공격부대인 청군에 비해 방어간 아군끼리의 오인사격이 많이 발생했기 때문이다. 전투간 복원을 적용했을 때 최종 모의결과는 $R_e=36$, $B_e=26$으로 나타났는데 그 이유는 전투간 부상당한 ISAACA의 치료로 인한 전투력 향상의 효과로 볼 수 있으나 공격부대인 청군의 복원으로 인해 홍군의 손실률이 상대적으로 커졌음을 알 수 있다.

이러한 ISAACA의 모든 특성치를 전부 적용했을 때 결과는 <표 2>와 <그림 13>에서 보는 것과 같이 $R_e=43$, $B_e=21$으로 나타났으며, 전투형태는 <그림 11>에서 보는 것과 같이 홍군의 방위망은 청군의 집중공격에 의해 돌파되었다.

(2) 분산공격(각개격파)

Lanchester 자승법칙에서 양측부대의 초기 전투력규모를 홍군은100명, 청군은 50명으로 하고, 전투손실률은 $\beta=\rho=0.05$라고 가정하였다. 그러나 EINSTein모형에 입력되는 특성치는 초기 전투력규모와 손실률은 Lanchester 자승법칙과 동일하게 입력하되 홍군의 ISAACA 활동범위는 집중공격(돌파)

시와 반대로 $r_S=5, r_F=3, r_T=2, r_M=1$로 지정하고, 특성가중치벡터는 집중공격시와 동일하게 $\vec{w}=(0, \frac{4}{10}, \frac{1}{10}, \frac{4}{10}, \frac{1}{10}, 0)$, 보조규칙은 전진한계 2, 집단한계 6, 아군목표와의 최소거리 25, 부대크기는 30×30을 부여하였다. 청군의 ISAACA 활동범위는 $r_S=3, r_F=2, r_T=2, r_M=1$,

특성가중치벡터는 $\vec{w}=(\frac{1}{15}, \frac{4}{15}, \frac{1}{15}, \frac{4}{15}, 0, \frac{5}{15})$, 보조규칙은 전진한계 1, 집단한계 8, 부대크기 30×30을 부여하였다. 위와 같이 특성가중치벡터를 집중공격시와 동일하게 부여했을 때는 마찬가지 홍군은 방어적인 성향을 가지게 되며, 청군은 공격적인 성향을 가지게 되지만 최초 부대배치시 부대크기를 30×30으로 입력함으로써 단위부대별 분산공격이 되도록 하였다. 그리고 양측부대 모두에게 오인사격 범위를 5, 오인사격 확률을 0.001, 복원기간을 10단위시간을 부여하였다. <표 3>은 이며, <그림 14>은 EINSTein모형의 모의과정이고, <그림 15>는 전투력 변화 상태를 도식화한 것이다.

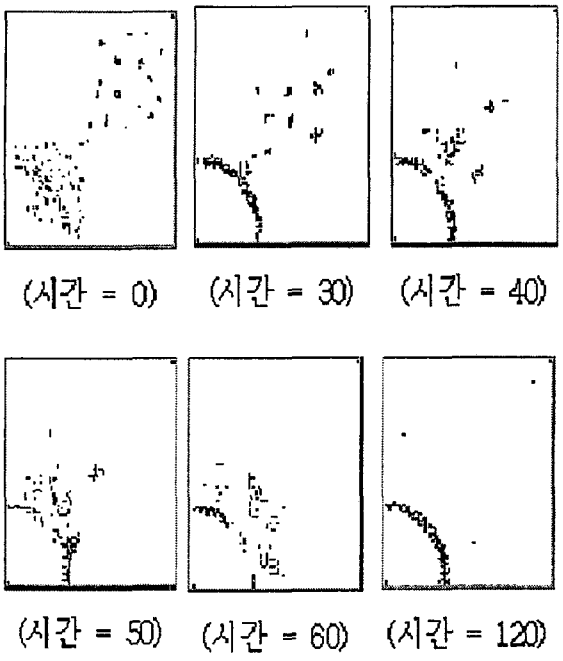
<표 3> Lanchester 자승법칙과 EINSTein모형의 모의결과(분산공격)

자승법칙			EINSTein 모 형											
시간	홍군(R)	청군(B)	시간	배치외 기타 요소 미적용		활동 범위 적용		오인 사격 적용		복원 적용		모든 특성치 적용	
				홍군	청군	홍군	청군	홍군	청군	홍군	청군	홍군	청군
2	95.4	40.2	36	98	49	98	47	99	45	99	47	99	47
4	91.9	30.8	42	94	43	97	35	94	31	98	37	94	31
6	89.3	21.8	48	82	30	92	19	92	19	94	25	91	23
8	87.5	12.9	54	77	25	90	12	90	14	93	15	89	14
10	86.7	4.27	60	70	10	90	7	88	8	93	7	87	6
11	**86.6**	**0**	63	**61**	**5**	**90**	**4**	**88**	**3**	**93**	**3**	**86**	**5**

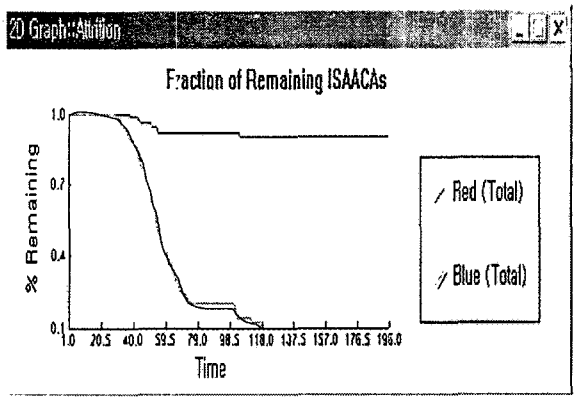
Lanchester 자승법칙과 EINSTein모형에 최초 전투력규모와 손실률을 동일하게 입력하고 EINSTein모형의 기타 특성치를 다르게 입력한 결과, <표 3>에서 보는 것과 같이 특성치에 따른 최종 전투력 수준의 차이가 집중공격에 비해 적음을 알 수 있다. Lanchester 자승법칙의 경우의 최종 Lanchester 자승법칙과 EINSTein모형의 모의결과다. 즉, 양측부대 ISAACA들의 특성가중치벡터는 집중공격시와 동일하게 적용하고 단지 최초 부대배치시 청군(B)의 부대크기를 30×30, 집단(cluster)한계 보조규칙을 8을 적용하여 분산공격을 묘사한 결과 Lanchester형 모형에 비해 방어부대인 홍군(R)의 전투력손실이 상대적으로 더 많이 발생하였다. 그 이유는 양측부대에게 동일한 손실률과 특성가중치벡터를 적용한 반면 홍군은 일정한 간격의 지역방어를 하고 청군은 팀단위로 홍군 방어전선 전지역에 대해 분산 공격함으로써 홍군의 피해를 가중시켰기 때문이며 청군 역시 거의 전멸하였다.

ISAACA의 활동범위를 적용했을 때 최종 모의결과는 $R_e=90, B_e=4$로 나타났으며, 이는 방어부대인 홍군(R)의 탐지범위($r_S=5$) 및 사격범위($r_F=3$)가 공격부대인 청군(B)의 탐지범위($r_S=3$) 및 사격범위($r_F=2$)보다 우세함으로써 홍군의 사상자 수가 최초 배치만 적용했을 때보다 상대적으로 적게 발생했음을 알 수 있다. 양측부대 모두에게 오인사격 확률($P_f=0.001$)을 적용했을 때 최종 모의결과는 $R_e=88, B_e=3$으로 나타났으며 ISAACA의 활동범위만 적용했을 때와 비교해 볼 때 양측부대 모두 아군끼리의 오인사격으로 인해 홍군은 2, 청군은 1의 추가 전투력손실이 발생했음을 알 수 있다.

전투간 복원을 적용했을 때 최종 모의결과는 $R_e=93, B_e=3$으로 나타났는데 그 이유는 전투간 부상당한 ISAACA의 치료로 인한 전투력 향상의 효과로 볼 수 있으며 시간대별 전투력 변화상태를 관찰해 볼 때 청군의 전투력 손실이 급격하기 때문이다.



<그림 14> EINSTein 모형의 모의결과(분산공격)



<그림 15> EINSTein모형의 전투력 변화상태(분산공격)

ISAACA의 모든 특성치를 전부 적용했을 때 결과는 <표 3>과 <그림 15>에서 보는 것과 같이 $R_e=86$, $B_e=5$로 Lanchester형 모형의 모의결과과 거의 유사하게 나타났다. EINSTein모형의 모의과정을 살펴보았을 때 전투형태는 <그림 14>에서 보는 것과 같이 청군은 분산공격으로 인해 홍군의 방위망을 뚫지 못하고 완전히 전멸하였다. 이러한 결과를 보고 알 수 있는 것은 방어중인 적을 분석하여 적의 취약점에 전투력을 집중하지 않고 분산공격시 전투력 소모가 과도하게 발생할 뿐만 아니라 목표 탈취에도 실패할 수 있다는 좋은 실례를 보여준다.

4.3 비교분석 결과

Lanchester형 모형과 EINSTein모형을 비교해 본 결과는 다음과 같다. EINSTein모형의 특성치를 완전히 무시하고 Lanchester 자승법칙과 동일한 최초 부대규모와 손실률을 입력했을 때의 모의결과는 거의 유사함을 알 수 있었다. 그러나 EINSTein모형에서 양측부대의 최초배치, 각 전투원들 (ISAACA)의 특성치, 활동범위, 오인사격, 복원 등의 기본요소들을 입력하였을 때는 다른 결과를 얻을 수가 있었다. 즉 최초 부대배치, 부대이동 등의 공간적 요소와 전투원들의 정성적 요소들이 부대손실에 지대한 영향을 미침을 알 수 있다.

결론적으로 란체스터 자승모형과의 비교분석 결과는 EINSTein모형이 란체스터 모형의 미비점을 보완하는 동시에 보다 효과적인 전투모의가 가능하다는 것을 입증하고 있다.

5. 결론

Lanchester형 모형의 문제점들이 공공연히 지적되기는 했었지만 이를 대신할만한 단순한 분석적 모형이 제시되지 않았기 때문에 Lanchester 모형은 대부분의 워게임 모형에 사용되어왔으나 1980년대에 들어 엡스테인 모형, 유전알고리즘을 이용한 재래전 모형들의 신뢰도 검정 및 전차전략 탐색, 세포자동자를 이용한 전투시뮬레이션 등 비 란체스터 모형에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔다.

본 연구에서 살펴보았듯이 지상전은 수많은 각개 구성요소들, 복잡한 전장환경, 전투원들의 인간요소 등으로 구성된 복잡적응시스템이다. 따라서 지상전은 복잡계이론을 적용하여 묘사가 가

능하며, 기존의 Lanchester 방정식의 제한점에서 탈피하여 전혀 새로운 시각에서 지상전을 모의할 수 있는 근거를 제공하였다.

본 연구에서 EINSTein모형을 적용하여 비교 분석 한 결과는 다음과 같다. 란체스터형 모델과 비교 분석해봄으로써 EINSTein 모형의 특성치를 완전히 무시하였을 때에는 Lanchester 모형의 결과와 아주 유사함을 알 수 있었다. 그러나 전투형태별 전투결과를 알아보기 위해 ISAACA의 특성치를 입력하였을 때는 다른 결과가 나타났다. 공간적 요소와 정성적 요소의 변화는 전투력손실에 지대한 영향을 준다는 사실을 알 수 있었다. 이 결과로 EINSTein모형의 지상전 적용은 란체스터 모형의 제한점을 보완함과 동시에 다양한 형태의 전투에 대한 모의 가능성을 알 수 있었다.

결론적으로 지상전은 복잡한 구성요소들로 구성된 비선형 상태이므로 기존 워게임 모델에 의한 실제 전투를 묘사는 많은 제한점들을 내포하고 있다. 그래서 이러한 제한점을 보완하는 동시에 보다 효과적인 전투양상의 분석을 위해서는 복잡계를 기초로 한 행위자 기반모델인 EINSTein모델에 대한 더 깊은 연구와 분석이 병행되어야 될 것으로 생각되어진다.

참고문헌

[1] 국방대학원, 군사운영분석의 이론과 실제, 1996, pp.221-265.

[2] 삼성경제연구소, 복잡성과학의 이해와 적용, 1997.

[3] 스티븐 레비, 인공생명, 사민서각, 1995.

[4] 장은성, 복잡성의 과학, 전파과학사, 1999.

[5] 한국국방연구원, 워게임 논리 연구, 1997, pp.20-30.

[6] 한국국방연구원, 워게임 모형 관리, 1997.

[7] 한국국방연구원, ISAAC 모형 도입 연구, 1998. pp.27-68

[8] Ilachinski, A., Land Warfare and Complexity, Part I: Mathematical Background and Technical Sourcebook, Center for Naval Analyses Information Manual CIM-461, July 1996. pp.7-140

[9] Ilachinski, A., Land Warfare and Complexity, Part II: An Assessment of the Applicability of Nonlinear Dynamics and Complex Systems Theory to the Study of Land Warfare, Center for Naval Analyses Research Memorandum CRM-68, July 1996, pp.44-119

[10] Ilachinski, A., Irreducible Semi-Autonomous Adaptive Combat (ISAAC): An Artificial-Life Approach to Land Combat, Center for Naval Analyses, Alexandria, August 1997. pp. 1-50

[11] Ilachinski, A., Enhanced ISAAC Neural Simulation Toolkit : An Artificial-Life Laboratory for Exploring self-Organized Emergence in Land combat Alexandria, Center for Naval Analyses, Alexandria, May 1999. pp.7-118

[12] Taylor, J. G., Lanchester Models of Warfare, Vol.1, Naval Postgraduate School, Monterey, 1983. pp. 52-102

● 저자소개 ●

이태원

1989 육군사관학교 이학사

1999 국방대학원 OR 석사

관심 분야: 시뮬레이션

강성진

1977 육군사관학교, 이학사

1983 미해군대학원, OR/SA 석사

1988 Texas A&M Unix, 산업공학 박사

경력 국방부 전력계획관실 중기계획담당, 국대원부설 안보문제연구소 군사문제연구실 교수, 안보문제연구소 국방과학문제 연구실장, 안보문제연구소 연구조정관, 미해군대학원 교환교수

1989~현재 국방대학원 교수

1997~현재 국방대학원 교학처장

관심분야: 비용 대 효과 분석, 시뮬레이션, Optimization