

위게임모델간 근접전투 피해평가 모의논리 일치에 관한 연구 : 제병협동통합연동체계를 중심으로

(The Study on Consistency of Simulation Logic about Close Combat
Damage Assessment among Constructive Models : Based on
Combined Arms Integrated Interoperability System)

문 호 석(Ho-Seok Moon)*, 김 형 세(Hyung-Se Kim)**, 황 명 상(Myung-Sang Hwang)***,
배 현 웅(Hyun-Wung Bae)****, * 이 동 근(Dong-Keun Lee)*****

초 록

본 논문에서는 앞으로 개발되어 전력화 예정인 제병협동통합연동체계에서 모델간 연동으로 인해서 발생가능한 문제점 중의 하나인 전투 피해평가 차이를 극복할 수 있는 근접전투 피해평가 전문가시스템을 제안하였다. 제병협동통합연동체계에서 서로 다른 모델에 속한 부대간 교전이 발생할 때에 피해평가 결과가 많은 차이를 보이고 있었는데, 이러한 피해평가의 차이는 제병협동통합연동체계의 신뢰성 문제와 직관되는 중요한 부분으로 반드시 해결되어야 할 부분이다. 이러한 문제점을 해결하고 신뢰할 만한 근접전투 피해평가를 위해 전문가시스템을 의사결정나무를 이용해서 제안하였다. 제안하는 전문가시스템은 실험 결과를 통해서 신뢰할 만한 결과를 보였고, 별도의 시스템으로 운용하지 않고 기존 모델에 모듈형식으로 탑재되기 때문에 시스템 측면에서 제병협동통합연동체계를 보다 단순화 시킬 수 있고 예산 절감의 효과를 기대할 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new close combat expert system to overcome the difference of combat damage assessments between combat units belong to their own model in Combined Arms Integrated Interoperability System(CAIIIS) which will be deployed in the early future. When it happens to engage in a battle among combat units belong to their own model in CAIIIS, the result of damage assessment is different severely. This is related to CAIIIS's confidence and need to be overcome. We propose the expert system for close combat damage assessment with a decision tree. Simulation results show that the proposed expert system is valid well. Because the proposed expert system is made not as an independent system but as an inner module type of CAIIIS, CAIIIS will be simpler system than we expect. And we will hope to reduce the cost of CAIIIS.

Keywords : Close Combat Expert System, Close Combat Damage Assessment, Decision Tree, Combined Arms Integrated Interoperability System

논문접수일 : 2011년 1월 25일 심사(수정)일 : 2011년 2월 24일 논문재확정일 : 2011년 3월 8일

* 육군 전투지휘훈련단 육군 중령(통계학 박사)

** 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정, 육군 전투지휘훈련단 육군 중령

*** (주) 심네트 차장

**** 육군사관학교 수학과 교수

***** 육군 전투지휘훈련단 육군 대령(운영분석 박사), 교신저자

1. 서론

우리나라에서 위게임 분야의 연구는 1980년대 부터 시작되었으나, 본격적으로 훈련분야에서 사용된 것은 1990년대 중반부터이다. 특히, 1995년에 육군의 군단훈련용으로 개발한 창조21모델은 한국군의 독자적인 위게임 훈련분야의 획기적인 시발점이 되었다. 그로부터 현재까지 육군에서는 창조21모델을 비롯하여 후방향토사단 전투지휘훈련용으로 개발된 화랑21모델 및 군수, 보급, 수송, 정비, 의무 분야의 훈련을 목적으로 개발된 전투군무지원모델 등 각종 훈련목적에 맞는 모델을 개발해 왔다.

육군뿐만 아니라 해군 및 공군에서도 각 군의 훈련 목적에 맞는 모델을 개발하여왔다. 각 군별로 다양한 훈련모델을 개발하여 군의 특성에 맞는 위게임 훈련을 해왔지만 육군 및 해군, 육군 및 공군, 육군 및 해공군 등 합동군 차원에서의 위게임 연습은 거의 이루어지지 않았다. 실 훈련에서는 합동군 차원의 연습을 강조하고 시행하고 있는 수준에 비추어 보았을 때에 위게임 분야에서 이를 따라가고 있지 못하는 실정이다.

합동군 차원에서의 위게임 훈련을 위해서 필요한 분야 중의 하나가 모델간 연동이다. 본 논문에서는 연동분야를 중점적으로 다루려는 것이 아니기 때문에 상세하게 다루지는 않지만, 이 연동에 관한 분야에 있어서 많은 연구가 미군에서는 진행되어 왔고, 한국군도 현재 따라가고 있는 실정이나, 현실적으로 많이 뒤쳐져 있다. 위게임 훈련에서 연동분야의 최종목표는 LVC연동일 것이다[8]. 즉, Live(실제), Virtual(가상), Constructive(구성) 수준의 모델들이 연동되어 위게임 훈련을 하는 것이 최종목표일 것이다. 그러나, 현재 한국 육군 위게임 연동기술 수준은 2011년 말에 개발 완료될 예정인 제병협동통합연동체계(이하 제병체계)라고 하여 육군 군단급 전투지휘훈련모델인 창조21 모델(구성모델), 후방향토사단 전투지휘훈련모델

인 화랑21모델(구성모델), 전투군무지원모델(구성모델)을 연동하는 C-C(Constructive-Constructive)수준이다.

현재 한국군의 연동수준을 볼 때에 많은 발전이 필요로 하는 현실가운데 연동 시에 발생하게 될 문제점 중의 하나인 연동 대상 모델간의 피해평가 분야의 차이점에 대해서 미리 연구하고 유사한 피해평가 모의논리를 정립하는 것은 중요한 일 중의 하나라고 여겨진다. 연동 시에 피해평가는 피해평가 대상부대가 속한 모델의 피해평가 논리를 일반적으로 따른다. 이때의 가정은 서로 피해평가 모의논리가 유사하다는 가정이 전제되어 있다. 다시 말해서 제병체계에서 근접전투 피해평가는 창조21모델 소속 부대는 창조21모델의 근접전투 피해평가 모의논리와 결과를, 화랑21모델 소속 부대는 화랑21모델의 근접전투피해평가 모의논리와 결과를 따른다.

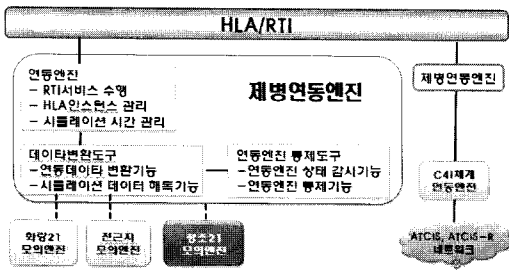
본 논문에서는 육군에서 연동기술을 이용하여 개발중인 제병체계에서 서로 다른 모델에 소속된 부대간의 근접전투 피해평가의 동일여부 확인 및 만약 차이가 난다면 얼마나 나는 지에 대한 연구와 동일한 피해평가모의논리를 위한 방안을 의사결정나무를 이용하여 제시하고자 한다.

본 논문은 2장에서 제병체계에 대해서 3장에서 제병체계에서의 근접전투 피해평가가 상의한 것에 대해서 다루고, 4장에서 제안하는 근접전투 피해평가 방법을, 5장과 6장에서 실험결과와 결론을 맺는다.

2. 제병체계에서 근접전투 피해평가

<그림 1>은 제병체계의 대략적인 모습으로 크게 보면 위게임 훈련모델로 운용되고 있는 모델들(창조21, 화랑21, 전투군무지원모델)과 지휘통제체계들(ATCIS, ATCIS-R1)을 하나의 연동엔진에 연동시킨다고 할 수 있다[4]. 이 때에 근접전투는 위게임훈련 모델인 창조21과 화랑21모델에서 이루어진다. 근접전투간 피해평가에 대한 기본 모

의논리는 피해평가를 계산하고자 하는 부대가 소속된 모델의 모의논리를 따른다. 그러므로, 창조21모델과 화랑21모델의 근접전투 피해평가가 유사한 지를 알기 위해서는 두 모델의 모의논리가 어떠한 지를 알아야 한다.



<그림 1> 제병협동통합연동체계

2.1 창조21모델의 근접전투 피해평가

창조21모델에서 교전이 발생하였을 경우 피격 부대에 대한 전투평가(또는 피해평가)는 식 (1)에 따라 평가된다[6].

$$\text{피해평가} = \frac{\text{기본손실률} \times \text{감소요소} \times \text{사격가담률} \times \text{취약성승수}}{\text{사격가담률} \times \text{취약성승수}} \quad (1)$$

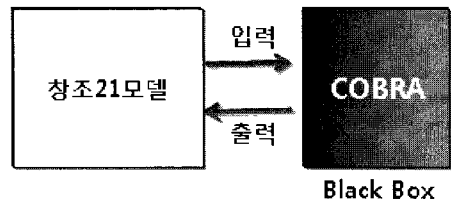
식 (1)의 4가지 요소에 대한 설명은 <표 1>에 설명되어 있다. 식 (1)에서 ‘사격가담률승수와 취약성승수’는 창조21모델에서 계산되지 않고, 미군에서 제작한 근접전투 전문가시스템(일명 COBRA²⁾)에서 <그림 2>와 같이 별도로 평가되고 있다. 즉, 창조21모델에서는 <그림 2>에서와 같이 근접전투 피해평가를 위해서는 추가적인 시스템(COBRA)이 필요하다[1, 2].

2.2 화랑21모델의 근접전투 피해평가

화랑21모델에서도 교전이 발생하였을 경우 피

<표 1> 피해평가 항목들에 대한 설명

구분	내용
기본 손실률	화기별로 표적에 대해서 기본적으로 적용하는 손실률로 화기별 대상표적별로 다른 값을 갖는다. 직사화기로 사격할 때는 단발사격 살상률로 계산하고, 곡사화기로 사격할 때는 랜체스터 손실계수를 적용한다.
감소 요소	전장 상황에서 연막, 진지점령여부, 야간 요소 등 사격에 의한 피해를 감소시키는 요소들을 반영한다. 감소요소가 많으면 전투피해가 적게 발생한다.
사격 가담률	사격부대(타격부대)의 제병협동능력과 표적획득능력을 고려하여 계산한다. 제병협동능력과 표적획득능력이 우수할수록 사격가담률승수값은 커지게 된다.
취약성 승수	피격부대의 은폐 및 엄폐 정도와 전술적 기동성을 고려하여 계산된다. 은폐 및 엄폐가 양호하고, 전술적 기동성 ³⁾ 이 양호할수록 취약성승수값은 적어지게 된다.



<그림 2> 근접전투 피해평가 과정

격부대에 대한 전투평가(또는 피해평가)는 창조21모델과 같이 식 (1)에 따라 평가된다[7]. 다만, 화랑21모델은 창조21모델과 다르게 COBRA라는 별도의 전문가시스템을 운용하지 않고 화랑21모델 자체적으로 COBRA_LITE라는 COBRA를 대체하는 방법을 이용하여 ‘사격가담률승수와 취약성승수’를 계산한다.

이와 같이 두 모델에서의 근접전투피해평가 시에 수식은 동일하지만, 사격가담률승수와 취약성승수 값의 계산이 다르다.

1) ATCS는 육군의 전방부대 지휘통제체계를 ATCS-R은 육군의 후방부대(향토사단 등) 지휘통제체계를 가리킨다.

2) Combat Outcome Based on Rules for Attrition

3) 전술적 기동성은 피격부대가 사격부대로부터 사격을 받고 있는 중에 기동할 수 있는 능력을 말한다.

3. 제병체계에서 근접전투 피해평가 차이점 분석

3.1 사격가담률승수와 취약성승수가 피해평가에 미치는 영향

식 (1)에서 다른 조건이 동일할 경우에 사격가담률승수와 취약성승수에 따라서 피해평가가 어떻게 달라지는 가는 사격가담률승수값과 취약성승수값의 곱으로 표현할 수 있다. COBRA의 경우에 반영되는 값을 정리해보면 <표 2>와 같다. <표 2>에서 행은 사격가담률승수가 가지는 값을 나타낸 것이고, <표 2>에서 열은 취약성승수가 가지는 값을 나타낸 것이다. <표 2>의 전체 값은 이론 상으로 나올 수 있는 값이나, 실험 자료를 통해서 결과 값을 조사한 결과로 사격가담률승수와 취약성승수가 가질 수 있는 값들은 <표 2>의 음영부분이었다.

<표 2>의 값들중 음영부분의 값들을 요약해보면 <표 3>과 같다. <표 3>의 요약값을 이용해서 피해평가에 반영되는 상대적인 값을 비교해보면 최대값(0.54) / 최소값(0.02)은 27배, 평균값(0.122)

<표 2> 사격가담률승수값과 취약성승수값의 곱

취약성 사격가담률	0.6	0.46	0.34	0.34	0.23	0.15	0.15	0.11	0.04
0.9	0.54	0.414	0.306	0.306	0.207	0.135	0.135	0.099	0.036
0.7	0.42	0.322	0.238	0.238	0.161	0.105	0.105	0.077	0.028
0.5	0.3	0.23	0.17	0.17	0.115	0.075	0.075	0.055	0.02
0.8	0.48	0.368	0.272	0.272	0.184	0.12	0.12	0.088	0.032
0.6	0.36	0.276	0.204	0.204	0.138	0.09	0.09	0.066	0.024
0.4	0.24	0.184	0.136	0.136	0.092	0.06	0.06	0.044	0.016
0.7	0.42	0.322	0.238	0.238	0.161	0.105	0.105	0.077	0.028
0.5	0.3	0.23	0.17	0.17	0.115	0.075	0.075	0.055	0.02
0.3	0.18	0.138	0.102	0.102	0.069	0.045	0.045	0.033	0.012

<표 3> 요약값

구 분	최소값	평균값	최대값
값	0.02	0.122	0.54

/ 최소값(0.02)은 6.1배로 사격가담률과 취약성승수에 따라서 피해평가에 많은 영향을 주고 있다. 이는 다른 조건이 동일한 경우에 두 값이 잘못 계산되면 최대로는 27배의 피해차이가 발생할 수 있다는 것을 의미한다. 즉, 1대 파괴될 전차가 27대 파괴될 수도 있다는 것이므로 사용자에게는 심각한 문제가 될 수 있다. 그만큼 사격가담률과 취약성승수를 평가하는 일이 피해평가에 있어 아주 중요함을 알 수 있다.

3.2 COBRA와 COBRA_LITE 비교

COBRA와 COBRA_LITE에 입력되는 값들과 출력되는 값들은 <표 4>와 <표 5>에 정리되어 있다. COBRA와 COBRA_LITE는 취약성승수와 사격가담률승수를 출력해주는데 취약성승수는 은폐/엄폐(3개의 범주값) 그리고 전술적 기동성(3개의 범주값)의 두 값으로 계산된다.

<표 4> COBRA와 COBRA_LITE의 입력변수들

평가(피격) 부대 : 41개 항목	사격 부대 : 22개 항목
부대형태, 방어진지 수준, 시간/기온, 지원사격실시 여부, 주/야 여부, 심리전 취약성, 기동부대 여부, 식량/유류 고갈여부, 제대규모, 교전 지속 시간, 소대상당수, 간접사격 피제압 정도, 보병/기갑 혼합 비율, 부대이동속도, 부대의 승하차여부, 부대전투태세, 현 전투력 수준, 연막차장여부, 부대전개여부, 지형 상태/도시화정도 등	부대명, 방어진지 점령 여부, 피격부대의 위치, 적의 사격하이동 여부, 하차보병 비율, 전투 교전거리, 피/야 부대간 교전거리 등

<표 5> COBRA와 COBRA_LITE의 출력변수들

구 분	자료 형태
은폐/엄폐	범주형 (양호, 보통, 불량) 자료
전술적 기동성	범주형 (양호, 보통, 불량) 자료
사격 가담률	범주형 (아홉개 값) 또는 연속형 자료

COBRA와 COBRA_LITE의 유사도를 평가하기 위해서 전투피해평가로 입력되는 값들을 동일하게 입력한 가운데, COBRA와 COBRA_LITE의 출력값들을 이용하여 정분류율을 계산하고, T검정을 실시하였다.

실험은 동일한 부대와 동일한 환경조건하에서 169번의 교전평가를 COBRA와 COBRA_LITE로 동시에 실시하였다. 1번의 교전평가에는 약 10분이 소요된다.

〈표 6〉 은폐/엄폐 및 전술적 기동성, 사격가담률에 대한 COBRA_LITE 정분류율

구 분	정분류	오분류	정분류율
은폐 / 엄폐	49개	120개	27.22%
전술적 기동성	60개	109개	35.50%
사격가담률	13개	156개	7.69%

〈표 7〉 사격가담률에 대한 T검정 결과

구 분	T값	자유도	P값
사격가담률	34.49	332	9.05×10^{-112}

〈표 6〉은 은폐/엄폐와 전술적 기동성에 대해서 COBRA결과를 기준으로 COBRA_LITE 결과값이 다른 것에 대한 정분류율을 계산한 결과이다(은폐/엄폐와 전술적 기동성, 그리고 사격가담률까지 범주형 자료값으로 보고 정분류율로 평가하였다). 세 가지 결과값 모두 정분류된 결과가 아주 낮음을 알 수 있었다. 또, 〈표 7〉은 COBRA결과와 COBRA_LITE결과 가운데 결과값을 연속형 값으로 볼 수 있는 사격가담률에 대한 두 집단의 평균 비교(T검정) 결과이다. 사격가담률에 대한 결과가 유의수준 0.05보다 아주 작은 값으로 COBRA와 COBRA_LITE의 결과인 사격가담률이 평균적으로 아주 많이 다름을 보여주고 있다[5].

이러한 결과값을 볼 때에 COBRA와 COBRA_LITE의 피해평가가 유사하다고 보기는 어렵고 다

르다고 할 수 있다. 과연 얼마나 차이가 있는지를 실험 자료를 비교해보면 〈표 8〉과 같다. 〈표 8〉은 〈표 6〉의 실험자료를 이용하여 피해평가 수식의 요소인 사격가담률과 취약성승수값의 곱에 대한 평균값이 COBRA와 COBRA_LITE가 얼마인지를 보여주고 있다. 〈표 8〉에서 보듯이 COBRA_LITE가 약 9배 정도로 피해평가가 더 낮게 나온다. 예를 들어, 동일한 전장환경에서 창조21모델의 청군부대와 화랑21모델의 홍군부대가 근접전투를 하게 된다면, 창조21모델의 청군부대가 화랑21모델의 홍군부대보다 9배가량 피해를 더 받게 된다. 이는 위계임을 실시하는 사용자에게는 이해할 수 없는 피해평가라고 여겨질 수 있다.

〈표 8〉 COBRA와 COBRA_LITE의 평균 차이

구 분	COBRA	COBRA_LITE	차이
사격가담률과 취약성승수 곱	0.4348	0.0479	9.08배

4. 제안하는 근접전투 전문가시스템

앞에서 피해평가 모의논리와 실험을 통해서 COBRA와 COBRA_LITE의 피해평가가 많은 차이를 보이고 있음을 확인하였다. 두 가지를 동시에 사용하여 근접전투를 할 수 없기 때문에 한 가지를 선택하여야 하는데, 여기에도 문제가 있다. COBRA를 공통으로 사용하기에는 화랑21모델에 COBRA를 구입하여 시스템을 추가로 늘려야 하는 문제(예산 및 시스템 추가)가 있다. 다른 한 방법으로 COBRA_LITE로 통일시키는 방법이 있으나, 최초에 COBRA_LITE가 COBRA를 대신하기 위해 만든 것인데 유사하지 않기 때문에 COBRA_LITE로 통일시키기에는 타당하지 않다고 할 수 있다. 따라서, COBRA가 전장상황을 제대로 평가하고 있다는 가정하에 COBRA를 대신할 수 있는 새로운 전장평가방법에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 근접전투피해평가중 ‘사

격가담률승수와 취약성승수'를 평가할 수 있는 새로운 방법을 의사결정나무를 이용해서 제안하고자 한다. 이것을 현재 창조21모델이나 화랑21모델, 그리고 재병체계에 사용하게 된다면 피해평가의 일관성을 보장할 수 있을 것이다.

4.1 의사결정나무 소개

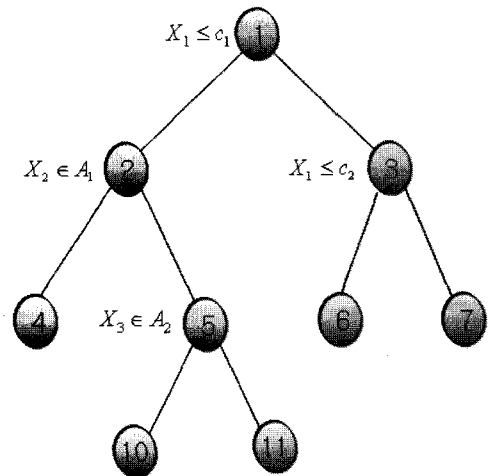
의사결정나무는 의사결정규칙을 도표화하여 관심 대상이 되는 집단을 몇 개의 소집단으로 분류(classification), 예측(prediction), 세분화(segmentation)를 수행하는 분석방법이다. 이 방법은 분석 과정이 나무구조에 의해서 표현되기 때문에, 분류 또는 예측을 목적으로 하는 다른 방법들에 비해 연구자가 분석과정을 쉽게 이해할 수 있고 설명할 수 있는 장점을 가지고 있다[3, 9, 10]. <그림 3>은 일반적인 나무구조의 예를 보여주고 있다.

<그림 3>에서 원들은 노드(node)를 나타내며, 원안의 번호는 노드 번호를 가리킨다. 나무구조내의 노드에는 최상위의 노드(1번)를 뿌리(root)노드, 나무 종단에 있는 노드들(4, 6, 7, 10, 11번)인 종단(terminal)노드, 뿌리노드와 종단노드 중간에 있는 중간(intermediate)노드들(2, 3, 5번)이 있다. 그림 1에서 1번 노드는 연속형 설명변수 X_1 이 c_1 보다 작거나 같을 경우는 왼쪽의 2번 노드로 그 반대의 경우는 3번 노드로 나누어진다. 이 때 1번 노드를 부모(parent)노드라고 하며, 2번 노드를 왼쪽 자식(left child)노드, 3번 노드를 오른쪽 자식(right child)노드라고 한다.

4.1.1 분류규칙

나무구조를 형성하는데 있어서, 분류변수 X_1 과 분류점(집합) c_1 을 결정하는 것이 중요한데 이를 분류규칙이라고 한다. 분류규칙에 따라 분류변수와 분류집합이 결정되는 것이다. 일반적으로 설명변수 X_1 과 분류점 c_1 은 부모노드의 불순도(impurity)

에서 자식노드들의 불순도의 합을 뺀 값을 최대로 할 때의 분류변수와 분류집합이 된다[9].



<그림 3> 의사결정나무 구조의 예

4.1.2 나무모형의 크기 결정

나무를 어느 정도 크기로 성장시킬 것인지를 결정하는 부분도 나무모형을 구축하는데 있어서 중요한 부분이다. 이에는 정지규칙과 가지치기 방법 등이 있다.

정지규칙이란 사용자가 미리 지정한 조건에 해당될 때에 나무의 성장을 정지시키는 방법이다. 예를 들어 노드내의 개체수가 너무 적거나, 불순도의 변화량이 미리 정한 임의의 값보다 작거나, 또는 나무의 깊이가 미리 정한 깊이에 도달했을 경우 등에 나무모형의 성장을 멈추는 방법이다. 정지규칙은 나무모형의 크기가 사용자 주관에 따라 결정됨으로 인해서 나무모형이 과대적합 또는 과소적합될 가능성이 아주 높다. 또한 나중에 나타날 수 있는 유의한 분류를 찾지 못할 수도 있다.

가지치기란 나무모형을 크게 만든 다음에 불필요 가지들을 제거하여 최적의 나무모형을 구축하는 방법으로 Breiman 등이 제안한 비용-복잡성 가지치기(cost-complexity pruning) 방법이 대표적이다[9]. 이 방법은 우선 나무모형을 최대한 크

게 만든 후, 이를 이용해 부나무(subtree)를 선택하고, 선택된 부나무에 교차검정법(cross-validation)을 이용하여 적절한 크기의 나무를 최종 선택하는 방법이다.

4.2 다양한 전장상황이 반영된 실험 자료 획득

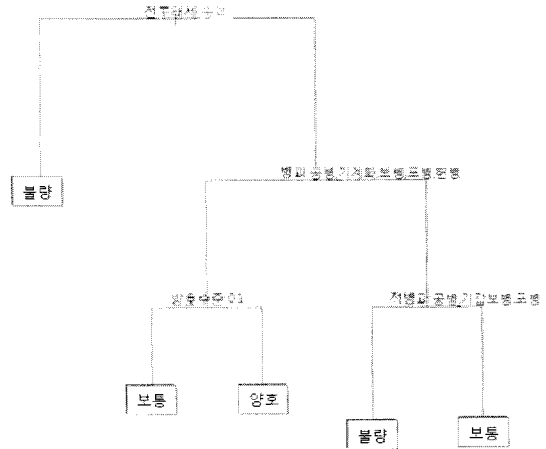
본 논문에서는 실험 자료로 육군의 다양한 군단의 특성을 반영하고자 산악중심의 3군단, 비교적 평야 중심의 6군단, 산악과 평야를 동시에 갖고 있는 5군단 그리고 기동군단인 7군단의 전투 지휘훈련 결과 자료를 이용하였다. 이를 통해서 우리나라의 다양한 전장상황을 제안하는 모델에 반영하였다. 또한, 각 군단별로 실험 자료 중 지역적(산악, 평지, 구릉)으로, 주간 및 야간하, 청군 및 대항군(일대 일, 일대 다, 다대 다, 소대이상부터 대대 이하급 제대 규모)의 구성, 화생방보호태세, 전투태세(공격, 방어, 기동, 철수, 접적이동 등), 병과(보병, 포병, 공병, 헌병, 특수전부대, 기타) 등 입력 및 출력요소가 다양한 값들을 가질 수 있는 전장상황이 실험자료(자료 크기 : 4,825 개)에 반영되었다. 1개 교전평가는 전투부대간의 10분간 전투결과이다.

4.3 근접전투평가를 위한 의사결정나무 구축 결과

4.2절의 의사결정나무 방법을 이용하여 은폐/엄폐와 전술적기동성 그리고 사격가담률 세 가지에 대한 근접전투 피해평가를 위한 전문가시스템을 아래와 같이 개발하였다.

4.3.1 은폐/엄폐 분야

<그림 4>는 은폐/엄폐에 대한 의사결정나무로 은폐/엄폐의 상태를 결정함에 있어서 전투태세가 가장 중요한 변수로 고려되었다. 첫 번째 분류에



<그림 4> 은폐/엄폐 의사결정나무

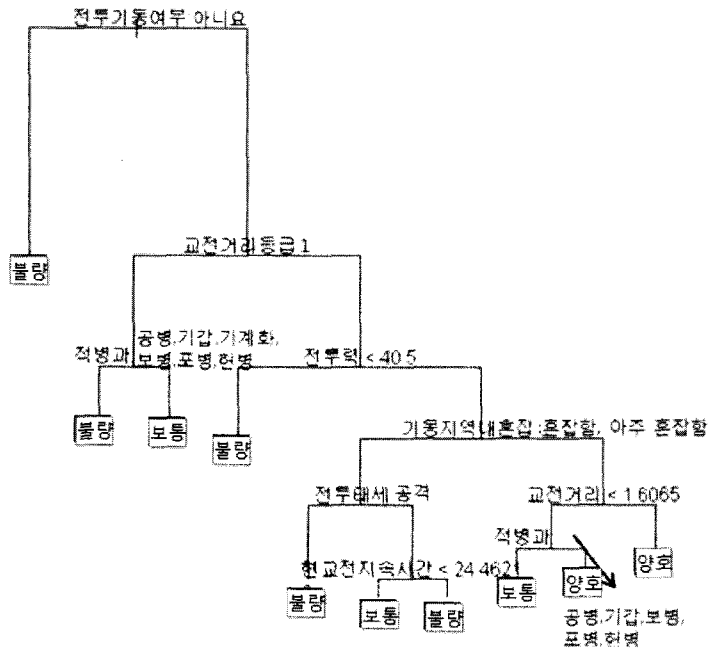
서 피격부대의 전투태세가 ‘공격’이면 왼쪽의 가지로 분류되어 은폐/엄폐는 불량으로 나오게 되는데, 이는 피격부대가 ‘공격’할 시에 은폐/엄폐가 불량하게 되는 일반적인 상황을 아주 잘 반영한 것이라 할 수 있다. 또한, 첫 번째 변수인 전투태세가 ‘공격’이 아닌 경우에 일부 병과의 경우 방호수준이 ‘2’수준 이상이면 은폐/엄폐가 양호한데 이 또한 전장상황을 제안하는 방법이 잘 반영하고 있음을 보여주고 있는 것이다.

4.3.2 전술적 기동성 분야

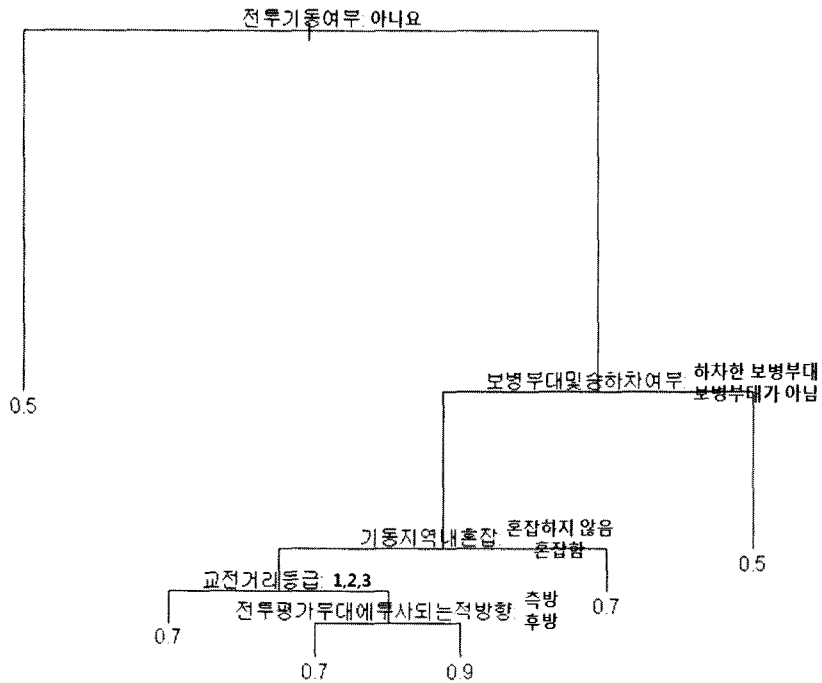
전술적 기동성에 대한 의사결정나무 구축 결과는 <그림 5>와 같다. 구축결과 전투기동여부가 첫 번째 분류변수로 선택되었는데 피격부대가 ‘전투기동중’이 아니면 전술적기동성은 불량으로 나온다. 전술적 기동성의 나머지 가지들도 각각이 전장상황을 반영하고 있음을 알 수 있다.

4.3.3 사격가담률 분야

<그림 6>의 경우는 사격가담률에 대한 의사결정나무이다. 구축결과 전투기동여부가 ‘아니요’일 경우는 사격부대의 사격가담률이 낮게 나온다. 사



〈그림 5〉 전술적 기동성 의사결정나무



〈그림 6〉 사격가담률 의사결정나무

격가담률의 나머지 가지들도 각각이 전장상황을 반영하고 있음을 알 수 있다.

제안하는 의사결정나무를 이용한 근접전투전문가시스템은 R 프로그램을 이용하여 실험하였고,

C++을 이용해서 창조21모델 및 화랑21모델에서 구현하였다[11].

5. 실험 결과

4장에서 제안한 의사결정나무를 이용한 근접전투 피해평가를 위한 제안하는 방법이 얼마나 피해평가를 제대로 하고 있는 지에 대해서 전투 실험 자료를 이용해서 이번 장에서 검증한다. 전투 실험자료는 4장에서 설명했던 자료이다.

제안하는 방법을 이용하여 실험 자료에 대한 정분류율을 계산한 결과가 <표 9>와 <표 10>에 나타나있다. <표 10>은 제안하는 방법에서 세 가지 결과에 대한 개별 정분류율을 실험한 것으로 은폐/엄폐의 경우는 정분류율이 95.92%이고, 전술적 기동성은 88.97%, 그리고 사격가담률을 3개의 범주로 보았을 때에 정분류율이 96.87%이다. 또한, <표 10>은 출력값에 대한 동시 평가 시의 정분류율을 평가한 결과이다. <표 10>에서 은폐/엄폐와 전술적기동성의 값들을 동시에 평가하였을 때에 두 값 모두 정분류될 비율은 86.13%이었다. 그리고 은폐/엄폐와 전술적 기동성 그리고 사격가담률의 세 값들을 동시에 모두 정분류될 비율은 84.29%이다. 이

<표 9> 출력값에 대한 개별 정분류율 평가 결과

구 분	정분류	오분류	정분류율
은폐 / 엄폐	4,628개	197개	95.92%
전술적 기동성	4,293개	532개	88.97%
사격 가담률	4,674개	151개	96.87%

<표 10> 출력값에 대한 동시 평가 정분류율 평가 결과

구 분	정분류	오분류	정분류율
은폐/엄폐 및 전술적 기동성 동시 평가	4156개	669개	86.13%
은폐/엄폐, 전술적 기동성, 사격가담율 동시 평가	4067개	758개	84.29%

같은 결과는 3장에서 다루었던 COBRA와 COBRA_LITE의 실험 결과와는 비교할 수 없을 정도로 제안하는 시스템이 COBRA와 유사하다는 것을 증명해 주고 있다.

<표 11> 제안하는 전문가시스템의 취약성승수에 대한 T검정 결과

구 분	T값	자유도	P값
사격가담률	0.7253	9648	0.4683

COBRA와 제안하는 의사결정나무를 이용한 전문가시스템의 유사성 정도를 확률적으로 분석하기 위해서 T검정을 실시하였다. <표 11>은 T검정 결과를 보여주고 있는데, P값을 보면 사격가담률에 대한 결과 유의수준 0.05보다 큰 값으로 이는 두 시스템이 유의수준 0.05에서 평균적으로 동일한 시스템임을 보여주고 있다.

<표 12>는 지금까지의 실험자료를 이용하여 피해평가 수식의 요소인 사격가담률과 취약성승수값의 곱의 평균값이 COBRA와 제안하는 방법에서 각각 얼마인가를 보여주고 있다. <표 12>에서 보듯이 COBRA와 제안하는 방법간의 평균값 차이는 거의 없는 것으로 볼 수 있다. 이는 동일한 전장환경에서 창조21모델의 청군부대와 화랑21모델의 홍군부대가 근접전투를 하게 되어도 피해평가가 유사하게 나온다는 것을 증명해 주고 있는 것으로 아주 의미있는 결과이다.

<표 12> COBRA와 제안하는 방법의 결과값 평균 비교

구 분	COBRA	제안하는 방법	차이
사격가담률과 취약성승수 곱	0.2246	0.2317	0.97배

6. 결론

제병협동통합연동체계는 창조21모델, 화랑21모델, 전투근무지원 모델간 연동기능을 구현하고,

전·후방 지상전술 C4I 체계와 분산 환경에서 모델의 모의상황을 실시간 제공함으로써 실질적인 군·사단 전투지휘훈련 효과를 달성할 수 있도록 추진되는 사업으로 한국 육군에서는 최초로 연동 개념을 적용한 위게임 훈련체계이다.

본 논문에서는 앞으로 개발되어 전력화 예정인 제병협동통합연동체계에서 모델간 연동으로 인해서 발생가능한 문제점 중의 하나인 전투 피해평가 분야에 대해서 다루었다. 즉, 창조21모델에 속한 부대와 화랑21모델에 속한 부대 간에 교전이 발생할 때에 예상되는 피해평가의 차이점을 확인하였고, 피해평가 결과가 많은 차이를 보이고 있음을 실험을 통해서 증명하였다. 이러한 차이는 동일한 피해평가 수식에 인자로 들어가는 값들이 서로 다르게 평가되기 때문이다. 이러한 두 모델간의 전투 피해평가의 차이는 제병협동통합연동체계의 신뢰성 문제와 직관되는 중요한 부분으로 반드시 해결되어야 할 부분이다.

이러한 문제점을 해결하고 신뢰할 만한 취약성 승수와 사격가담률을 평가하기 위한 전문가시스템을 의사결정나무를 이용해서 본 논문에서 제안하였다. 본 논문에서 제안한 전문가시스템이 기여하는 바는 다음과 같다. 첫째, 전투실험을 통해서 제안하는 전문가시스템이 신뢰할 만한 결과를 보였다. 제안하는 전문가시스템의 신뢰성 평가를 위해서 다양한 부대(산악중심, 평지중심, 기동중심 부대 등)와 전장상황 하에서 전투실험을 위해서 자료를 획득하였다. 둘째, 제안하는 전문가시스템으로 인해서 훈련모델의 시스템이 단순화 되었다. 기존의 창조21모델에서는 취약성승수와 사격가담률을 평가하기 위해서 주 서버이외에 별도의 장비(PC급 컴퓨터)를 네트워크로 연결하여야 했는데, 제안하는 전문가시스템은 훈련 모델 서버에 모듈 형식으로 탑재되었다. 셋째, 제안하는 전문가시스템을 근접전투 피해평가에 이용한다면 추가장비(PC급 컴퓨터)와 저작권료(라이선스)를 지불할 필요가 없고, 근접전투 피해평가를 위해 별도의

운용요원이 필요 없게 된다.

향후에 연동분야에서 발생할 수 있는 문제점 등이 근접전투 피해평가 이외에도 많이 있을 수 있는데 제병협동통합연동체계가 전력화되기 전에 많은 연구를 통해서 개발할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 김형세, 문호석, 이동근, 황명상, 김영국, 의사결정나무를 이용한 근접전투전문가시스템, 한국 국방경영분석학회지, pp.52-56, 2010.
- [2] 문세봉, 전문가시스템 시험평가 전략 및 계획 연구, 석사학위논문, 국방대학교, pp.36-43, 1999.
- [3] 문호석, Decision tree for repeated binary data, 박사학위논문, 고려대학교, pp.3-7, 2010.
- [4] 방위사업청, 제병협동통합연동체계 운용개념 기술서, 2009.
- [5] 배현웅, 문호석, R과 함께하는 통계학, 교우사, 서울, pp.313-325, 2009.
- [6] 육군교육사령부 (2008a), 창조21모델 '08 모의논리분석서(교육참고 25-14), 육군인쇄창, 대전, pp.5/1-5/55, 2008.
- [7] 육군교육사령부, 화랑21모델 '08 모의논리분석서(교육참고 25-14), 육군인쇄창, 대전, pp.5/1-5/55, 2008.
- [8] 최상영, 국방 모델링 및 시뮬레이션, 국방대학교, 서울, pp.4-10, 2007.
- [9] 최종후, 한상태, 강현철, 김은석, 김미경, 이성건, SAS E-Miner 4.0을 이용한 데이터 마이닝, 자유아카데미, 서울, pp.14-31, 2001.
- [10] Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A. and Stone, C. J., Classification and Regression Trees, Chapman and Hall, New York, pp. 85-98, 1984.
- [11] Rizzo, M. L., Statistical computing with R, Chapman and Hall, New York, pp.319-349, 2008.

저자 소개

문 호 석(bawooi@korea.ac.kr)

- 1994 육군사관학교 화학과 졸업(학사)
- 2003고려대학교 전자공학 졸업(석사)
- 2006고려대학교 산업공학 졸업(공학박사)
- 2010고려대학교 통계학과 졸업(통계학박사)
- 현재육군 전투지휘훈련단 전투모의처 논리개발장교
- 관심분야데이터마이닝, 모델링&시뮬레이션, 이미지프로세싱

김 형 세(kjk9311@yahoo.co.kr)

- 1993경북대학교 전자공학 졸업(석사)
- 1993국방대학교 무기체계공학 졸업(석사)
- 현재육군 전투지휘훈련단 전투모의처 전투모의과장
- 현재충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 관심분야모델링&시뮬레이션, 실시간시스템

황 명 상(hwangms1@simmet.co.kr)

- 2000배재대학교 정보통신공학 졸업(학사)
- 2002배재대학교 정보통신공학 졸업(석사)
- 현재(주) 심네트 프로그램 개발부 차장
- 관심분야모델링&시뮬레이션

배 현 웅(hbae5544@hanmail.net)

- 1976육군사관학교 졸업(이학사)
- 1981고려대학교 통계학과 졸업(통계학석사)
- 1988미 아이오아대 통계학과 졸업(통계학박사)
- 현재육군사관학교 수학과 교수
- 관심분야실험계획, 분산분석, 다차원 척도법

이 동 근(dklee@mmaa.or.kr)

- 1982육군사관학교 기계공학 졸업(학사)
- 1991미해군대학원 운영분석 졸업(석사)
- 1996미위스컨신대 산업공학 졸업(공학박사)
- 현재육군 전투지휘훈련단 전투모의처장
- 관심분야모델링&시뮬레이션, 스케줄링