

전시 비행장 항공작전능력 평가모형에 관한 연구 (A Study on the Wartime Evaluation Model of Airfield by using Simulation)

조관현*, 이상진**

Abstract

This study focuses on building the wartime air operation model to evaluate the airfield capability. There are some uncertainties in the process of air operation such as mission flying time, turn around time, mission damage or kill rate, weather condition, and so on. Airplanes, on the way to the airbase after completing mission flight, may have been in queue on the holding point due to the unusable condition of airfield. And then, they may sometimes need to go other airbases due to the shortage of fuel. Under those uncertainties, this model is to evaluate the airfield capability in the wartime air operation using simulation.

* 공군 제19전투비행단

** 국방대학교 관리대학원

1. 서 론

고도로 발달된 항공력은 현대전의 승리에 있어 필수적이다. 걸프전, 보스니아전, 아프카니스탄전, 이라크전 등 최근 전쟁에 대한 분석결과 항공력이 차지하는 비중이 대단히 높은 것으로 평가되고 있다. 심지어 항공력만으로 전쟁의 승패가 판가름 날 정도로 전시 항공력은 결정적인 역할을 수행하는 경우가 많다. 특히 우리나라와 같이 중심이 좁은 상황에서 항공력은 전쟁에서 승리하기 위한 수단인 동시에 전쟁을 예방하는 억지력(抑止力)으로 의미가 크다. 결국 전투력의 핵심요소인 항공력에 대한 정확한 평가가 강력한 항공력 구축의 전제조건이라 할 수 있다.

항공력이란 항공기 자체의 능력뿐만 아니라 항공작전을 수행할 수 있는 총체적인 힘을 의미한다. 항공 작전 수행을 위해서는 비행장 능력이 필수적이다. [1,2,3] 항공작전이 다분히 비행장에 의존한 작전임을 고려할 때 비행장 능력을 고려하지 않은 작전계획이나 평가모형은 현실성이 결여되기 쉽다.

그런데 비행장은 전시에 적의 공중, 지상 및 특작부대의 공격 등에 노출되어 있다. 또한 전시 한 국내 군용비행장의 사용은 서로가 모두 연계되어 있는 상황에서 항공작전 능력에 대한 정확한 분석은 대단히 어려운 일이다. 예를 들어 북부기지 활주로나가 적의 공격으로 인하여 사용이 불가능한 경우, 임무를 위해 이륙했던 북부기지 소속의 항공기는 착륙을 위해 중부나 남부기지로 전개해야 한다. 이러한 상황이 여러 곳에서 동시에 발생한다면 중부나 남부기지는 밀려드는 항공기로 많은 제약울 받을 것이다. 따라서 발생 가능한 모든 상황에 대

하여 확률적인 요소를 고려한 정확한 항공작전 능력을 예측할 수 있다면 작전계획이나 전시 소요예측 등에 많은 도움이 될 것이다.

기존의 항공작전 평가모형은 위계임의 형태로 연구 되었으며, 위계임을 제외하면 비행장 수송작전 능력이나 적·하역능력 등 항공지원과 관련된 연구가 있을 뿐이다.[11] 현재 공군에서는 여러 종류의 위계임 모형을 도입하여 운영하고 있으며, 여기에서 얻은 결과를 토대로 실제 작전에 적용하고 있다.[7,8]

위계임 모형체계는 보통 계층적 구조를 가지고 있다. 통상 최상위에 위치하는 전구급(全歐級) 모형에서부터 전반적인 전투 진행과 절차, 주요 전투 및 임무의 경과, 부대의 전투력 수준 변화, 전선의 이동, 주요 장비 및 인원의 시차별 손실 등을 평가하는 사후분석(事後分析) 모형까지 다양하다.[9,12] 이 연구에서 수행하고자 하는 비행장 항공작전 평가모형은 사후분석 모형에 해당한다.

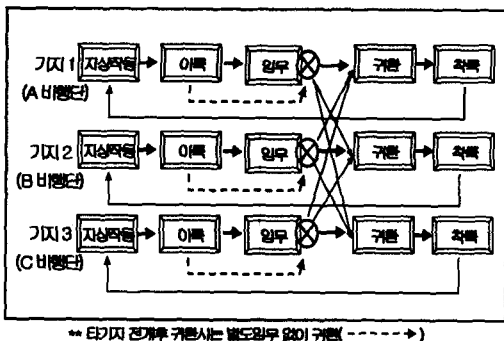
사후분석 모형은 전구급 분석모형으로부터 얻은 결과값을 활용하여 세부적 의사결정을 지원하고 있다. 이 연구에서 비행장 항공작전 평가모형은 전구급 분석모형에서 도출한 결과를 토대로 비행장의 가용도와 항공작전 임무별 수행능력 등을 평가하는 것이다. 이런 분석모형이 없는 경우 전구급 분석모형에서 의사결정권자나 정책 입안자가 요구하는 수준만큼의 세부적인 정보획득은 기대하기 어렵다. 그런데 만일 전구급 분석모형이 세밀한 부분까지 모두 수용한다면 모형자체가 대단히 비대해지며, 결국 운용측면에서 비능률적 결과를 낳게 될 것이다. 그러므로 전구급 모형과 사후분석 모형이 상호 유기적인 협조를 이루며, 사후분석 모형 간에도 통

일된 일관성을 갖고 문제를 해결할 때 최적의 결과를 얻을 수 있을 것이다.

본 연구를 통하여 항공작전 성과분석이나 전사 소요 산출, 작전가용도 측정 등의 결과를 얻을 수 있다. 특히 전구급 위계임에서 얻을 수 있는 결과 뿐만 아니라 연구자나 의사결정권자가 필요로 하는 부분에 대하여 구체적이며 핵심적인 자료를 획득할 수 있다.

2. 항공작전 절차

항공작전 절차는 항공기를 이용한 작전뿐만 아니라 방공, 기지 방어, 화생방, 전자전 등 공군의 모든 작전을 포함하고 있다. 그러나 이 연구는 비행장 항공작전 평가 능력을 측정하는 것이 목적이므로 항공기 중에서 전투기의 비행임무 절차만 다루었다. 전투기의 임무단계는 <그림 1>에서 보여주는 바와 같이 지상작동, 이륙, 임무, 귀환 그리고 착륙단계로 구분할 수 있다. 평가모형은 한국의 모든 군용비행장을 다 포함할 수 있을 정도로 확장성을 가지고 있으나 이 연구에서는 보안 관계상 북부, 중부, 남부에 위치한 기지 중에서 각각 1개 기지만을 고려하였다.



<그림 1> 비행임무절차

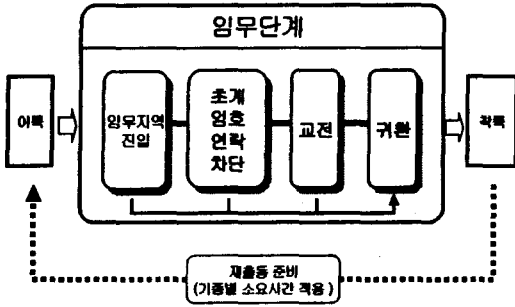
2.1. 비행준비, 지상작동 및 이륙 단계

비행준비 단계에서는 통합 임무 명령서(ITO: Integrated Tasking Order)에 의해 임무를 할당 받는다. 비행준비가 완료되면 항공기는 엄체호를 떠나 활주로까지 지상활주를 하게 된다. 활주로는 사용 가능한 경우 관제탑의 인가를 얻은 뒤 활주로로 진입한다. 만일 이륙이나 착륙 등의 이유로 활주로는 사용 중일 경우는 활주로 진입지점에서 대기한다. 활주로는 진입한 항공기는 엔진을 점검하고 이륙하여 할당된 임무수행을 위해 정해진 임무지역으로 진입한다.

2.2. 임무단계

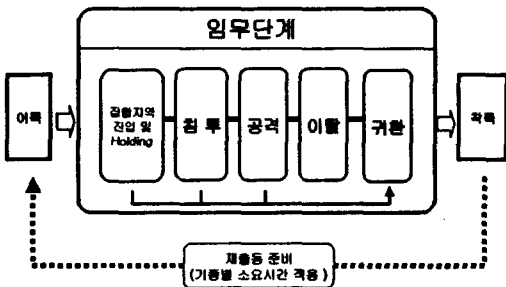
항공임무는 공대공 임무와 공대지 임무로 구분할 수 있다. 공대공 임무는 제공작전과 기타작전으로 구분된다. 제공작전은 방어제공 작전 임무와 공세제공 작전 임무로 구분할 수 있는데, 임무 절차상 방어제공 작전은 공대공 임무에 포함하였으며, 공세제공작전은 공대지 임무에 포함시켜 분석하였다. 제공작전은 아 지·해상군의 작전수행을 원활하게 하기 위하여 적군 및 아군지역에서 적의 공중세력을 제압하여 공중우세를 확보하고 유지하는 것을 목표로 하고 있다.

방어제공 임무는 <그림 2>에서 보여주는 바와 같이 기지를 이륙하여 해당임무(초계, 엄호, 연락, 차단 등)를 수행한 뒤 기지로 복귀하는 절차를 따른다. 기타임무 항공기는 각각의 주어진 임무를 수행한 뒤 기지로 귀환하는 단순임무 절차를 수행한다.



<그림 2> 방어제공 임무절차

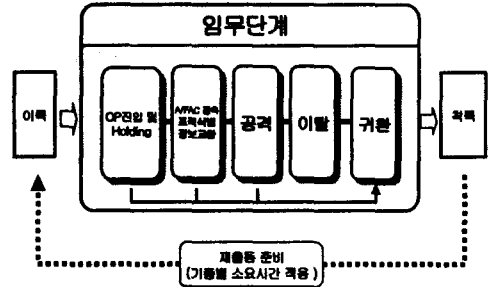
공대지 임무는 공세 제공작전, 항공후방 차단작전, 전략목표 공격작전 및 근접항공 지원작전으로 구분할 수 있다. 적지공격 임무는 통상 편대군을 형성하여 임무를 실시하는데 임무는 <그림 3>에서 보여주는 바와 같이 집합지점에서 해당 편대군이 집합하여 침투경로를 따라 적지를 공격 후 안전한 경로를 이용하여 기지로 귀환하는 절차를 따른다.



<그림 3> 적지공격 임무절차

근접항공지원 임무는 공중통제 항공기(A/FAC: Airborne Forward Air Controller)나 지상통제소(G/GAC: Ground Forward Air Controller)와 협조하여 임무를 수행한다. 임무절차는 <그림 4>에서 보여 주는 바와 같다. 즉 해당 임무지역으로 진입 후 A/FAC과 G/FAC과 교신하여 전장상황 및 적군

의 위치, 적 대공 위협 등의 정보를 교환한 뒤 통제관의 명령에 의해 공격을 실시한다. 임무가 종료되면 임무지역을 이탈하여 기지로 귀환하는 절차를 따른다.



<그림 4> 근접항공 지원작전 임무절차

2.3. 귀환 및 착륙단계

공중에서 임무를 마친 항공기는 기지별로 설정된 접근절차를 따라 귀환한다. 항공기가 기지로 접근시 일정한 지점(대기지점: Holding Point)을 경유하여 진입을 하게 되고, 활주로가 비어있는 경우 착륙하게 된다. 항공작전에서 각 기지별로 운영하는 대기지점에서의 분석은 대기행렬이론을 적용할 수 있다.[10,13]

만일 활주로가 사용 중이거나 작전 불가능 상태 일 경우 항공기는 대기지점에서 착륙허가를 받을 때까지 대기하게 된다. 대기 중에 활주로가 적의 공격이나 비상항공기 착륙상황 등 작전불가능 상태가 발생할 수도 있다. 이러한 상황이 지속될 경우 연료의 제한으로 대기지점에서 대기 중인 항공기는 타기지로 전개하게 된다.

비행장에 착륙하기 위해 대기지점에서 발생 가

능한 상황을 살펴보면 크게 3가지로 분류할 수 있다. 첫째, 모기지로 복귀시 대기지점으로 진입하지 않고 다른 기지로 향하는 Balking이 있다. 둘째, 대기지점에서 어느 정도 대기할 한 뒤, 미래에 대한 예측을 통해 자신의 기준에 적합하지 않다고 판단하여 대기행렬을 이탈하는 Reneging이 있다. 셋째, 한 기지에 대기지점이 여러 개인 경우 대기행렬이 짧은 곳으로 옮겨 다니는 Jockeying이 있다.[13]

이 연구에서 Balking도 Reneging과 같은 방법으로 모델링 할 수 있으므로 Jockeying을 제외한 두 가지 형태를 고려하고 있다. Balking의 경우에 대기지점에서의 대기시간을 0으로 두면 Reneging으로 모의할 수 있기 때문이다.

착륙허가를 받은 항공기는 활주로의 사용이 가능한 상태에서 착륙 후 할당된 임무를 위하여 연료와 무장을 보급한 후 재출격하게 된다. 항공기가 당일의 출격 횟수를 충족하였다면 임무를 종료하고, 조종사와 항공기는 다음날의 비행을 준비한다. 만일 타기지로 전개한 항공기는 그 날의 임무를 모두 수행하였을 경우 해당기지에서 하루를 보내고 다음날 모기지로 귀환한다.

3. 비행장 항공작전 평가모형 구축

3.1. 비행임무상의 불확실성

전투기의 비행임무 절차에는 많은 불확실한 요소를 포함하고 있다. 전시 비행임무는 실제로 수행해 보지 않은 전시상황을 묘사하였으므로, 미래의

불확실한 상황을 확률적인 요소로 고려할 수 있다. 불확실한 요소를 판단하기 위해 비행임무를 수행하는 부분과 비행임무 지원을 위한 분야로 구분하여 고찰하였다.

비행임무를 수행하는 과정 중에 발생하는 불확실한 요소는 비행임무 소요시간(Mission Flying Time), 재출격 시간(Turn Around Time), 피해율/피격을, 기지 및 임무지역 기상, 임무 후 피해확률 등이다.

다음으로 비행임무를 지원하는 분야를 살펴보자. 항공작전은 기지 의존율이 대단히 높은 작전이므로 기지의 생존성은 항공작전의 승패와 직결된다고 할 수 있다. 기지의 생존성과 관련하여 비행임무를 지원하는 부분에도 불확실한 요소가 포함될 수 있다. 여기에는 활주로나 비행시설의 피해 상황, 기지의 방어, 화생방 상황 등이 포함된다.

전시 적의 공격으로 비행장내의 많은 시설들이 피해를 입을 수 있다. 그 중에서도 활주로는 적의 최우선 표적으로 활주로가 운영 불가능하거나 작전이 제한적인 경우 항공작전에 많은 지장을 초래한다. 비행장 활주로의 복구가 이루어지는 동안 이·착륙이 제한되므로 모기지로 귀환해야 할 항공기는 타기지로 전개해야 한다.

화생방 상황은 기지 능력뿐 아니라 비행임무에 직접적으로 영향을 미쳐 항공기나 조종사 혹은 지원요원의 제독문제를 야기할 수 있다. 화생방 상황에 노출된 항공기나 조종사는 제독을 위해 많은 시간이 소요된다. 더불어 화생방 보호물자의 부족이나 장구를 착용한 상태에서의 임무수행 능력 등도

심각히 고려해야 할 사항이다.[4,5,6]

이 연구에서는 기지시설이나 화생방 공격 등의 항공지원 요소에 대한 구체적인 피해상황은 모델 안에 포함하지 않았다. 다만 피해에 따른 활주로 복구시간만을 북부, 중부, 남부 기지별로 고려하였다.

본 평가모형은 많은 부분에서 확률변수를 사용하고 있는데 어떠한 확률분포를 사용할 것인가는 고려 대상의 성격과 보유한 데이터의 유형에 따라 달라진다. 본 평가모형에서는 경험하지 않은 미래 전시(戰時) 상황을 가정하였으므로 발생할 수 있는 오차를 최대한 줄이고 타당성을 확보하기 위하여 삼각분포를 많이 사용하였다.

비행임무를 수행하는 과정 중에 발생하는 불확실한 요소인 비행임무 소요시간과 재출격 시간은 삼각확률분포를 가정하였다. 각각 임무별로 확률변수들의 최솟값, 최댓값, 최빈값을 추정하여 이를 사용하였으나 구체적인 수치는 보안상 생략하였다.

3.2. 평가모형 포함요소 및 가정사항

3.2.1. 임무기지

모형에 포함할 임무기지로 한국공군 전투비행장 모두를 고려할 수 있으나, 이 연구에서는 위치에 따라 북부, 중부, 남부기지 한 개씩을 선정하였다. 세 군데 위치로 선정된 이유는 비행장 위치별로 적의 공격 가능성 등 주어지는 환경이 다르기 때문이다. 또한 비행장 시설 중 활주로의 수를 다르게 적용하여 비행장 위치뿐만 아니라 활주로의 수에 대한 상관관계를 알아볼 수 있게 하였다.

비행장은 아군 전투력의 핵심을 이루고 있는 자산이므로 전시에는 적의 최우선 표적이 될 것이다. 적군은 아군의 전투능력을 저하시킬 목적으로 아군 비행장에 대하여 지대지 미사일이나 항공기를 이용한 공중폭격을 실시할 것이다. 특히 전선과 가까이 위치한 북부 비행장의 경우는 적군의 공격이 더욱 잦을 것이다. 그 결과 북부 비행장의 가용도는 중·남부에 위치한 비행장에 비하여 더욱 떨어질 것이다. 따라서 본 평가모형에서 북부기지는 일일 평균 3회, 중부기지는 평균 2회, 남부기지는 평균 1회의 공격을 받으며, 복구시간동안 활주로는 사용할 수 없는 것으로 가정하였다. 피격횟수를 확률변수로 두고 모델링할 수도 있으나 이 연구에서는 결정적 값을 사용하였다. 이는 피격횟수의 변화에 따라 기지별 가용도를 분석하는 민감도분석을 사용하는 것이 더 바람직하다고 판단하였기 때문이다.

평가모형에 선정된 각 기지에는 각각 0개의 비행대대가 항공작전을 수행하고 있으며, 각 대대는 00대의 항공기를 운영하고 있는 것으로 가정하였다. 또 북부와 남부기지는 단일 활주로를 운영하고, 중부기지는 복수 활주로를 운영하는 것으로 설정하였다.

3.2.2. 기상요인

기상분야에 들어갈 입력치는 97년부터 2001년까지의 과거 5년 자료를 분석하여 사용하였다. 기상자료 분석결과 시계비행규칙을 적용할 수 있는 기상일수는 64.74% 이었다. 계기비행규칙을 적용할 수 있는 일수는 32.58%이며 비행이 불가능한 일수는 2.68%이었다.

기상요인은 항공작전 임무수행에 많은 변수를 제공하므로 기상 상태별로 임무계획을 다르게 설정하였다. 시계비행상태에서는 할당된 모든 임무를 수행하는 것으로 계획하였으며, 계기비행상태에서는 70%의 임무를, 기상제한치 이하의 경우는 50%의 임무만을 수행하는 것으로 모델링하였다. 결국 기상이 양호하지 않으면 기상에 따라 임무를 감소하여 실시하는 개념을 적용한 것이다.

3.2.3. 임무 중 피격확률

대개 함정이나 지상 장비의 경우 피해수준은 각각 다르게 적용한다. 이는 수리를 위한 수리부속의 소요를 산정하고 장비의 불가동 상태를 위계임이나 시뮬레이션 상에 적용함으로써 결과를 산출하기 위함이다.

피해수준 측정시 항공기의 공중피해는 완파(피격) 또는 무 피해로 구분할 수 있다. 그러나 적 항공기나 미사일 등의 공중공격으로 인한 피해 및 적 특작부대 습격이나 격납고 또는 주기장에 위치한 항공기의 지상피해 피해수준은 어느 정도 더 세밀한 구분이 필요할 것이다. 본 평가모형에서는 항공기가 적기의 공격이나 지대공 사격에 의해 격추되는 확률을 고려하여 피격된 경우와 무 피해만을 적용하였다. 기타 피해는 임무 후 항공기의 정비소요 시간을 적용하는 부분에서 고려하였다.[9]

3.2.4. 타기지 전개 후 임무

타기지 전개는 해당 비행장에서 출격할 항공기 가 기지로 귀환했을 때 활주로에 착륙이 불가능하여 다른 비행장이나 예비기지에 착륙하는 것을 말

한다. 타기지로 전개한 항공기의 재출격에는 임무 지원 상 많은 문제점을 가지고 있으므로, 임무수행 보다는 곧바로 모기지로 복귀하는 것으로 가정하였다. 이는 조종사의 임무준비나 비행임무 지원(정비, 무장 등)등을 고려해 볼 때 작전임무가 어렵다고 판단하였기 때문이다.

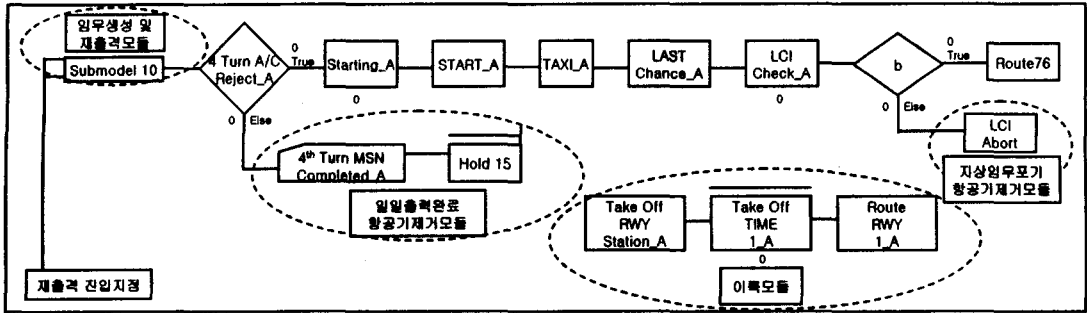
3.3. 모형형성

평가모형 구축 시 시뮬레이션 도구인 Arena 5.0 을 이용하였다. Arena는 이산-연속형이 결합된 시뮬레이션으로, 동적 애니메이션을 제공한다.[13] 본 모형은 항공기를 생성하여 각각의 임무를 수행하는 임무모듈 부분과 생성된 항공기의 위치이동을 확인할 수 있는 동영상(애니메이션) 부분, 그리고 실시간으로 얻어지는 결과를 보여주는 결과값 시현부분 이렇게 세 부분으로 구성되어 있다.

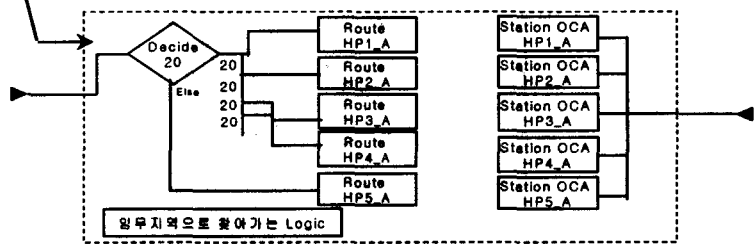
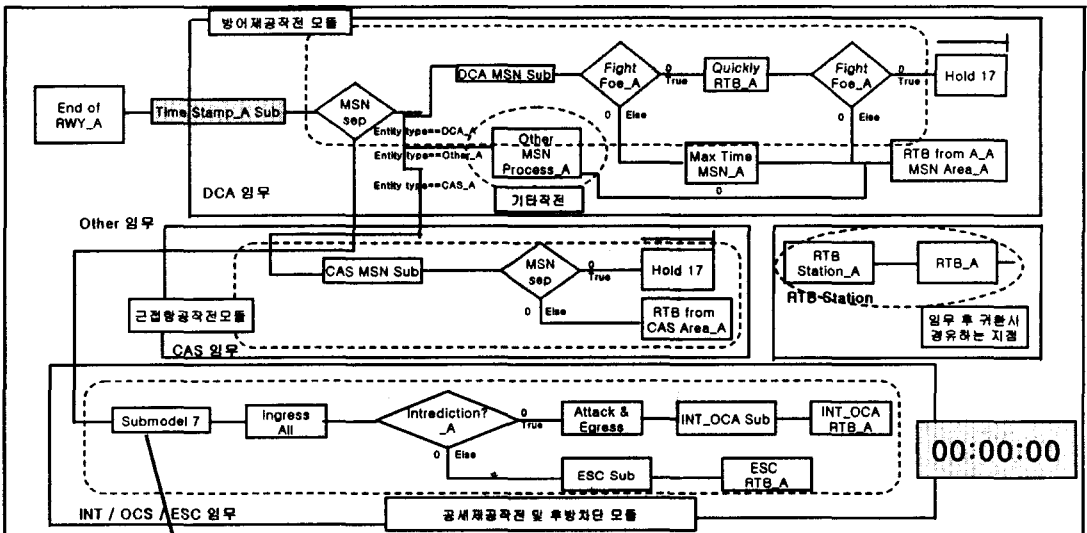
모형을 실행할 경우 항공기가 생성된 뒤 임무를 마치거나, 격추되어 없어질 때까지 세 부분 모두에서 관찰이 가능하도록 설계하였다.

3.4.1. 임무모듈 부분

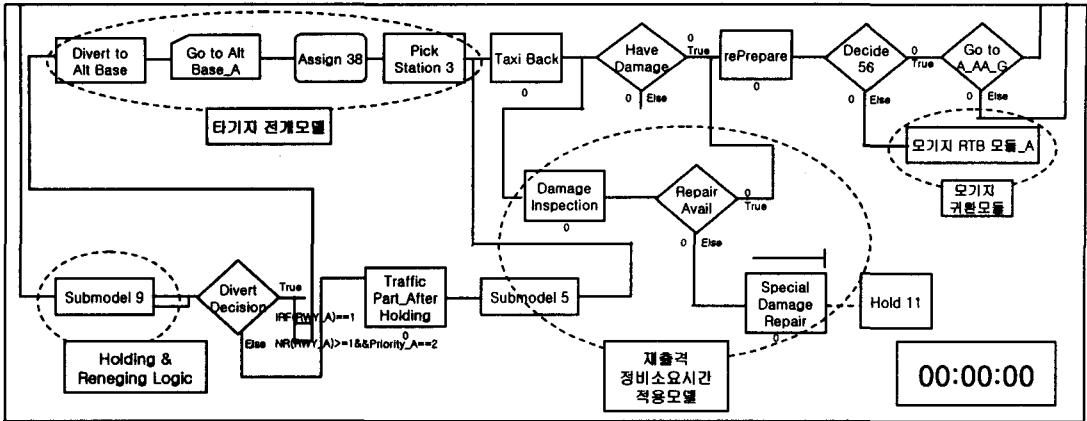
시뮬레이션 모델에는 각각의 비행장이 한 개의 임무모듈로 되어 있다. 임무모듈은 <그림 5>에서 보여주는 바와 같이 항공기의 임무절차에 따라 크게 지상작동 단계, 임무 단계, 귀환 및 착륙 단계의 세부분으로 이루어져 있다. 항공기는 지상작동 단계의 Mission Create 부분에서 생성되어 논리적인 흐름을 따라 비행임무를 수행한다.



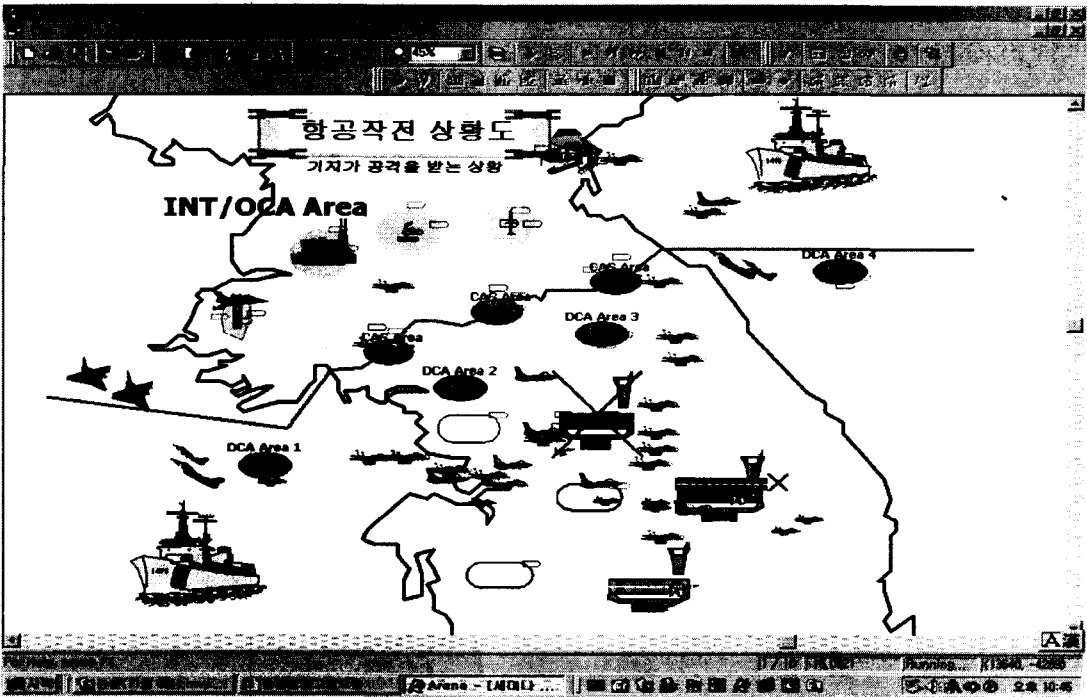
<그림 5-1> 지상작동업무모듈



<그림 5-2> 임무수행단계 임무 모듈



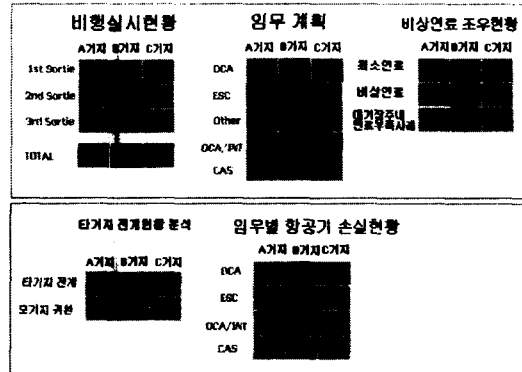
<그림 5-3> 귀환 및 착륙단계 임무모델



<그림 6> 평가모형의 동영상(애니메이션) 부분

지상작동 단계는 항공기 생성부터 시동, 지상활동 및 이륙하는 단계까지이다. 임무단계는 기지를 이륙한 항공기가 할당된 임무를 위해 해당지역으로 이동하여 임무를 마치는 단계까지이다. 귀환 및 착륙단계는 임무를 마친 항공기가 기지로 접근하여 착륙을 하거나 혹은 모기지 상황이 허락하지 않아 타기지에 착륙하는 상황까지이다. 귀환 및 착륙단계에는 항공기가 대기하는 부분, Reneging 부분과 타기지 전개항공기의 모기지 귀환부분을 포함하고 있다.

출력값



<그림 7> 평가모형을 통해 획득한 출력값

3.4.2. 동영상(애니메이션) 부분

시뮬레이션 프로그램인 Arena의 장점은 대기행렬 이론을 완벽하게 지원하며, 시뮬레이션 상황을 현실감 있게 <그림 6>과 같이 동영상으로 보여줌으로써 의사결정권자의 상황판단을 용이하게 해준다. 결국 시뮬레이션 결과에 대한 강한 호소력을 가져다주며 의사결정자의 결심수립에 도움이 된다.

3.4.3. 출력값 시현부분

평가모형을 실행할 경우 결과에 대한 실시간 출력값을 알아볼 수 있도록 출력값 시현부분을 <그림 7>과 같이 설계하였다. 의사결정권자는 동영상(애니메이션) 부분에서 항공기들이 이동하는 화면을 보면서 평가모형에 적용된 항공작전 개념을 이해한 뒤 출력값 시현부분을 통해 평가모형에서 얻어지는 결과에 대한 어느 정도의 평가를 하게 된다.

4. 시뮬레이션 결과 분석

4.1. 출력자료 분석

비행장 항공작전 평가모형에서 얻어낼 수 있는 결과는 다양하다. 시뮬레이션 이후 평균값과 최소값, 최대값, 관측된 수, 신뢰구간의 자료를 제공한다. 연구자나 의사결정자가 원하는 결과값이 Arena에서 기본적으로 제공하는 결과에 포함되지 않을 경우 변수나 표현식 등의 방법으로 획득 가능하다. 또한 Arena 프로그램의 보조프로그램인 Output Analyzer 나 Process Analyzer 등을 이용하여 필요한 부분에 대하여 세부적으로 분석하였다. 이 연구에서는 구축된 평가모형에 대하여 시뮬레이션을 총 20회 실행하였다.

4.1.1. 비행 실시현황

전시 항공작전계획에 따라 실시한 기지별 임무실시 현황 및 실시율을 통하여 기지의 생존성 및 작전 운영능력을 분석할 수 있다. 평가모형 상에서는 <표 1>에서 보여주는 바와 같이 각 기지별 첫 번째, 두

번째, 세 번째 임무현황을 알아볼 수 있도록 설계하였다.

<표 1> 비행실시현황 결과 자료

| 기지 Sortie | 북부기지 | 중부기지 | 남부기지 | 계 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| 1st Sortie | 70.5 | 72.5 | 70.6 | 213.6 |
| 2nd Sortie | 59.1 | 64.3 | 58.1 | 181.5 |
| 3rd Sortie | 42.3 | 60.8 | 52.0 | 155.1 |
| 계 | 171.9 | 197.6 | 180.7 | 550.2 |

시뮬레이션 실행결과를 살펴보면 북수활주로를 운영한 중부기지가 가장 많은 임무를 실시하고 북부기지는 가장 적은 임무를 실시하였다. 이는 단일 활주로 보다 북수 활주로의 기지 생존력이 우월하다는 사실을 상당부분 의미할 수 있다.

이 연구에서 각 기지별로 똑 같은 임무를 부여하고 활주로의 수에 따라 비행 실시 현황을 분석하지 못하였다. 따라서 기지별 임무의 차이가 활주로의 수 때문만이라고 주장하는 것은 무리가 있을 수 있다. 그러나 20회의 시뮬레이션 동안 임무의 수행이 유사해져 가고 있으므로 임무수행의 차이는 다른 영향요소가 많이 있겠지만 가장 근본적인 이유는 기지의 위치와 피격빈도에 영향을 받은 결과로 추정할 수 있다.

4.1.2. 임무별 실시현황

본 평가모형은 각 기지의 임무별 실시현황과 공대공/공대지 임무비율에 대한 분석을 포함하여 각 임무별 실시현황 자료를 분석할 수 있다.

실행결과 중부기지가 가장 많은 임무를 실시하였

으며, 남부기지, 북부기지 순이었다. 이는 임무수행 측면에서 북수활주로를 운영하였던 중부기지가 임무가 가장 용이 했음을 알 수 있다. 또한 임무별로는 방어제공 작전임무가 가장 많았으며 다음은 근접항공지원작전 임무 순이었다.

4.1.3. 비상연료 조우현황

비상연료 조우현황을 분석하기 위해 모델에서는 임무를 실시하고 착륙을 위하여 대기지점으로 진입할 때 각 항공기별로 에너지 수준을 판단하여 이를 모델에 반영하였다. 비상연료 조우현황은 비상연료 조우사례와 대기 중 항공기의 연료부족 사례를 나누어 분석할 수 있도록 설계하였다.

우선 비상연료 조우사례는 임무 후 기지로 귀환시 연료가 적어 타기지로 전개할 수 없는 상황을 말한다. 대기 중 연료부족은 귀환하여 대기지점 도착 당시까지는 연료가 부족하지 않았지만 착륙이 지연됨에 따라 연료가 부족하여 비상연료 수준까지 조우되는 경우를 의미한다.

시뮬레이션 결과 <표 2>에서 보여주는 바와 같이 비상연료 상태로 착륙한 사례는 중부기지가 가장 많았으며, 다음은 북부기지 순이었다.

<표 2> 비상연료 조우상황

| 기지 구분 | 북부 기지 | 중부 기지 | 남부 기지 | 계 |
|--------------|----------|----------|----------|-------|
| 비상연료 | 54.9 | 60.2 | 21.8 | 136.9 |
| 대기 중 연료부족 | 2.6 | 0.6 | 3.0 | 6.2 |

전체적으로 비상연료 발생사례는 실시한 총 임무 중 25.4%를 차지하였다. 즉, 항공기 4대중 1대는 임

무 후 연료량이 적어 연료관리가 힘들었음을 의미한다. 이는 실제 전시 임무 중 연료관리의 중요성을 확인시켜주는 결과라고 분석할 수 있다. 또한 착륙을 위해 대기지점에서 대기 중에 연료가 부족한 사례도 상당수 있었음을 볼 때 비행장 사용 가능여부 판단과 타기지 전개에 대한 조기결심의 중요성을 말해주는 결과라고 할 수 있다.

4.1.4. 기지별 대기시간 분석

각 비행장별 대기지점에서의 대기행렬에 대한 분석을 위하여 두 가지 항목을 점검하였다. 평균대기시간은 각 기지별로 항공기가 대기지점에서 대기한 평균 시간을 나타내는 값이다. 또한 평균대기대수는 각 기지별 대기지점에서의 평균적으로 대기한 대수이다. 이는 어느 한 항공기가 대기지점에 도착했을 때 대기지점에서 대기하고 있을 항공기 대수의 기대값을 의미한다.

시뮬레이션 결과 <표 3>에서 본 바와 같이 해당 평균 대기시간과 평균 대기대수는 북부, 남부, 중부 기지 순이었다. 북부기지는 단일 활주로 운영과 적의 잦은 공격에 따른 활주로 복구시간의 장기간 소요로 대기시간 및 대기대수가 증가하였다. 결국 기지는 적의 잦은 공격으로 활주로 복구시간(일일 3회 x4시간)동안 이·착륙을 하지 못함으로 인해 작전 불가능 상태가 많았음을 나타낸다.

또한 이·착륙 평균 대기대수 및 대기시간에서 기지의 공격이 적었던 남부기지도 북부기지와 비슷한 수준의 대기를 한 것으로 나타났다. 이는 중·북부 기지가 작전 불가능함에 따라 전개해 온 항공기로 인한 체공항공기의 증가로 인하여 체공대기시간 및 기지 혼잡도가 증가한 것으로 판단할 수 있다.

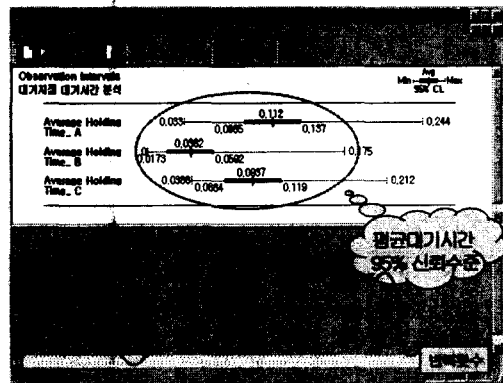
전반적인 운영은 중부기지가 양호하였는데 이는 복수활주로가 기지 생존성 및 작전능력 측면에서 우월함을 보여주는 증거라고 할 수 있다.

<표 3> 기지별 대기시간분석

| 기지 구분 | 북부기지 | | 중부기지 | | 남부기지 | | | | |
|------------|----------|------|----------|----------|------|----------|-----|------|------|
| | 신뢰 하한 | 평균 | 신뢰 상한 | 신뢰 하한 | 평균 | 신뢰 상한 | | | |
| 평균 대기시간 | 5.2 | 6.6 | 8.2 | 1.0 | 2.4 | 3.6 | 4.1 | 5.4 | 7.1 |
| 평균 대기대수 | 0.27 | 0.33 | 0.43 | 0.02 | 0.05 | 0.06 | 0.2 | 0.26 | 0.42 |

4.1.5. 기타 분석

본 평가모형에서는 시뮬레이션에 대한 애니메이션뿐만 아니라 임무 모듈부분에서도 모듈간에 항공기가 이동하는 모습을 확인할 수 있을 뿐만 아니라 여러 가지 출력값 확인이 가능하다. 예를 들어 대기 지점에서의 대기대수를 그래프로 확인하거나 <그림 8>과 같이 일정 시간동안 대기시간의 추이를 세밀하게 확인할 수 있다.



<그림 8> 대기시간 사후 분석의 예

대기시간에 대한 분석결과 전체적인 대기현상은 단일 활주로를 운영하는 북부기지와 남부기지가 많이 나타났으며, 상대적으로 복수 활주로를 운영하는 중부기지가 적게 나타났음을 알 수 있다. 시간대별로 북부기지는 12시~14시 부근에서 가장 많았으며, 남부기지는 17시~20시 부근에서 가장 대기가 많았음을 알 수 있다.

4.2. 민감도분석

민감도 분석은 점검하고자 하는 변수를 제외한 기타변수의 값을 일정하게 고정시키고, 분석을 원하는 변수를 한 단위씩 변경해 가면서 결과값을 비교하는 방법을 말한다. 본 모형에서는 비행장이 적의 공격을 받음으로 인하여 제한작전이 이루어짐에 따라 비행장별로 작전 가용도가 어떻게 변화하는가를 분석해 보았다. 만일 적으로부터 공격받는 횟수를 변경한다면 작전성과에는 어떤 변화가 일어나는가를 분석한 것이다. 북부기지에 대한 분석결과는 다음 <표 4>에 나타나 있다.

<표 4> 북부 기지 비행성과 민감도 분석

단위 : Sortie

| Sortie 공격횟수 | 1st Sortie | 2nd Sortie | 3rd Sortie | 계 |
|----------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| 공격없음 | 70.4 | 64.3 | 60.8 | 195.5 |
| 일일 1회 | 71.0 | 62.2 | 56.9 | 190.1 |
| 일일 2회 | 71.4 | 62.3 | 50.5 | 184.2 |
| 일일 3회 | 70.5 | 59.0 | 42.4 | 171.9 |

북부 기지의 임무는 적의 공격이 증가함에 따라 1회제 임무와 2회제 임무는 약간의 변화가 있었으나 3회제 임무는 현저히 감소한 것으로 나타났다. 이는 적의 공격을 받을 때 일일 2회까지는 약간 영향을 받으나 일일 3회의 출격에는 많은 제한을 받는다는 것을 알 수 있다.

종합적인 분석결과 적의 공격이 없는 경우는 대기지점에서의 평균 대기시간이 항공기당 3.6분이었다. 그러나 적의 공격횟수가 일일 3회까지 늘어날 경우 작전불가능 시간의 증가로 인한 대기지점에서의 항공기 평균대기시간은 6.6분까지 증가하는 것을 알 수 있다. 결국 적의 공격횟수가 증가할수록 대기 지점에서의 대기시간은 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 활주로의 생존성 유지가 항공작전의 성과와 밀접한 관계가 있음을 설명해 주는 결과라고 할 수 있다.

5. 결 론

본 평가모형에서는 활주로의 숫자와 적의 공격횟수를 다르게 적용하여 20회의 시뮬레이션을 실행한 뒤 결과자료를 획득하였다. 출력값을 바탕으로 비행 실시현황, 임무별 실시현황, 비상연료 조우현황, 기지별 대기현황 분석, 이·착륙시 대기현황 등의 현황에 대하여 분석하였다. 또한 타기지 전개현황이나 임무별 항공기 손실 등에 대한 현황자료도 획득하였다. 비행 실시현황 자료를 보면 가장 많은 임무를 실시한 기지는 복수활주로를 운영하는 중부기지이었다. 북부기지는 적의 잦은 공격과 단일활주로 운영으로 인하여 가장 적은 임무를 실시한 것으로 나타났다.

비상연료 조우현황은 25.4%가 비상연료에 조우하게 되었음을 알 수 있었다. 이는 전시 항공작전과 관련하여 연료관리의 중요성을 보여주는 결과로 해석할 수 있다. 분석결과 북부기지가 가장 많이 대기한 것으로 나타났으며 남부기지, 중부기지 순이었다. 북부기지는 활주로 복구시간 증가와 단일 활주로 운영에 따른 대기시간 증가로 해석할 수 있으며, 남부기지는 중·북부 기지의 작전 불가능으로 인한 채공 항공기 증가로 인하여 대기시간 및 기지 혼잡도가 증가한 것으로 나타났다. 결국 작전운영 측면에서 북수활주로를 운영하는 중부기지가 실적이 가장 양호하게 나타났으며, 적의 공격이 잦고 단일 활주로를 운영하는 북부기지가 작전운영상 가장 애로가 많은 것으로 나타났다.

본 평가모형은 현황자료 제공은 물론 결과값 및 대기대수를 실시간으로 파악할 수 있는 다양한 시현 부분을 포함하고 있다. 또한 동영상을 이용하여 의사결정권자의 상황판단에 도움을 줄 수 있도록 설계되어 있다. 따라서 본 모형은 이러한 기능들을 이용하여 위게임의 제한사항을 보완하고, 위게임에서 필요로 하는 자료를 산출함으로써 완벽한 항공작전 분석 및 평가를 위한 보조적인 기능을 수행하게 될 것이다.

연구시 어려웠던 점은 다른 시뮬레이션 모델이나 위게임이 갖는 공통적 문제인 미래의 전시상황에 대한 실질적인 자료가 없다는 점이다. 이를 극복하기 위하여 평가모형 구축시 각 상황별로 타당한 확률적인 값을 사용하였으며, 필요한 경우에는 민감도 분석을 실시하였다. 하지만 본 평가모형에서 기지방어 상황, 화생방 상황, 화학제독 절차, 항공기 재출동 상황 등에 대한 세부적인 모델링은 구현하지 않았

다. 또한 여러 불확실한 요소들 가운데서 어느 영향요인이 비행장 능력에 가장 중요하고 민감하게 영향을 미치는지 영향요인 분석을 실시하지 못하였다. 향후 이러한 부분까지 보완하여 평가모형을 더욱 발전시켜 나간다면 위게임 발전은 물론 불확실한 미래 상황에 대한 연구에 많은 진전이 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 공군대학. 「항공작전(The Air Campaign)」 공군 교재창, 1993.
- [2] -----, 「항공작전」 공군교재창, 1996.
- [3] -----, 「공군력에 대한 바른 이해」 공군교재창, 1999.
- [4] -----, 「조종사 화생방 보호의 운용(공교 5-272)」 공군교재창, 2001.
- [5] -----, 「화생방 방어(공교 5-269)」 공군교재창, 2001.
- [6] -----, 「화생방 제독작전(공교 5-271)」 공군 교재창, 2000.
- [7] 강창규, 계획 통합임무명령 위게임 적용 연구 ‘Thunder 모델 운영을 중심으로,’ 공군 전투발전단 체계 분석실, 2001.
- [8] -----, “공군 모의체계의 현재와 미래,” 공군 전투발전단 체계 분석실, 2001.
- [9] 서정해 외 5명, 「전시 피해율 및 소모율 산정연구(1), 전시소요 이론 및 방법론」 한국국방 연구원, 2000.
- [10] 안상형, 이명호, 김기석, 「현대 경영과학」 서울: 학현사, 2001.
- [11] 오승학, 이상진 “시뮬레이션을 이용한 비행장능

력 평가모형에 관한 연구,” 한국군사운영분석학회지, 2000, 제26권1호, pp.15-33.

[12] 조운철, 이상진, “한국의 전시 해상수송능력 분석,” 한국국방경영분석학회지, 2001, 제28권1호, pp.29-46,

[13] Kelton, W. David, Sadowski, Randall P., and Sadowski, Deborah A., Simulation with Arena, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2001.