

제1470호(13-27) 2013년 7월 8일

국방 M&S 기반 모의분석의 신뢰성 향상 방안

유호동 || 한국국방연구원 군사기획연구센터

군 구조, 교리 및 개념의 발전, 작전계획/방책의 수립 및 검증, 무기체계 소요 도출 및 검증 등의 업무 수행에 필요한 다양한 분석의 도구로서 M&S 체계(모델)의 사용 요구가 계속 증가하고 있다. 그러나 M&S가 현실에 대한 추상화라는 태생적 한계와 함께 여러 가지 제한사항들을 포함한다는 이유로, 모의 실험을 통한 분석결과에 대해 신뢰 또는 불신의 상반된 견해들이 존재하는 것이 사실이다. 그럼에도 불구하고 상당부분의 국방 분석업무가 M&S에 의존하고 있음을 고려할 때, 분석업무를 수행하는 사람들은 모의분석 결과의 신뢰성을 향상시키기 위한 노력을 더 기울여야 할 것이다. 이를 위해, 우선 분석결과를 사용해야 하는 사람들이 모의분석 결과에 대해 부정적인 견해를 피력하게 되는 이유가 무엇인지를 주의깊게 살펴보아야 한다. 또한 이러한 문제 유발 요인에 대한 이해를 바탕으로 이들을 극복할 수 있는 가능한 방안들을 강구하여야 할 것이다. 분석목적에 적합한 M&S 모델 선정, 신뢰성 있는 입력/표준 자료의 공유체계 발전, 분석결과 제공 시 설명내용 보강 등 다각적인 개선방향이 시행된다면 모의 분석 결과에 대해 보다 신뢰할 수 있는 여건이 마련될 것이다.

과 학적이고 합리적인 국방 의사결정 요구에 부응하고 국방환경에서의 여러 가지 현실적인 제약사항을 극복하기 위한 수단으로 국방 모

델링 및 시뮬레이션(M&S)이 널리 활용되고 있다. 특히 군 구조, 교리 및 개념의 발전, 작전계획/방책의 수립 및 검증, 무기체계 소요 도출 및 검증 등

의 업무 수행에 필요한 다양한 분석의 도구로서 M&S 모델의 사용 요구가 계속 증가하고 있다. 이와 같이 다양한 목적의 군사적 분석업무에 M&S 모델이 사용되고 있지만, 이들을 통한 분석결과에 신뢰성에 대해서는 상반되는 입장이 존재한다. 여러 가지의 가정하에 수행된 모의실험으로 도출된 분석결과에 대해 전제사항들을 고려하지 않고서 맹신하는 사람들이 있다. 반면, 현실과 거리가 멀다는 비판을 하면서 지나치게 불신하는 사람들도 있다. 경우에 따라서는 의도하는 목적에 상응하는 결과가 산출되었는지 여부에 따라 모의분석 결과를 신뢰하기도 하고 부정하기도 한다.

많은 노력의 투입에도 불구하고 모의분석 결과가 이렇게 일관성 없는 비판에 직면하는 이유는 무엇인가? 또한 이를 극복하기 위한 방안은 없는 것인가? 이들 질문에 대한 대답들을 찾아봄으로써 사용자(부서)들이 M&S를 통한 분석결과에 대해 전반적으로 긍정적인 평가를 할 수 있도록 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방안들을 살펴보고자 한다.

모의분석 결과에 대한 상반된 견해 발생 요인

M&S 모델 활용 모의분석에서 신뢰성 제한사항

‘모형’ 또는 ‘모델’을 간단히 정의하면 관심대상이 되는 현실세계의 일부분과 관련된 개체, 상태, 동작, 절차 등을 추상화하여 표현하는 일종의 가상세계라 할 수 있다. 여기서 언급되는 국방

M&S 모델은 실세계를 추상화하여 구현한 소프트웨어를 의미한다. 위의 간단한 모델 정의에서 알 수 있듯이 서로 다른 세계에서 표현에서 필연적으로 수반되는 추상화의 결과로 나타난 세계는 실제의 것과는 다른 것이라는 점을 내포한다. 또한 거의 모든 경우에 모델은 현실세계 전부가 아닌 특정 관심대상만을 추상화하게 된다. 결국 하나의 모델은 현실세계의 한정된 일부분만을 묘사하고 있다는 근본적인 한계를 갖는다.

이러한 한계에도 불구하고 분석목적에 꼭 맞도록 설계된 M&S 모델을 개발하고, 이를 사용한다면 모의분석 결과에 대한 공감대 형성은 상대적으로 용이할 것이다.¹⁾ 그러나 이것 또한 달성하기 매우 어렵다. 다양한 국방업무 분야에서 요구되는 모든 분석요구에 꼭 맞는 모델들을 사전에 모두 확보한다거나, 필요할 때마다 새롭게 개발한다는 것은 현실적으로 불가능하다. 이는 지속적으로 변화하는 미래의 국방 분석요구를 사전에 모두 알 수 없음은 물론 경제적, 시간적, 기술적인 제한사항들이 존재하기 때문이다.

따라서 필요할 경우 신규 모델 개발을 추진하기도 하지만, 기존에 확보된 가용한 모델들 중에 분석요구에 나름대로 답을 제공할 수 있을 만한 모델을 선택하여 사용하는 것이 현실이다. 보다 사실적으로는 타당한 분석모델 선정에 대해 심각한 고민이 선행되기 보다는 관례적, 선행적, 또는 모델사용의 친숙도 등의 이유로 분석모델을 선택하기도 한다. 이 경우, 일반적으로 분석 목적에 맞도록 가정사항을 추가하거나 입력자료 및 변수 등 실험 시나리오의 변경 등을 통해 모의실험을 진행하게

된다. 이러한 노력에도 불구하고 이들 요소들이 현실적으로 타당한 것인가에 대한 견해의 차이로 분석결과에 대해 사용자들이 상반된 입장을 피력할 수 있는 것이다.

통상적으로 모의실험을 통해 분석을 수행하는 과제의 결과를 제시할 때, 사용된 모델에 대한 개략적인 소개와 함께 가정사항, 입력자료 획득, 관련 매개변수 값 설정, 실험 시나리오 등을 함께 기술한다. 그러나 이는 관련 사실들을 단순히 제시하는 수준으로서, 각각이 **문제 해결을 위해 타당한 선택이었는지에 대해서는 설명이 부족한 경우가 많다**. 그에 따라 모의실험의 분석결과에 대해 상이한 해석들이 발생할 수 있는 여지를 제공하게 된다.

또한 현실세계의 복잡한 문제를 다루는 데에 특정 모델을 활용한 한번의(물리적으로는 여러 번 실행한다 하더라도) 실험을 통해 답을 찾고자 하는 경향도 도출된 분석결과에 대해 사용자들이 상반된 인식을 갖게 하는 이유가 될 수 있을 것이다.

상이한 해상도²⁾ 또는 관점³⁾의 모델 활용 간 신뢰성 제한사항

세상의 복잡한 문제를 하나의 관점에서 단일 깊이로 관찰하고자서 올바르게 이해하였다고 주장하는 것은 일반적인 동의를 얻기 어려울 것이다. M&S 모델 사용의 경우에도 마찬가지 일 것이다. 일반적으로 하나의 모델은 실세계의 특정 대상에 대해서 필요한 특징만을 추상화하여 구현하기 때문에, 이를 통해 해석할 수 있는 문제의 유형은 제한될

수밖에 없다. 결국 분석이 요구되는 **문제의 복잡성 여부에 따라 그 문제의 다양한 측면을 여러 수준의 깊이로 관찰할 수 있도록 상이한 해상도 또는 관점의 모델(들)을 함께 활용해야 하는 경우가 많다**.

그러나 서로 다른 해상도 또는 관점을 갖는 기존의 모델들을 연결⁴⁾할 때 많은 문제들에 직면하게 된다. 비록 두 모델이 처음에는 호환되는 것으로 보일지라도 그들을 실제로 비교하고 연관시키는 것은 상당히 어렵고 오류가 발생하기 쉽다는 것을 알 수 있다. 일부의 문제들은 기본적인 정의에 대한 이슈들(예; 한 모델에서 'title' 이란 변수가 부대의 명칭을 의미하는데 반해, 다른 모델에서는 무기체계의 명칭을 의미함)과 개념적 이슈들(예; 한 모델에서 언급하는 산악지형은 100km 전면에 대한 평균 지형을 나타내는데 반해, 다른 모델에서는 실제로 전투가 집중되는 상당한 산악 지형의 협곡에서 완만하게 기복이 있는 지형이 될 수도 있는 10-20km 전면에 대한 평균을 묘사함) 때문에 발생한다. 또한 넓은 범위의 값을 가질 수 있는 상세 변수들의 의미 있는 특성을 고려하지 않고 그들의 단순 평균값을 이용하여 다른 모델의 변수 값을 조정(calibration)한다거나, 확률적 특성을 갖는 현상들을 다루는데 결정형 집합(aggregate) 모델을 사용하고자 할 때에도 발생하게 된다.

현재 특정 문제에 대한 모의분석을 위해 이미 확보되어 있는 여러 모델을 함께 활용하는 경우가 있다. **대부분의 모델들은 일반적으로 다른 모델과의 연계 활용에 대한 심층적인 고려 없이 개발되었**

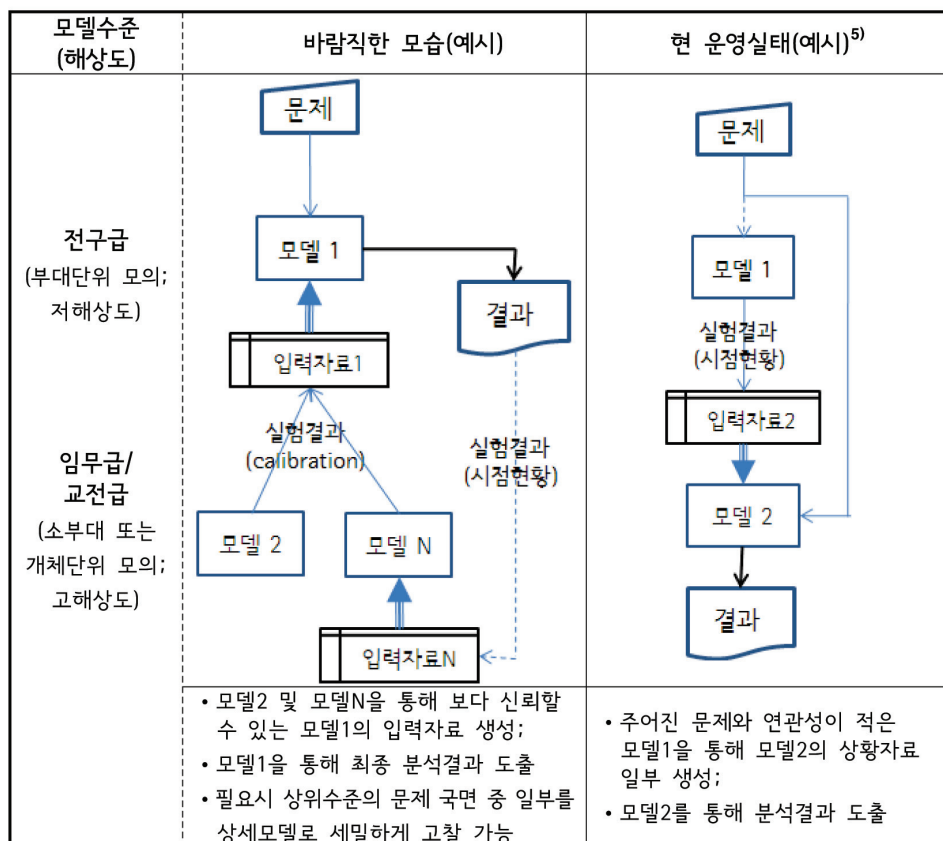
기 때문에, 이들을 함께 사용하고자 할 때 위에서 언급한 문제들이 발생하게 된다. 즉 여러 모델을 사용하는 경우, 각 모델의 모의결과를 비교하여 의미있게 상호 조정하기보다는, 실질적으로는 독립적인 모의 전장상황하에 운용된 각 모델의 결과를 임의로 연계하는 경우가 많다(〈그림〉 참조). 이 경우에 **각 모델의 운영결과를 어떻게 연계하였는지에 대한 합리적인 설명이 제시되지 않는다**면 **최종적인 모의분석 결과에 대해 의심을 불러일으키는 요인**이 될 수 있을 것이다.

모의분석 결과의 신뢰도 향상 방안

앞에서 기술한 여러 가지 현실적인 제한사항들에도 불구하고, 여타의 분석수단이 여의치 않은 상황에서 M&S는 매력적인 분석수단의 대안으로 활용되고 있다. 따라서 M&S를 통한 모의분석 결과의 신뢰성에 대한 공감대를 확보하고 이를 공식적인 의사결정의 근거로 활용할 수 있도록 하기 위해서 다음과 같은 노력들이 필요하다고 본다.

적절한 M&S 체계(모델) 선택

빠르게 증가하는 컴퓨팅 능력이 새로운 모델링 가능성들을 이끌어 내면서, 충실도⁶⁾(또는 정확도⁷⁾)가 높은 것이 항상 더 좋다는 생각이 일반화되었



〈그림〉 여러 모델을 활용한 모의분석 예시

다. 많은 사람들은 타당성이란 용어를 충실도 및 상세함이라는 용어와 거의 동의어로 취급하고 있다. 현대 관점에서 ‘타당성’은 실제로 ‘목적에 대한 적합성’을 의미하며, 여기서 목적은 모의실험을 통해 달성하고자 하는 분석의 목적을 나타낸다. 즉 **M&S 모델의 적합성의 척도를 전장 표현의 충실도가 아니라 실험 지원의 적절성에 맞추어야 한다는 것**을 의미한다. 따라서 모의실험 계획을 수립할 때는 어떤 수준의 충실도가 적절한지를 정의하여야 하며, 이에 적합한 M&S 모델을 선택해야 한다.

또한 **주어진 문제 해결을 위해 분석하고자 하는 국면을 적절하게 모의할 수 있는 모델인가를 고려**해야 한다. 모의분석 실험을 위한 문제 정의가 완료되기도 전에 단순히 ‘이러저러한 분야에서 사용하는 모의모델’이라는 사실만으로 사용할 모델을 미리 한정하는 것은 적절하지 않다. 모의실험을 통해 얻어야 하는 세부 과업이 식별된 이후에, 이에 가장 적합한 모델(또는 모델들)을 주의 깊게 선택하는 노력이 필요할 것이다. M&S 모델이 분석 목적에 부합하는지 여부를 판단하기 위해서는 분석하고자 하는 문제에 대한 명확한 정의를 바탕으로 주어진 모델의 모의논리를 이해하는 노력이 필요하다. 전체적인 모의논리를 이해하는 것이 최상이겠지만, 최소한 분석결과 산출에 직접 관련이 있는 주요 모의논리들을 이해해야 한다. 물론 이들이 필요로 하는 입력 자료의 확보 가능성도 함께 고려해야 할 것이다.

신뢰성 있는 입력/표준자료 공유체계 발전

선정된 M&S 모델이 분석목적에 적합하게 실세계를 적절히 묘사하고 있는 것으로 확인되었다면, **모의분석 결과의 신뢰성 확보를 위한 다른 하나의 필수요건은 신뢰할 수 있는 입력 자료를 사용할 수 있는지 여부**이다. 이를 위해 적절한 실험 시나리오 설정, 실세계를 반영하는 올바른 입력자료 확보 등이 필요하다. 또한 이들이 분석목적에 적합하다는 것을 사용부서에서 인정해 줄 수 있다면 분석결과에 대한 신뢰성은 더욱 높아질 것이다. 사용부서의 신뢰성을 확보하는 방안의 하나는 국방 M&S 표준자료체계에 저장되어 있는 자료들을 기초로 모델운동을 위한 1차 입력 자료를 준비하고, 모의모델 실행 이전에 사용부서가 최종적으로 이를 확인하고 보완하도록 하는 것이다. 다른 방안은 동일모델을 사용하는 군/기관 간에 입력자료를 공유하도록 하는 것인데, 상호 확인을 통해 자료의 정확성을 제고할 수 있음은 물론, 필요에 따라 각 군/기관이 동일한 입력자료를 활용하도록 유도함으로써 모의분석 결과의 일관성을 유지할 수 있을 것이다.

또한 **국방 M&S 표준자료체계의 활용범위를 더 확장시킬 필요**가 있다. 분석결과와 일관성 및 신뢰성 제고를 위해 분석목적에 따라 선택 활용이 가능한 승인된 작전(군사업무) 시나리오들을 구축하는 것도 필요하다. 모의분석이 승인된 작전(업무) 국면을 대상으로 수행되었다는 사실만으로도 분석결과를 활용하는 사용자들에게 신뢰감을 줄 수 있기 때문이다. 각 군/기관에서 수행한 다양한 모의분석 실험과 관련한 제반 자료 및 경험들을 공유할

수 있도록 하는 것도 중요하다. 이러한 경험 및 노하우의 축적과 공유를 통해 보다 신뢰성 있는 분석결과 도출에 필요한 아이디어를 얻을 수 있다. 또한 기존의 유사한 분석사례들에 대한 자료들을 재사용하여 새로운 모의분석 환경을 보다 적은 노력으로 신속하게 구축할 수 있을 것이다. 이는 우리 군의 모의분석 전문 인력 부족 해소와 분석결과 도출의 즉응성 향상에도 일정부분 기여할 수 있을 것이다.

모의분석 결과 제공 시 설명내용 보장

모의실험을 위해 설정된 여러 가정사항들에 대한 타당성 설명이 필요하다. 즉 제시된 가정사항이 모의분석 결과의 신뢰성에 어떠한 영향을 미치는지, 이러한 가정에도 불구하고 모의분석 결과의 타당성을 훼손하지는 않는지 등에 대한 설명이 필요하다. 모의실험을 위해 다양한 입력 값을 선정할 때 분석자가 임의로 결정한 사항들에 대해서도 위와 같은 설명이 전제되어야 한다. 또한 모의분석 결과를 제시할 때 일반적으로 포함하는 사용된 M&S 모델에 대한 특성 소개 부분도 보완되어야 한다. 모델의 일반적인 용도 및 특성을 설명하기 보다는 분석 과제와의 연관성 및 적합성 관점의 특징들을 소개하는 것이 모의분석 결과의 신뢰성 확보에 도움이 될 것이다. 또한 여러 모델을 사용하여 모의분석을 수행한 경우에는 분석결과와 타당성 관점에서 각 모델의 역할 및 이들 간의 관계 설정에 대해서 적절하게 설명해야 한다.

적절한 이야기(story) 작성·제공

군사적 모델들의 운용에서 실세계 개체들이 어떻게 동작되는지와 개체들 간의 일련의 논리적 관계들, 즉 추론의 근거가 되는 원인-효과 메커니즘을 설명해주는 적절한 이야기도 역시 중요하다. 그 이유는 첫째, 사용자에게 그 모델이 왜 그러한 결과를 도출하였는지, 왜 그러한 결과들이 특별한 경우에만 국한되지 않고 일반적으로 옳은 것인지를 설명할 필요가 있다. 사용자 또는 의사결정자들은 가장 바람직한 결과를 이끌어 낼 행동을 취하고자 하기 때문에 이야기에서 원인-효과 측면이 중요하다. 둘째, 모델의 외형적 타당성 확인이 필요하다. 모델의 합리성, 즉 타당한 입력들에 대해 타당한 결과들을 만들어낸다고 사용부서 업무전문가들을 설득하는 과정이다. 그들은 모델이 설득력 있는 이야기나 이론을 따르고 있는지를 확인하는 것 이외에는 그 모델이 타당하다는 것을 판정할 방법이 없을 것이다. 결론적으로 모델들과 그 모델을 기반으로 도출된 분석결과들은 검토할 수 있도록 이해 가능해야 하며, 이를 위해서는 신뢰할 수 있고 일관되며 통찰력이 있는 이야기들의 형태로 그것들을 설명할 필요가 있다.

상이한 해상도/관점의 조립가능한 모델 개발·활용

분석 목적에 최적인 M&S 모델(들)을 신속하게 확보하여 활용할 수 있다면 모의분석 결과에 대한 신뢰성을 높이는 데 크게 기여할 수 있을 것이다. 이를 위해 조립성⁸⁾을 갖는 상이한 해상도/관점의 다양한 컴포넌트 모델(소프트웨어)들을 구축하고,

분석목적에 따라 이들을 맞춤식으로 선택하여 조립할 수 있는 모델 아키텍처를 발전시킬 필요가 있다. 모델을 개발하기 전에 모든 요구사항들을 식별하고 이들을 구현하는 요소기능들을 프로그램에 직접 코딩하는 기존의 소프트웨어 개발방식으로는 미래의 다양한 분석요구에 적합한 M&S 모델을 개발하는 것은 불가능하기 때문이다.

그러나 실세계의 복잡한 문제를 해석하기 위해 각각의 관점 및 해상도를 갖는 여러 모델들을 함께 연계하여 사용하고자 한다면, 모의결과에 대한 일관성이 유지될 수 있도록 컴포넌트 모델들의 관계를 정확히 설정할 수 있어야 한다. 통합 모델들은 관심 국면을 다른 해상도(상세도)로 살펴보고자 할 때 인식 및 예측의 일관성을 가져야 한다. 즉 하나의 시스템을 살펴보기 위해 한 해상도에서 다른 해상도로 이동하는 경우, 고해상도 및 저해상도 변수들의 관계를 쉽게 이해할 수 있어야 하며, 일관성 있는 예측을 산출하여야 한다. 모델들이 함께 설계된 것이 아니라면 이것을 달성하는 것은 대단히 어렵다. 따라서 **모델들 간에 상호 조정이 수행될 수 있도록 구문(문법), 의미, 모의환경, 가정, 타당성 측면에서의 일관성을 고려한 통합적 설계를 바탕으로 각 요소 모델들을 구현하여야 할 것이다.**

맺는 말

본고에서는 국방 M&S 전문가 또는 모의분석 전문가 입장에서 모의분석 결과의 신뢰성 향상을 위해 고려할 수 있는 개선방안들을 살펴보았다. 그러나 **모의분석 실험 준비, 실행, 결과해석 과정에서는 물론 각 개선방안을 시행하는 과정에서 분석 결과의 활용부서(업무전문가)와의 긴밀한 협조가 무엇보다 중요하다.** 모의분석은 M&S 기술 관점의 과학(Science)과 모델링 및 시뮬레이션 운영상의 예술(Art) 측면이 조화롭게 이루어져야 한다. 여러 종류의 악기들이 조화를 이루어 멋진 음악을 만들어내는 오케스트라와 같이 기술, 분석, 작전(업무) 분야 전문가들의 조화로운 노력이 기울여진다면 국방 M&S 기반의 분석 결과에 대한 신뢰가 상당히 향상될 수 있을 것이다. 이를 통해서 국방 분석 업무에서 M&S를 보다 신뢰성 있는 분석도구로 인식할 수 있게 되기를 기대해 본다.

- 1) 물론 분석의 수단으로 사용하기 전에 이 모델이 요구대로 적절히 구현되었는지, 관심대상이 되는 현실세계를 타당성 있게 묘사하고 있는지에 대한 검증 및 확인 과정이 필요할 것이다.
- 2) 해상도(resolution) : 시스템 구성요소들과 그들의 행위가 묘사되는 상세수준; 일반적으로 국방 M&S 모델들은 전구급, 임무급, 교전급, 공학급으로 구분되며, 대략 저해상도 ↔ 고해상도 개념에 대응하는 것으로 본다.
- 3) 관점(perspective or view) : 모델에서 중요하게 다루는 실세계의 관심 측면을 의미하며, 예로서 전력운용 관점의 모델, 자원소요 관점의 모델 등을 생각할 수 있다.
- 4) 모델의 연결은 2개의 독립적인 소프트웨어가 논리적으로 결합(연동)되는 것을 의미할 수도 있으나, 분석모델들 간의 연결은 일반적으로 각 모델을 통한 모의분석(실험) 결과를 적절히 연계시키는 것으로 해석한다.
- 5) 수도권 방공능력 모의분석의 한 예로서, 합동작전분석모델인 JICM 모의를 통해 수도권에 위협이 되는 적 항공기 대수를 산출하고, 그 대수를 상황변수로 입력하여 방공작전분석모델인 EADSIM을 독립적으로 실행함으로써 최종적으로 수도권의 방공능력을 산출한다. 이때 각 모델이 사용하는 전장상황(기상환경, 전력배치 등)이 상이하다는 점을 고려할 때 각각의 분석결과를 단순히 연계시키는 것은 문제가 될 수 있다.
- 6) 충실도(fidelity) : 한 모델 또는 시뮬레이션이 실세계 객체의 상태 및 행위(동작), 또는 실세계 객체, 특징, 조건 또는 선택된 표준에 대한 인식을 측정가능하거나 인지할 수 있는 방식으로 재현하는 정도; 모델 또는 시뮬레이션의 현실성 척도; 일반적으로 충실도는 그것을 평가하거나 기술하는데 사용되는 척도, 표준, 또는 인식에 관하여 기술되어야 한다.
- 7) 정확도(accuracy) : 한 모델 또는 시뮬레이션 내에서 파라미터나 변수들이 실제 또는 어떠한 선택된 표준이나 참고자료에 정확히 순응하는지의 정도
- 8) 조립성(composability)이란 특정한 사용자 요구사항들을 의미 있게 충족하기 위해 컴포넌트들을 선택하고 다양한 조합으로 조립하는 능력을 가리킨다.

▼ 본지에 실린 내용은 집필자의 개인적 의견이며,
본 연구원의 공식적 견해가 아님을 밝힙니다.

최근호 및 차호 소개

제1468호(6.24): 미군의 시간관리 제도 및 시사점
- 전성진, 이혁수 -

제1469호(7.1): 북한의 비대칭 위협에 관한 소고
- 권양주 -

제1470호(7.8): 국방 M&S 기반 모의분석의 신뢰성 향상 방안
- 유호동 -

차 호

제1471호(7.15): 국방 사이버 분야의 국제협력 동향 및 한국의 추진 방안

- 유지용, 이강규 -

저자 소개



유호동

한국국방연구원 군사기획연구센터
hdyoo@kida.re.kr