

미래 사단 지휘소 체계에 대한 M&S 연구* (The Study on M&S for the Future Army Division Command Center)

김성숙, 곽상만**

I. 서 론

향후 미래 사단은 디지털 기반 체제로 개편될 것이다. 디지털을 기반으로 한 전투장비, 통신장비, 컴퓨터 등의 도입은 미래의 전장상황의 변화뿐만 아니라 군 구조 및 조직체계의 변화까지 요구하고 있는 실정이다.

본 연구는 이러한 변화 요청에 부응할 수 있는 적합한 조직 구조의 편성에 대한 모형화(modeling)와 시뮬레이션(simulation)에 관한 연구이다.

이러한 연구의 필요성은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 장비나 물류와 같은 하드웨어(hardware) 측면에서의 시뮬레이션은 많이 이루어지고 있으나, 조직 체계에 대한 시뮬레이션은 전무한 실정이며, 특히 조직 설계나 체계의 구성은 현실 세계에서 임의적으로 구성되고 해체하는 등의 실험이 사실상 불가능하므로, 조직 편성이 완료되기 전에 미리 문제점을 진단하고 이를 보완하여 보다 효율적이고 문제 해결 능력이 충분한 조직을 설계할 필요가 있다.

둘째, 디지털 기반의 미래 사단의 전장 상황에 대한 기존의 경험이나 자료가 부족하기 때문에, 이를 가상세계에서 모델링하여 실험해 볼 필요가 있다. 기존의 경험은 인간의 제한된 합리성(bounded rationality)과 선형적(linear) 사고에 의존하므로 그 한계가 존재한다. 또한, 조직 문제 해결 및 임무완수를 수행하기 위하여 필요한 첩보 및 정보의 존재시점에서부터 의사결정까지

* 본 내용은 '02년도 한국국방경영분석학회 추계학술대회 발표내용을 정리한 것임.

** 육군대학 김성숙, 곽상만(미MIT 공대 연구원)

존재하는 시간적 지연(time delay) 문제를 충분히 고려하기도 어렵다. 인간의 경험과 사고에 대한 체계적 사고(system thinking)을 통해서 현상에 대한 보다 명확한 분석이 필요하며, 이를 시뮬레이션 해봄으로써 실제의 손실 없이 여러 상황을 조작해 봄으로써 가상현실에서의 조직 설계에 대한 직관(insight)를 얻을 수 있다.

미래 사단 지휘소의 정보처리 조직의 적합성은 많은 첩보 사항을 수집하여 이를 신뢰도가 높은 정보로 가공 산출하여, 빠른 결심과 행동을 할 수 있도록 하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 사단 지휘소가 얼마나 많은 첩보와 정보를 수집하여 이를 신뢰도 높은 정보로 가공하는가의 문제는 장비의 성능, 담당인원의 수, 또 각 임무자의 업무 수행능력이 상호 영향을 주는 관계를 가지며, 이를 고려하여 모델링을 실시하여야 한다.

이를 위하여 본 연구에서는 사단 지휘소에서 특히 정보 처리를 담당하는 조직에 대한 모델링과 시뮬레이션을 실시하였다. 이를 모델링하고 시뮬레이션하기 위하여 본 연구에서는 시스템 다이내믹스(System Dynamics)를 이용하여 구현하고자 한다.

II. 시스템 다이내믹스

1. 시스템 다이내믹스(System Dynamics)의 개요

시스템 다이내믹스(System Dynamics)란 주어진 문제 또는 예상되는 문제(A set of Problems)에 대하여 그와 직접 또는 간접적으로 관련된 변수들로 구성된 시스템을 정의하고, 변수들 간의 관계를 정량적으로 연구하여 컴퓨터 모델화한 후, 일련의 시뮬레이션을 통하여 시스템의 동적 특성을 밝혀내어 문제해결에 도움이 되도록 하는 기법이다.

시스템 다이내믹스 기술은 1960년대 초 미국의 MIT 경영대학의 포리스트(Jay W. Forrester) 교수에 의해서 개발된 기술로, 비선형(Non-Linear) 순환고리(Feedback)를 갖고 있는 복잡한 시스템의 동적(Dynamic)인 변화를 정량적으로 분석할 수 있는 기술이다. 그는 그 당시 경영학적으로 가장 큰 규모인 미국 군대내의 물자관리에 적용하기 위해 생산관리, 재고관리 및 고용관리 등의 불안정성(Instability) 등을 전체적으로 관리할 수 있는 모델을 개발하여 처음으로 이 기술을 사용하였다.

그러나, 시스템 다이내믹스 기술이 다루는 문제가 매우 복잡한 데 반하여, 프로그램 기법은 기존의 코딩(Coding)에 의존하는 방식을 탈피하지 못하였기 때문에 그 응용에 있어서 초창기에는 제한이 많았다. 시스템 다이내믹스가 다시 각광을 받기 시작한 것은 1980년대 중반으로 시스템의 구조를 그림으로 구현하고 바로 프로그램으로 연결하는 방법이 고안되면서이다.

시스템 다이내믹스는 분석하려고 하는 문제의 영향관계를 중심으로 모델 개발이 이루어진다. 시스템 다이내믹스는 학문적으로 문제의 역학적인 패턴(pattern)을 알아보기 위하여 사용되기도 하지만, 실제 현실 문제를 분석하고 이들의 상호관계를 살펴보기 위하여 사용된다.

2. 시스템 다이내믹스에서의 모델링 표현

시스템 다이내믹스를 이용하여 정의된 문제를 표현하는 방법은 크게 두 가지의 표현 방법이 있다. 하나는 Causal Loop Diagram(이하 CLD)이며 다른 하나는 Stock and Flow Diagram(이하 SFD)이다.

CLD는 시스템의 이해를 위한 의사소통 도구로 주로 활용되는데, 시스템을 구성하는 요소들의 상호 인과관계를 묘사하고 이를 바탕으로 시스템 구성원들과 의사소통을 실시한다. 인자들간의 영향관계를 표시하기 위하여 화살표(→)를 사용하게 되는데, A → B 라는 표현은 A라는 요인이 B에 영향을 미친다는 표현이다. 이들의 관계는 정(正)적으로 영향을 미칠 수 있거나, 부(否)적으로 영향을 미칠 수 있는데 정적으로 영향을 미칠 때에는 화살표 끝에 플러스(+) 표시를 부적으로 영향을 미칠 때에는 마이너스(-)를 표시한다 [그림 1 참조].



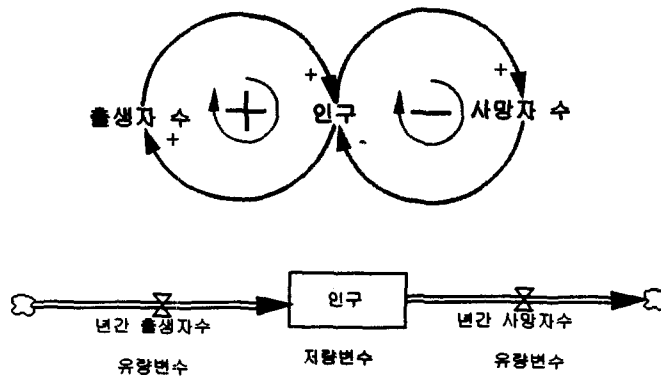
[그림 1] 시스템다이내믹스에서의 인과관계지도의 표시

이러한 영향관계는 하나의 고리(loop)를 형성하게 되는데 크게 강화고리(Reinforcing loop)와 균형고리(balancing loop)의 두 종류가 있다. 강화고리는 영향관계가 있는 변수들 간의 관계가 정의 관계를 가진 루프로써 한 변수가 증가하면 다른 변수들도 계속 증가하거나 혹은 한 변수가 감소하면 계속 감소하는(이른바 악순환) 형태를 갖는 고리이다. 반면에 균형고리는 부의 관계가 존재하여 시스템의 강화를 제약하는 고리이다.

SFD는 변수들간의 영향관계를 계량화하기 위한 단계이며 여기에는 저장 변수(level)와 유량변수(rate) 및 수식을 위한 보조변수 상수 등이 사용된다. 저장변수는 Stock이라고도 불리우며, 유입(inflows)과 유출(outflows)에 의해서 변화하는데, 이는 행위의 결과로 저장된 변수이다, 이에 반하여 유량변수는 저장변수의 값을 변화시키는 역할을 한다. 이 밖에 변화율 변수의 계산식을 단순화시키기 위하여 사용되는 보조 변수가 있다.

저장변수는 용기의 물과 같은 성질의 변수로서 시간에 따라 누적되는 성질을 가지고 있으며, 누적되는 성질로 인하여 시간적 지연이 발생하기도 한다. 유량변수는 저장변수의 증감을 가져오게 하는 변수로서, 수량의 유입과 유출과 같은 성질의 변수이다. 변수의 선정 후 변수가 유량변수인가 저장변수인가를 구분하여 모델을 시작한다.

[그림 2]는 인구 시스템에 대한 간단한 CLD와 이를 정량적으로 표현한 SFD를 나타낸 예이다. [그림 2]의 상단의 그림은 인구는 출생자수에 의해서 증가하고 인구가 많으면 출생자 수도 증가하며 반면에 사망자 수가 많으면 인구도 줄어드는 관계를 표시한 것이다. 아래의 그림은 이를 정량적으로 표현하기 위한 그림이다.



[그림 2] 인구 모델에 대한 시스템 다이내믹스의 CLD와 SFD의 표시

3. 시스템 다이내믹스 기법에 활용되는 컴퓨터 언어

시스템다이내믹스는 비선형 시스템에 대한 동적 현상을 CLD 및 SFD로 분석한다는 것은 이미 전술한 바와 같다. 그것을 구현하는 도구로는 어떠한 컴퓨터 언어를 사용하건 관계가 없다. 따라서, 기존의 일반 언어(포트란, 코볼 등)를 사용한 예부터, Spread Sheet, 또한 최근의 각종 소프트웨어까지

다양하다. 그러나, 시스템 다이내믹스 전문가들은 전통적으로 그 동안 다음과 같은 언어를 사용해 왔고 사용하고 있다.

(1) 다이나모(DYNAMO): 초창기의 시스템 다이내믹스용 컴퓨터 언어로 일반 종이에 Causal Loop Diagram 및 Stock Flow Diagram을 작성하고 그것을 Coding하는 방법이다.

(2) 아이싱크(ithink, 또는 Stella): 1985년 경에 등장한 소프트웨어로 일반 종이를 사용하여 Causal Loop Diagram을 작성한 다음, Stock Flow Diagram은 ithink라는 컴퓨터 소프트웨어를 사용하고, Coding은 그림에서 직접하도록 되어 있다.

(3) 파워심(PowerSim): 아이싱크와 거의 같은 시기에 등장하였고 아이싱크와 같이 일반 종이를 사용하여 Causal Loop Diagram을 작성한 다음, StockFlow Diagram은 PowerSim라는 컴퓨터 소프트웨어를 사용하고, Coding은 그림에서 직접하도록 되어 있다.

(4) 벤심(Vensim): 1990년 경에 소개되기 시작하였고, Causal Loop Diagram 및 Stock Flow Diagram은 모두 벤심(Vensim)이라는 컴퓨터 소프트웨어를 사용할 수 있으며, Coding도 그림에서 직접 할 수 있다.

그 외에도 Causal Tracing, Optimization Tool, Monte Carlo Simulation, Interface Programming 등 다양한 기능이 추가되어 있다.

본 연구에서는 Vensim 4.0 DSS 버전을 이용하여 모델링을 실시하였다.

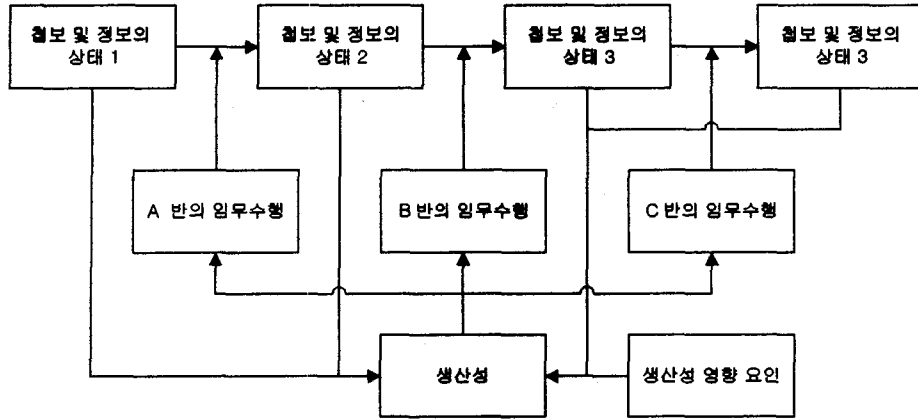
Ⅲ. 사례 : 미래 사단지휘소 정보처리체계에 대한 M&S

1. 모델의 구성

미래 사단 지휘소에 대한 M&S 모델은 크게 3부분으로 구성 된다.

이를 간단한 도식으로 나타낸 것이 [그림 3]이다.

첫째, 정보 처리 임무의 직접적인 원인이 되는 정보 및 첩보의 발생 및 이의 정보의 가공상태이다. 정보 및 첩보의 발생은 처리 수단 및 전송 수단에 의해서 정보처리조직에 도착한다. 정보량의 발생은 대체적으로 조직내에서 관리하거나 통제할 수 없는 외생변수의 성격을 갖는다. 정보 및 첩보의 종류로는 기상, 지형 및 적상태에 대한 정보 등에 대한 주기성 및 발생률을 모델에 반영한다.



[그림 3] 모델의 주요 구성요소와 그 관계

둘째, 개인별 임무와 관련된 부분이다. 도착된 첩보 및 가공된 정보 등은 각 반에 업무를 발생하게 한다. 업무를 처리하기 위해서 각종 장비 및 인력이 투입되게 되는데 임무자의 생산성이 업무 처리율 및 다음 과정의 업무 발생률에 영향을 미치게 된다.

마지막으로 업무 처리의 생산성과 관련된 부분이다. 업무의 생산성은 유량 개념인 업무의 처리율에 영향을 미치는데 순차적 업무의 경우 선행 단계의 업무 처리율을 다음 단계 업무 발생율과 동일하므로 생산성이 업무의 발생과 처리에 영향을 미친다. 생산성은 여러 요인에 의해서 영향을 받는데, 조직 내부에서 발생하는 업무량이나 환경적 요인 등에 의해서 영향을 받으며, 생산성과 관련된 요인에 대해서 모델링을 실시한다.

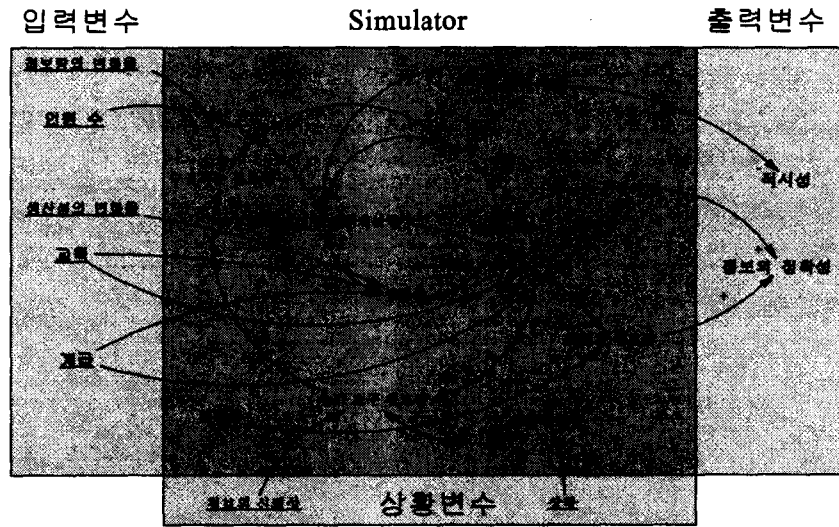
이렇게 구분된 영역은 서로 독립적으로 움직이는 것이 아니라 상호 영향을 주는 관계를 갖는다. 즉 첩보 및 정보의 상태는 각 반의 업무 수행에 의해서 처리된 양과 미처리된 양이 결정되며, 각 반의 처리율은 생산성에 의해서 결정된다. 생산성은 여러 요인에 의해서 영향을 받기도 하지만 업무 부하량에 의해서도 영향을 받으므로 삼자가 시간에 따라서 상호 영향을 받는다.

2. CLD와 SFD의 설계

미래 사단의 정보 처리 조직을 모델링하기에 앞서 가공되는 첩보의 종류와 이를 처리하는 조직의 분류, 정보의 취득원, 지형 및 기상정보 등을 분류하여 모델에 반영하였다.

시스템 다이내믹스를 이용하여 현실세계를 모델링하여 시뮬레이터를 개발

할 경우에는 전술한 바와 같이 CLD와 SFD를 개발하며 [그림 4]와 [그림 5]는 각각 high level 수준에서의 CLD와 전투첩보 및 정보의 가공과 관련된 모델의 일부분에 대한 SFD이다.



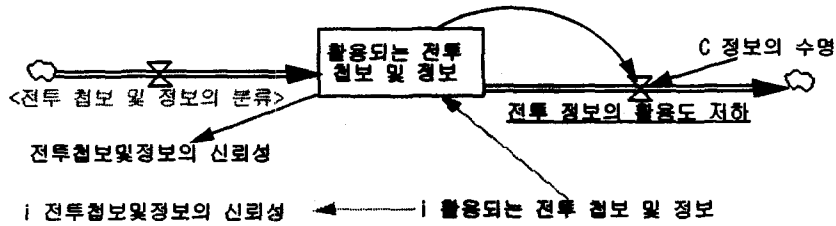
[그림 4] 미래 사단 지휘소 정보 처리 조직의 High level CLD

CLD와 SFD를 작성하기에 앞서, 우선 모델링하고자 하는 현상에 대한 시스템 경계를 설정하고, 시스템을 구성하는 요인과 관련된 변수를 설정하고 이를 다시 입력변수, 출력변수, 상황변수 및 변동변수를 설정하여 이에 대한 구조를 설계한다.

[그림 4]에서 볼 수 있듯이 모델의 내부에는 변동변수들이 피드백(feedback)을 형성한다. 업무량 부분을 간단히 설명하면 업무량은 업무처리를 통해서 줄어드는(-) 반면, 수집되는 첩보량에 의해 증가한다(+). 업무량은 사기에 영향을 주어 생산성에 영향을 미치게 되는데, 업무량은 생산성에 다시 영향을 미치게 되어 업무량은 생산성과 강화루프를 형성하게 된다. 즉 생산성이 높을 경우 업무량은 계속 줄어들게 되지만(선순환) 반대로 생산성이 낮을 경우에는 업무량은 계속 증가하게 된다(악순환).

이러한 CLD가 완료되면 이를 정량적으로 표현하게 된다. [그림 5]는 「활용되는 전투 첩보 및 정보」에 대한 신뢰성을 정량적으로 표현하기 위한 SFD이다. 「활용되는 전투 첩보 및 정보」는 수집된 전투 첩보에 의해서 증가하고, 전투 첩보 및 정보의 유효성에 의해서 감소하는 시간에 대한 적분인

Stock 성격의 변수이다. 시스템 다이NAMICS에서는 변수들간의 관계가 이러한 수식의 상호 연결을 통해서 이루어지며 Stock 변수에 대한 수식을 예로 들었다.

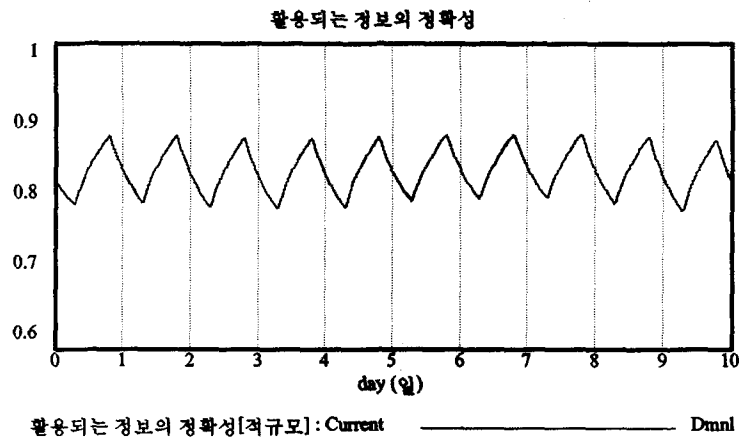


$$\text{활용되는 전투 첩보 및 정보}[x \text{ 군관련정보}, x \text{ quality}] = \text{INTEG}(\text{+ 전투 첩보 및 정보의 분류}[x \text{ 군관련정보}, x \text{ quality}] - \text{전투 정보의 활용도 저하}[x \text{ 군관련정보}, x \text{ quality}], \text{ i 활용되는 전투 첩보 및 정보}[x \text{ 군관련정보}, x \text{ quality}])$$

[그림 5] 모델에서의 SFD의 일부분

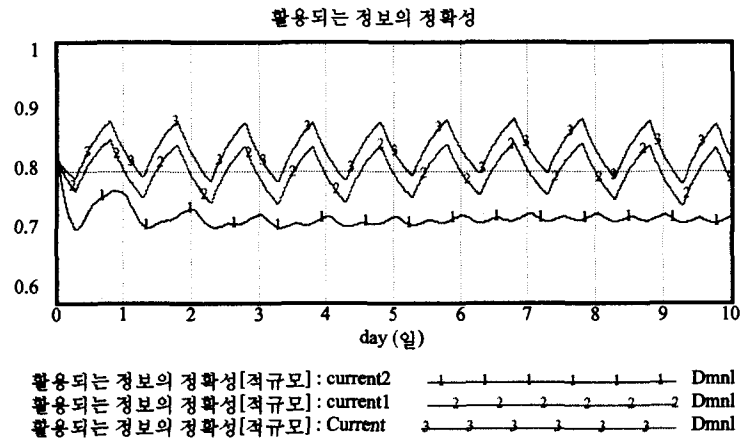
3. 모델의 시뮬레이션

모델의 시뮬레이션을 통해서 개별 변수들의 시간에 따른 변화, 각기 다른 입력변수 값에 대한 대안의 비교, 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo Simulations)을 실시할 수 있다.



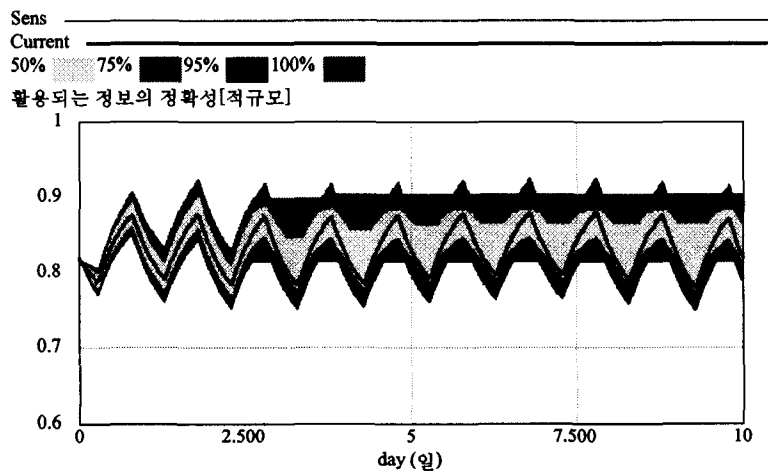
[그림 6] 모델의 시뮬레이션 결과

[그림 6]은 초기 변수값의 조작 없이 시뮬레이션을 실시하였을 때 예측되는 활용되는 정보의 정확성의 시간에 따른 변화에 대한 예이다. 정보의 정확성이 변화하는 원인에 대해서는 원인 추적(Causal tracing)을 하여 이러한 패턴이 나오게 되는 원인을 추적 및 분석할 수 있다.



[그림 7] 모델의 시뮬레이션 결과와 대안의 결과 비교

[그림 7]은 변수를 조작한 여러 대안 및 시나리오의 결과를 비교한 결과이다. [그림 7]에서는 정보량의 변화에 따라 정보의 정확성이 다르게 나타날 수 있음을 보여주는데 선 1의 경우는 정보 발생량이 기준값의 2.5배에 이르는 상황인데, 인원의 생산성에 대한 변화 없이 정보량만의 증가는 정보의 정확성을 높일 수 없음을 보여준다.



[그림 8] 모델의 몬테 카를로 시뮬레이션 결과

[그림 8]은 정보량의 변화에 대한 정보의 정확성의 변화 범위를 살펴볼 수 있는 몬테 카를로 시뮬레이션에 대한 결과이다. 정보량의 변화량은 기준값의 0.75배에서 1.25배로 uniform 분포로 200회 시뮬레이션을 실시한 값에 대한 정보 정확성의 분포량이다.

몬테카를로 시뮬레이션을 통해서 모델 변수의 영향의 정도 및 측정하려는 변수의 통계적 분포 값을 파악할 수 있다.

IV. 결론 및 향후 과제

미래 사단의 지휘통제 분야 특히 정보 처리 조직에 대한 M&S를 통해서 얻을 수 있는 효과는 다음의 몇 가지로 정리할 수 있다.

첫째, 조직 설계 및 미래 상황에 대한 전투실험 가능성을 확장하고 부대 조직의 설계틀 및 실험틀을 작성하였다는데 의의가 있다. 조직 및 인간 자신과 관련된 시스템에 대한 시뮬레이터를 개발할 수 있었다.

둘째, 완성된 시뮬레이터는 조직 내의 인원수 조정이나 정보량의 변화에 따른 정보의 신뢰성 등의 변수가 시간에 따라서 어떻게 변화하는가를 살펴볼 수 있게끔 도와줄 수 있다. 모델을 통해서 최종적으로 미래 사단 지휘소의 전체 인원의 적절성 및 임무별 인원의 적절성 파악 및 업무 처리 절차의 타당성 및 적실성, 지휘소 정보 처리 체계성을 예측하고 평가하는데 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

앞으로 이 분야의 모델을 확장하기 위해서는 다음과 같은 점이 점차 보완되어야 할 것이다. 첫째, 데이터의 수집 및 축적이다. 조직 및 인간과 관련된 시스템에 대한 시뮬레이터 개발에 대한 시도는 이를 구현할 수 있는 시스템의 메카니즘(mechanism) 파악의 어려움에도 기인하겠지만 이에 대한 측정 데이터(예를 들면 생산성)가 부족한 데에도 한 원인이 있다. 따라서 이 분야에 대한 데이터의 수집 및 측정이 지속적으로 이루어져야 할 필요가 있으며, 또한 모델 개발을 통해서 필요 데이터가 무엇인지를 살펴보는 것도 중요하다.

셋째, 의사결정에 대한 보다 일반적인 규칙 및 알고리즘을 개발할 필요가 있다. 정보의 가공과 이에 근거한 의사결정 및 행동은 개인의 특성이나 성격에 의해서 좌우되는 경우가 있다고는 하지만, 일반인들이 갖는 공통적인 행동규칙을 파악, 조사하여 알고리즘을 구성하면 이 분야에 대한 보다 일반적인 모델을 만들 수 있을 것이다.