

경 전투기의 공대공/공대지 임무효과도 분석에 대한 연구

정 경 진
국방과학연구소

I. 서 론

항공기 개념설계를 수행하기 위해서는 소유자의 임무요구(Mission Needs) 및 운용요구도(Operational Concepts) 등이 제시되어야 하며 기본적인 운영요구도가 정립되어야 한다. 이러한 운용요구도를 기준으로 설계 요구도(Design Requirements)가 정립되며 설계 요구도는 소유자가 제시하는 운용 요구조건을 만족시키면서 실제 항공기로 설계가 가능한 최소 조건으로 주어지며 추후 항공기 설계와 병행하여 수정된다.

임무 형상(Mission Profiles)은 소유군의 임무요구를 토대로 작성하며 현용 항공기의 임무형상 및 교과과정 등과 미래 항공기에 대한 요구 등이 고려된다. 설계요구도는 설계결과나 규격이 아니며, 운용 및 임무요구에 대한 분석으로부터 도출되어야 한다. 예를 들면, 적 항공기를 요격해야 한다는 임무요구로부터 회전반경, 가속 성능에 대한 설계요구도가 도출될 수 있으며 이 요구조건을 충족할 수 있는 엔진 추력이 추진계통의 설계 결과로서 제시된다.

항공기 설계를 위해서 임무 시나리오를 근간으로 하는 초기 운용 요구도가 필요하며, 운용요구도 개발과정은 새로운 항공기의 운용 및 개발에 필요한 예산과 인력 등의 자원을 예측, 반영하여

수행된다. 이 요구도는 개념설계와 설계 항공기의 사이징(Sizing)에 필수적이며 반복설계를 거치면서 예산을 제한요소로 한 매개변수적 연구와 민감도 연구를 통하여 수정, 보완된다.⁽¹⁾ 요구도 개발은 잠재적인 위협, 목표물, 전략적 목표 등을 고려한 시나리오의 작성을 시발점으로 하여 수행된다. 따라서 전투기가 수행할 임무 중에서 공대공 분석을 통하여 기총효과도와 공중기동 성능을 예측하였으며 지대공, 임무-위협분석, 생존성 분석을 수행하여 경공격임무 수행 시의 공격율과 생존성을 토대로 항공기 요구성능을 제시 하였으며 전투효과도를 분석하여 각 항공기 형상결정에 기여를 하였다.

II. 본 론

1. 생존성 분석을 위한 항목 작성 및 방법

가. 생존성 분석을 위한 항목 작성

1) 전투 효과도 상쇄연구 항목선정

각 요구도 항목에 대한 선정기준을 제공하기 위해서는 요구도와 전투기에 요구되는 일반능력 사이의 비교평가가 수행되어야 한다. 각 요구도는 전투기의 가격에 직접적으로 반영되기 때문에 그

Requirement Studies Organization

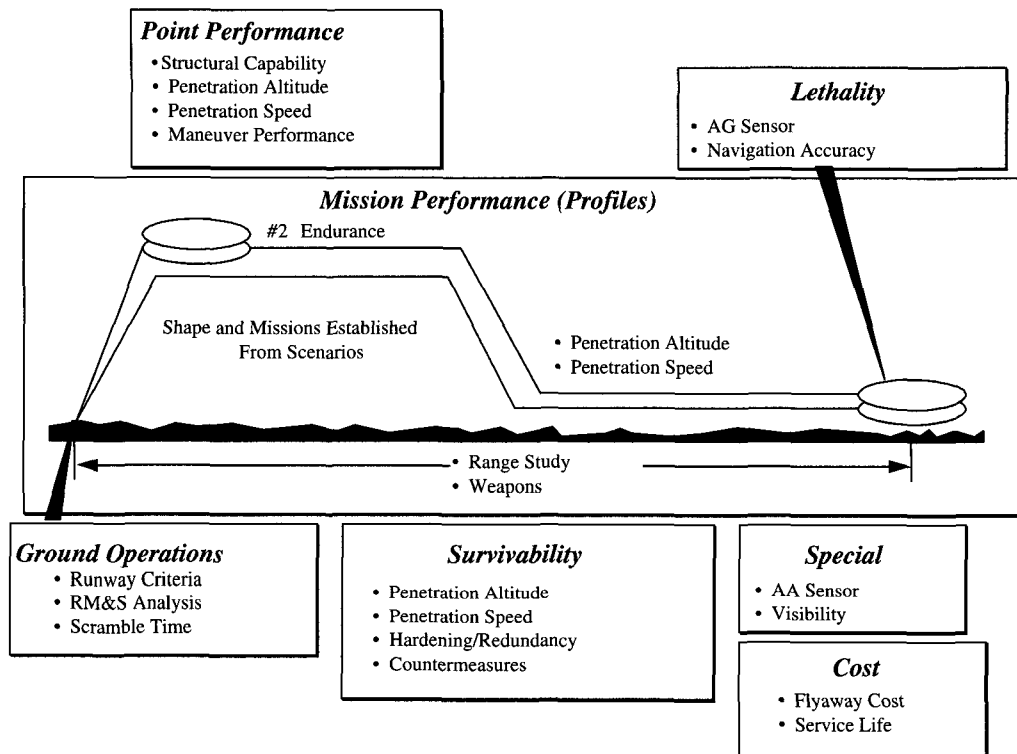


그림 1. 전투기 요구도 수행개략도

요구도 항목에 대한 필요성이 다른 항목과 비교하여 제시되어야 한다. 성능을 정당화할 수 있는 선정기준(rationale)은 전투임무 완수를 확신할 수 있는 가능성을 제시함으로써 정립된다. 이러한 선정기준 역시 전투기 요구도의 한 부분으로서 설계요구도에 기여하게 된다. 그러나 이러한 간단한 선정기준을 제시하는 것에도 문제는 발생한다. 예를 들면, 어느정도의 성능여유(margin of performance)가 필요하며, 그 성능여유가 전체항공기 포위선도(flight envelope)에 걸쳐 필요로 하는지, 무장의 성능이 항공기 성능을 대치할 수 있는 가능성의 문제, 항공기의 성능에 대한 질이 항공기 댓수를 대체할 수 있는지에 대한 문제 등이다. 이러한 문제는 쉽게 해결될 수 없지만 요

구도를 작성하기 위해서는 해답을 제시해야만 풀 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 분석, 시뮬레이션 그리고 시험 등이 필수적이다.

그림 1은 요구도 도출을 위한 상해연구항목을 점 성능(Point Performance), 살상율(Lethality), 지상운용(Ground Operations), 생존성(Survivability), 비용 및 특수한 경우의 관점에서 분류한 것을 나타내고 있다. 무장연구에서는 각 형태의 무장/목표물과의 최대 파괴율을 기준으로 최적의 무장을 선택하는 방법을 도출하였으며 목표물 선정 시스템과 정확도에 대한 살상율을 계산하였다. 구조적 능력연구에서는 회피기동 시 항공기의 G-능력을 계산하였고 침투 고도/속도 연구에서는 고도별 속도별 살상율/생존율을 계산하였다. 공대

지 센서 거리/정확도 항목은 공대지 임무시 항공기에 장착할 공대지 센서의 정확도와 탐지능력의 범위를 산출하여 장착할 센서의 성능을 제시하였다. 공대공 탐지 센서 연구항목에서는 항공기가 공중전 전개시 적 항공기를 탐지하고 미사일을 발사할 거리의 범위를 계산 가능하도록 하는 센서능력을 제시하였으며 항법정확도 연구 항목에서는 목표물 획득가능성과 항법정확도에 대한 판단근거를 제시하였다.

2) 임무-위협 분석

임무-위협 분석의 주된 목적은 주어진 임무를 효과적으로 수행 가능한 항공기에 대한 생존성

설계를 적절히 진행하기 위해서는 설계항공기에 치명적인 피해를 야기시키는 적의 위협에 대한 분석을 수행하는 것이다. 또한 적항공기 조우시에 발생하는 조건들에 대한 정확한 분석이 수행되어야 한다. 특수한 임무를 띤 항공기의 생존성은 어떠한 임무를 수행하느냐와 우군으로부터의 지원정도 그리고 그 임무를 수행하는데 있어서 직면하는 적의 저항의 강도 및 효과도와 밀접한 관계를 갖는다.

공중근접지원, 요격, 전투기 호위, 전투공중정찰, 전방통제 등의 모든 임무는 적의 지대공 방어망과 항상 조우하게 된다. 따라서 임무-위협분석에서는 우군 항공기에 대한 적의 위협을 정확히

Major North Korean Threat Region

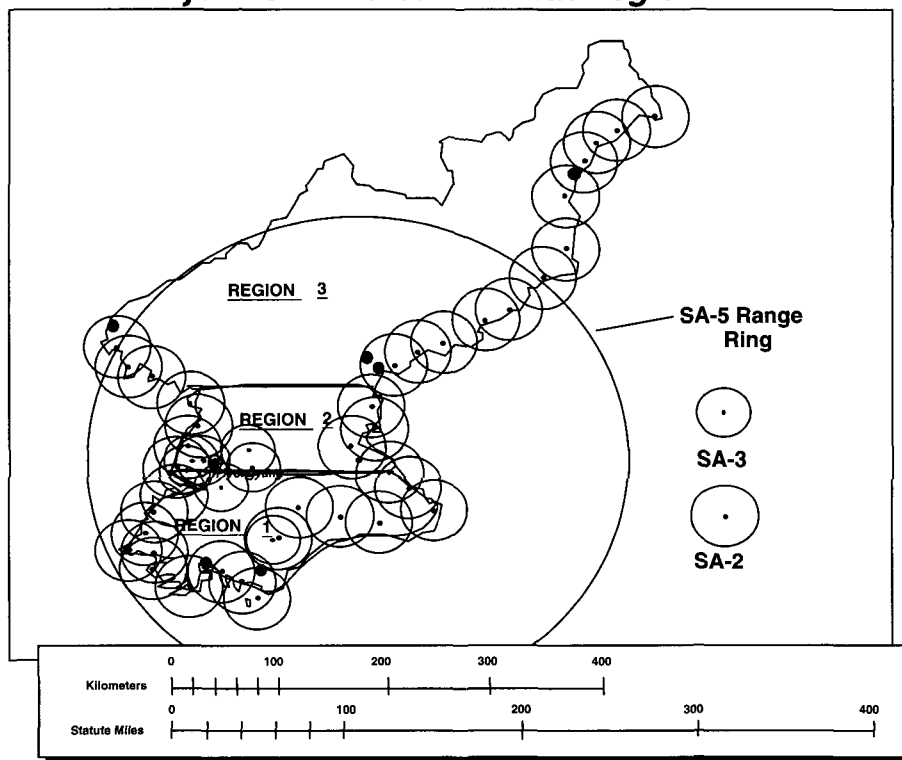


그림 2. 북한 주요 위협지역 예상분석

파악하는 것이 가장 중요하다고 할 수 있다. 예를 들면, 공중근접지원 임무를 수행하는 항공기는 ZSU-23-4, SA-7, SA-8 등의 공중 방어망을 항상 통과하게 되며 대잠(Anti-Submarine) 임무를 수행하는 항공기는 상기 세가지 공중방어망과 조우하게 되는 경우는 거의 없다.⁽²⁾

그림 2은 주요 북한 위협지역에 대한 분석을 예측한 것으로 3개의 지역으로 구분하여 나타내었다. 제 1지역은 가장 위협도가 높은 군사분계선 지역으로서 우군 항공기가 침투할 때 가장 위험한 지역으로 면적당 위협도의 밀도가 제일 높은 지역이다. 제 2지역은 제 3지역보다는 위협도의 밀도는 낮으나 장거리 미사일의 목표가 되는 지역이다.

공중근접 지원 등의 임무를 수행할 때 SA-7/14, ZSU-23-4와 S-60같은 저대공 위협의 가장 조우하기 쉬우며 배치된 수도 가장 많은 것을 알 수 있다. 또한 현재 적의 위협으로 분류되는 미사일이나 발칸포와 같은 무장들의 분석도 중요하지만 미래의 전장에 배치될 가상의 위협들에 대한 분석도 상당히 중요하다고 할 수 있다. 현재 우군의 공중근접지원과 전장차단임무 수행 시 북한의 주요 저대공 대항 무기는 SA-7B나 ZSU-23-4, S-60이나 미래에는 더욱 강력한 SA-14/16 또는 SA-8B와 같은 미사일로 대체되리라 예상된다. 또한 북한은 SA-2, SA-3 그리고 SA-5와 같은 중거리 미사일을 전략적인 차원에서 배치하고 있으나 미래에는 SA-6, 10, 11, 12 등으로 교체할 것으로 예상된다.

3) MSA 모델 소개

전투요구도 연구를 위하여 미국 록히드 마틴 항공사에서 개발한 MSA⁽³⁾(Military System Analysis)모델을 사용하였으며, 공대지 임무수행, 저대공 생존율, 공중전 효과도 등의 결과를 산출

하였다. 형상설계 상세연구에 사용된 MSA모델의 구성을 그림 3에 나타내었다.

각 MSA 모델에 대한 용도는 다음과 같다.

- DELACC : Delivery Accuracy 모델은 기술된 투하조건에 따라 폭탄의 비행궤적을 계산하여 투하조건에 따른 조준오차를 계산하기 위하여 비행궤적의 정보를 사용한다.

- JASMEAN : Joint Air-to-Surface Munition Effectiveness Analysis Network은 공대지 폭탄의 효과도를 평가하는데 사용되는 모듈로서 DELACC 모델로부터 계산된 결과를 이용하여 선정된 폭탄과 목표의 조합에 대한 무기의 살상율을 계산하는데 사용된다.

- FPG : Flight Path Generator 모듈은 항공기의 공기역학 성능에 의존하는 비행경로를 생성한다.

- VERP : Vulnerability Estimasting Relationship 프로그램은 항공기의 면과 충돌속도의 함수로서 주어지는 위협에 대한 취약면적을 계산하는 방법을 제시한다.

- TSAM : Terminal SAM 모델은 임무수준 해석에서 저대공 미사일에 대한 침투 생존율을 평가하기 위한 최종 면적 생존율을 계산하는데 사용된다.

- AEM : Artillery Effectiveness Model 은 저대공 기총과 같은 위협에 대한 항공기의 생존성을 산출하는 모듈이며, 항공기의 생존율은 단일 일제사격과 축적된 일제사격의 피격율로써 표현된다.

- SURVIVE : 이 모듈은 항공기가 저대공 위협을 무력화하기 위한 항공기 기동성과 대응책인 ECM, CHAFF, FLARES 등의 효과를 고려하여 항공기가 적진을 진입하고 퇴각할 때의 살상율을 계산한다.

- SGM : Sortie Generation Model은 14일

동안 최대 항공기 최대 출격율을 계산하며, 사용자는 출격율을 생성하기 위해서 항공기의 수리 및 운용변수의 효과를 측정할 수 있다.

•MISSION : 이 모듈은 공대지 임무에서 항공기/무장 시스템의 사용을 평가하고 통합하는 기법을 제공하며, 출격률, 목표물 획득, 무장효과, 항공기 손실률, 항공기손상, 기후와의 상호관계의 관점에서 공대지 효과도를 평가할 수 있다. 또한 입력자료를 매개변수적으로 변화하면서 MISSION의 결과를 검토하면 항공기 설계, 무장, 그리고 전술의 효과를 체계적으로 평가할 수 있다.

•DOG FIGHT : 이 모듈은 전투항공기의 능력을 판단하는데 사용되는 성능을 계산하며 특히 근접 일대일 공중전을 수행할 때의 경우에 대하

여 적용된다.

•FORCE : 이 모듈은 대규모, 다수의 항공기가 공중전을 펼칠 때 사용되며 항공기/무장의 조합을 비교하기 위해 일대일 공중전의 결과인 DOGFIGHT의 결과를 활용하며 확률론적인 관점에서 多對多 시나리오로 확장시킨다.

실제로 각 요구도 연구에 사용된 모델은 다음과 같다. 무장요구도 연구에서는 합당한 폭탄적재와 가능한 투하조건하에서 최대의 살상율을 계산하기 위하여 DELACC와 JASMEAN 모델을 사용하였으며, 생존성 요구도 연구에서는 적합한 침투고도, 침투속도 그리고 유지 선회율하에서의 생존성 민감도를 계산하기 위해서 FPG, TSAM 그리고 AEM 모델을 사용하였다. 그리고 공대지

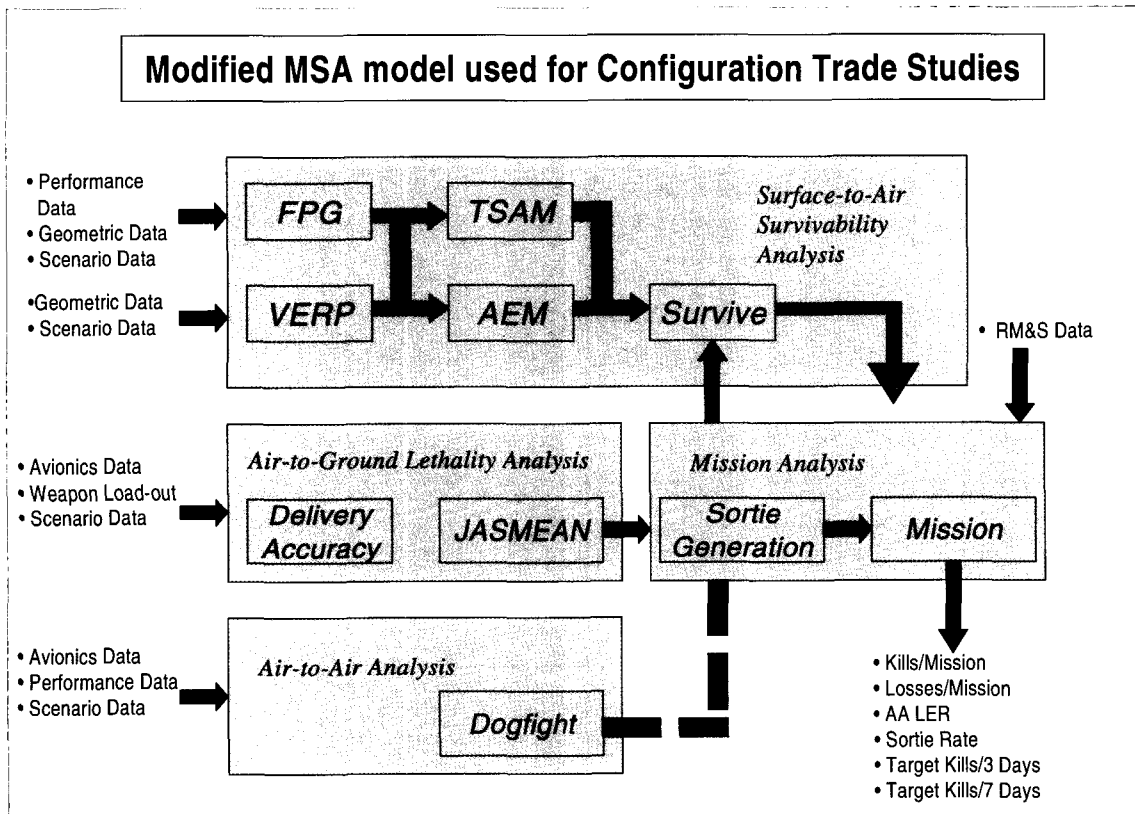


그림 3. MSA 모델의 구성도

센서 요구도 연구에서는 관련된 임무/목표물/ 위협하에서 경공격 항공기의 총체적 효과도를 최적화하는 공대지 센서의 거리능력을 파악하고, 그리고 또한 폭탄적재량, 사정거리, 항법 정확도 요구의 제한요건하에서 단일-출격 성공률을 최적화하는 공대지 센서의 정확도 능력을 평가하기 위해서 DELACC, JASMEAN, FPG, TSAM, AEM, SURVIVE, 그리고 MISSION 모델을 사용하였다. 공대공 센서 요구도 연구에서는 기종의 효과도와 공대공 센서의 거리 능력을 평가하고 또한 공대공 기동성을 연구하기 위해서 DOGFIGHT 모델을 사용하였다. 대응책 요구도 연구에서는 임무당 위협형태에 대한 조우가능 횟수, 무력화의 양, 요구되는 부가적 미스 거리를 결정하기 위해서 FPG, TSAM, AEM, 그리고 SURVIVE 모델을 사용하였다.

4) Joint Munitions Effectiveness Manual(JMEM)

JMEM은 선택된 적의 목표물에 대한 일반적인 무장(비 핵무기)의 효과도에 대한 자료를 제공하며 무장 특성, 목표물의 취약성, 투하 정확도 및 방법에 대한 정보를 제공하는 자료로 구성되어 있다.

2. 각 상세연구 수행내용

가. 무장연구

1) 무장연구의 목적

무장연구의 목적은 임무형상의 입력으로서 무장의 초기요구도를 도출하며 무장종류, 탑재무장의 수, 조준 정확도 그리고 최대 공격효과도를 획득할 수 있는 목표물/무장의 조합의 결과를 얻는데 있다. 또한 무장연구의 결과는 공대지 센서 요구도를 도출하는데 사용된다. 무장연구는 적합

한 탑재량과 가능한 투하조건에서의 최고의 살상율을 획득하는 것을 근간으로 연구가 수행된다.

무장연구의 몇가지 원칙을 다음과 같이 정립하였다.

① 선택된 무장은 경공격 임무시에 현존 획득 가능한 무장을 기본사양으로 수행한다.

② 무장연구에서 적의 목표물 선택은 경공격 임무 수행시 잠재적으로 조우할 수 있는 목표물을 선택한다.

③ 선택된 탑재 무장의 개수는 설계항공기의 탑재 가능한 무장의 수로 제한한다.

④ 조준 정확도는 항공기가 획득할 수 있는 범위의 영역으로 한정한다.

⑤ 무장투하조건은 항공기 조종사의 안전과 선택된 무장을 성공적으로 투하할 수 있는 가능한 범위에서 합리적으로 선택한다.

⑥ 만약 작은 자탄을 갖는 CBU52와 같은 무장을 탑재하고 투하고도가 1000 feet이하일 때는 수평투하로 가정한다. 폭탄 개폐장치 작동 고도는 가능한한 저고도로 설정하며 자탄(子彈) 비행시간은 필요 폭파시간보다 크거나 같아야 한다.

⑦ Mk20과 같은 장갑과피탄에 대해서는, 폭탄 개폐장치 작동 고도는 투하고도에 좌우된다. 만약 투하고도가 500 ft이면 시간은 1.4초로 정하며 100ft이상이면 폭파시간은 2.1초로 설정한다.

2) 무장연구의 방법

가) 무장 투하조건 결정

각 무장형태에 대하여 무장형태, 목표물 형태, 탑재무장의 수 등을 파악하고 고도, 속도, 하강 각도로 결정되는 투하 조건을 결정한다. 그리고 조준 정확도의 범위를 결정한다. 이러한 목표를 달성하기 위해서 JASMEAN과 DELACC 프로그램을 일괄처리 방식이 가능하도록 수정하였고 공대지 무장 효과도 데이터베이스를 구축한다. 그

후에 결과를 평가하여 목표물을 효과적으로 파괴하기 위한 무장을 선택한다. 또한 투하거리(Slant Range)에 대하여 살상율을 계산한다. 무장연구에 사용된 방법이 그림 4에 그리고 무장/ 목표물의 조합에 대한 목록이 표 1에 나타나 있다. 목표물과 무장의 조합이 결정된 후에 고도와 속도 그리고 강하 각도를 표 2와 같이 변화하면서 결과를 획득하였다.

다) 최적 무장의 선택방법

JASMEAN과 DELACC를 수행한 각 일반폭탄과 목표물의 조합 결과로부터 살상율(Probability of Kill : Pk)의 값이 강하속도, 각도, 고도 등이 변화할 때 어떠한 경향을 갖는지에 대한 도표를 생성한다. 위의 결과도표로부터 각 무장과 목표물의 조합에 대한 최적의 투하조건을 결정한다. 그림 4에 최적무장에 대한 선택방법을 간략히 소개하였다.

각 무장에 대한 최적의 투하조건에서 살상율에 대한 Contour Plot을 생성한다. 각 목표물에 대

표 1. 공대지무장/목표물 조합

AIR-TO-SURFACE WEAPON / TARGET COMBINATIONS								
	Tank	APC	SP_AAA	MB_SAM	Truck	A/C open	RR Bridge	Bunker
MK-82		XXX	XXX		XXX	XXX	XXX	
MK-83	XXX	XXX	XXX		XXX	XXX	XXX	
MK-84		XXX	XXX				XXX	XXX
CBU-52		XXX	XXX		XXX	XXX		
MK-20	XXX			XXX				
2.75 IN RX	XXX	XXX		XXX				
GBU-12							XXX	XXX
GBU-10								XXX
AGM-65	XXX	XXX		XXX				XXX

표 2. 무장 투하 조건

Aiming Accuracy (miloradians)	4	6	8	10
Altitude (ft)	500	2000	3500	5000
Speed (ktas)	400	475	550	
Dive Angle (deg.)	0	-10	-20	-30

하여 일반폭탄의 살상을 Pk과 유도폭탄의 살상을 비교한다. 이러한 방법으로 각 목표물에 대한 가장 효과적인 무장을 선택한다. 최적의 투하조건으로부터 결정된 강하 각도와 항공기 비행속도를 고정하고 각 목표물에 대하여 최적의 무장을 선택한 후에 개선된 DELACC 모델을 수행하여 여러 고도에서의 투하거리를 계산한다. 그 후에 개선된 JASMEAN 모델을 수행하여 여러 투하거리에 대한 살상율을 산출한다. 투하거리, 조준 정확도, 살상율에 대한 결과를 획득하여 그에 따른 여러 조준 정확도를 매개변수로 하여 사거리에 대한 살상율을 그래프화한다.

나. 공대지 연구

1) 공대지 연구의 목적

공대지 연구의 목적은 탑재될 공대지 센서의 거리와 정확도의 초기 요구도를 도출하고 이는 설계 단계에서 총 무장 탑재량과 항법 정확도를 표시할 수 있는 노모그래프 (Nomograph)를 생성하여 공대지 효과도를 제시하는데 있다.

2) 공대지 연구 수행 기본 법칙

경공격 임무인 공중근접지원 및 전장차단 임무를 수행 시 작전에 참여하여 최대 목표물 살상율 등의 총체적 효과도를 최적화하는 공대지 센서의

Methodology for Weapon Study

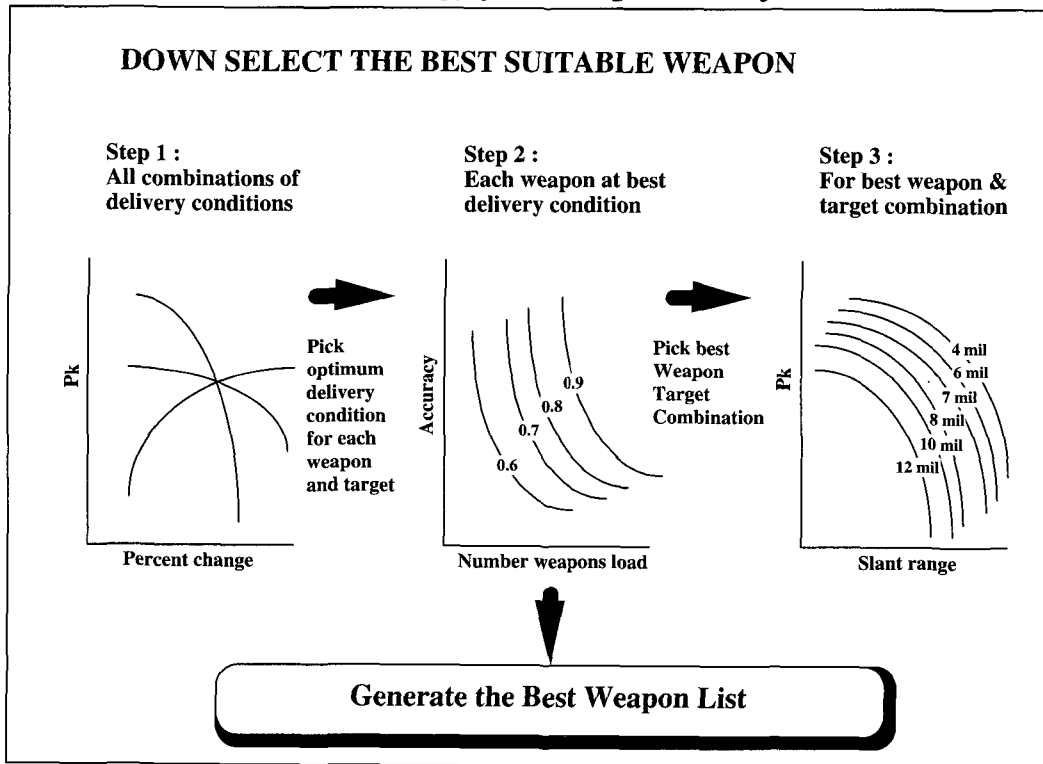


그림 4. 무장선택의 방법 개략도

거리 능력을 극대화할 수 있도록 선정한다. 공중 근접지원 및 전장차단 임무를 수행할 때 조우하는 위협은 SA-14, S-60, ZSU-23-4 등의 지대공 미사일이며 목표물은 탱크, 장갑차(APC: Armored Personnel Carrier), 對 항공기용 포(SP-AAA: Self Propelled Anti-aircraft Artillery) 등이다. 작전기간은 3일로 가정한다. 공대지 센서의 정확도 능력은 무장탑재량, 투하거리, 항법 정확도 요구도의 제한내에서 단일 출격시 성공률(Single Sortie Probability of Success)로 최적화된다.

3) 공대지 연구 수행 방법

공대지 연구를 수행하기 위해서는 다음과 같은 몇가지 가정을 하였다.

- ① 적의 위협과 목표물은 동일한 곳에 위치한다.
- ② 항공기가 공중근접임무 수행 시에는 중거리 지대공 미사일은 진압된 상태이며 항공기 격추를 위해 포진되지 않는다.
- ③ 오직 목표물 근접위치에서의 항공기 손실이 발생한다고 가정한다.
- ④ 항공기가 무장을 투하하기 전에 이미 반정도의 항공기 손실율이 발생하였다고 가정한다.

각각 다른 투하거리에 대하여 디지털 급상승 무장 투하 비행궤적(Digital Pop-up Weapon Delivery Flight Path)을 생성한다. 이 때의 속도와 강하각도는 450kts와 -20도로 설정하고 고도는 2,000ft에서부터 20,000ft까지로 변화시킨다. 투하거리(Slant Range)는 4,000ft에서 27,000ft까지로 변화시키면서 비행궤적을 생성하며 항공기 강하각도와 투하고도의 함수로서 표시된다. 단일 조우 살상율(Single Encounter Probability of Kill)을 계산하기 위해 지대공 미사일에 대하여는 TSAM 모델을 수행하고 지대공 포에 대해서는 AEM 모델을 수행한다. 무장연구에 의해 얻어진

무장효과도 결과와 TSAM, AEM을 수행결과를 입력자료로 하여 Mission 모델을 수행한다. Mission 모델을 사용하기 위해서는 JASMEAN과 DELIVERY ACCURACY 모델의 결과와 무장연구 결과를 사용한다. 무장연구로부터 무장/목표물 조합은 다음 표 3와 같다.

표 3. 무장/목표물의 조합

Weapon	Target
6 Mk20	Tank
4 Mk83	APC
4 Mk82	SP-AAA

그림 5에는 AEM 모델과 TSAM 모델에 사용되는 적의 위협인 S-60와 ZSU-23-4 그리고 SA-14의 사양을 나타내었다.

단일 교전시 Mission 모델을 수행하여 상호 손실율과 주어진 교전기간내에 목표물 살상율을 구할 수 있다. 선택된 장점에 대한 척도는 절대 값으로 사용되지 않으며 그 값은 전술이나 대응책(Counter Measures)를 고려하지 않았다. 그러나 전술이나 대응책이 사거리에 무관하다면 효과도에 대한 경향은 같다.

마. 공대공 효과도 연구

1) 연구의 목적

본 연구는 설계항공기에 대한 공대공 센서의 요구도를 정립하고 공중기동성에 대한 변수와 기종의 효과도를 평가하는데 있다.

2) Dogfight 모델의 방법

DOG FIGHT 모델을 사용하기 위해서는 다음의 두가지 가정을 하였다.

- ① 조종사 행동과 능력은 고려하지 않았으며,
- ② 비행은 고정된 고도와 속도에서 수행된다.

AAA & Missile Threats

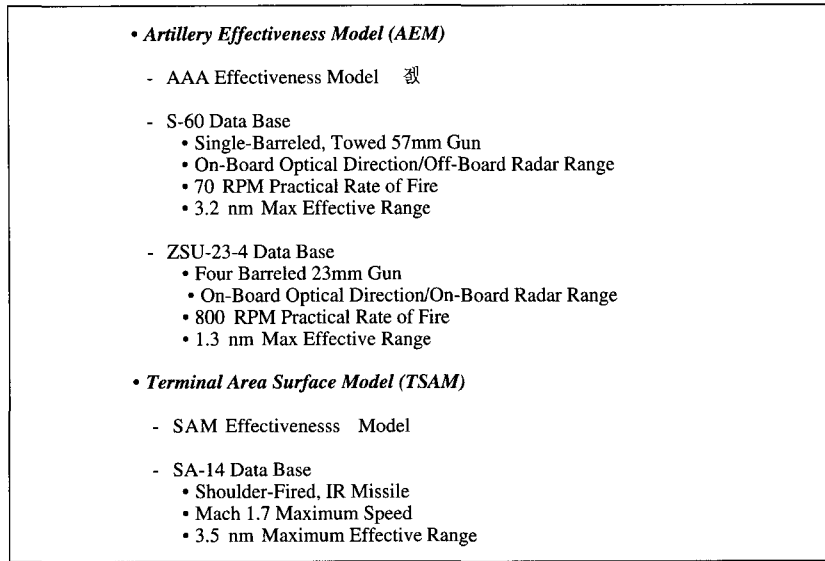


그림 5. AEM과 TSAM 모델의 위협

Dogfight Model Methodology

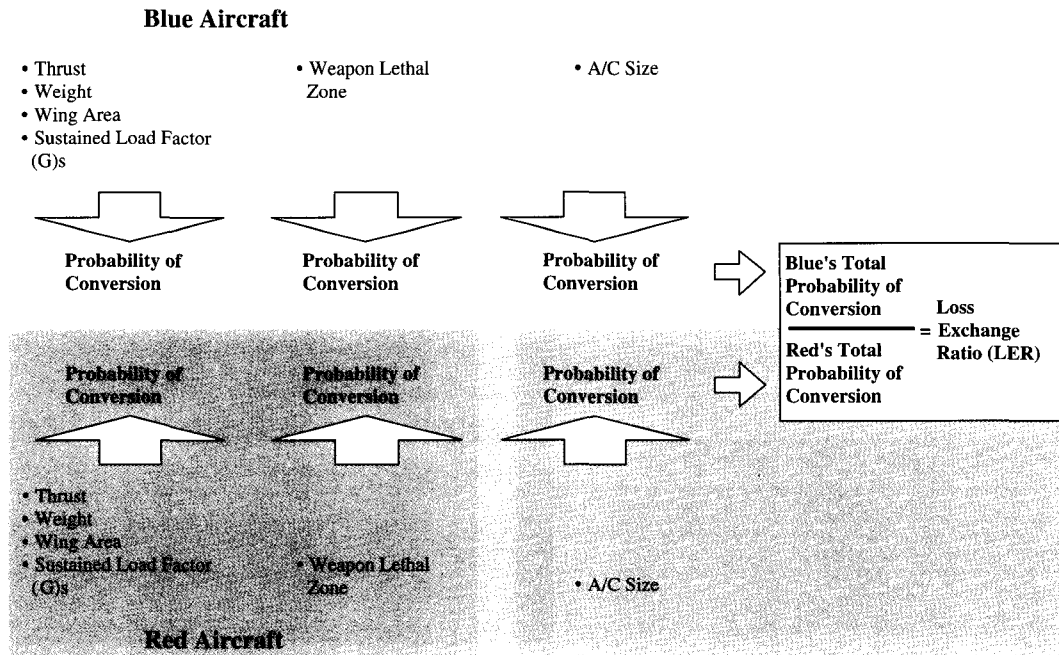


그림 6. DOGFIGHT 모델의 기법

Dogfight 모델의 기법을 그림 6에 소개하였다.

적 항공기와와의 근접 공중전은 종종 일대일 전투의 결과로 평가되며 DogFight 모델은 전투기 능력을 평가하는 성능을 계산함으로써 근접 일대일 공중전의 결과를 생성한다.

항공기 성능과 무장시스템 효과도는 각 항공기마다 다른 동적요소로 간주된다. DOGFIGHT 모델은 성능의 척도를 생성하여 항공기를 비교하며 이 성능의 결과는 주어진 일대일 전투상황에서 우군 항공기가 적 항공기에 대해 우세한 위치를 장악할 수 있는 확률을 정립하는데 사용된다. 또한 이 모델은 근접 공중전에서 통합된 무장시스템의 효과를 수량화하는데에도 사용된다. 기본적인 물리적 공력특성이 모델의 입력자료로 필요하며 무장은 발사 가능한 범위의 총 면적을 기반으로 평가된다.

1972년 W.B. Herbst와 B. Krogull⁽⁴⁾은 근접 공중전에 대한 방법의 일환으로 상관계수(Correlation Factor)를 제시 하였으며 이 계수는 근접 공중전에서의 항공기 성능을 비교하기 위한 비율을 의미하며 전투기의 주요 설계변수로서 평가된다. 이 상관계수는 무장발사 기회, 무장의 효과도의 항공기 능력으로 간주되며 다음의 식으로 표현된다.

Correlation Factor

$$= 5(AR + 100t/c + 10 \cos A)^{1/2} + 10(T/W)^{1/2} - 0.2W/S + 1.5MD$$

여기에서 AR : Aspect ratio

t/c : Average wing thickness

A : Leading Edge sweep angle

T/W: Sea-level uninstalled thrust to weight ratio

W/S : Wing Loading

MD : A variable representing maneuvering devices(value of 1 or 0)

차후에 에너지/기동 매개변수를 도입하여 전투 계수(Combat Factor)인 다음 식을 사용하였다.

$$CF = \{12.06 - 0.09732(W/S) + 1.1836G_s\} \cdot (T/W)^{1/3} + 1.938$$

위 식에서 T/W는 항공기 추력과 선형 가속을 나타내는 변수이며, G_s 는 선회능력을 표현하고 W/S는 날개하중을 나타낸다.

최종적으로 전투계수의 차이를 무장변환 기회(Weapon conversion opportunity)로 관계를 설정하였으며 물리적으로 에너지와 기동성으로 인하여 다른 항공기를 제압할 수 있는 변환 확률(Probability of Conversion)으로 계산하였다. 또한 다음의 무장 발사범위의 효과를 고려하기 위해 재수정하였다. 아래 식은 무장발사범위를 계산하기 위한 것이다.

$$A_{WE} = (2\theta/360)\pi(R_{max}^2 - R_{min}^2)$$

여기에서

A_{WE} : Area of weapon envelope in square nautical miles

θ : Maximum aspect angle of the weapon in degree

R_{max} : Maximum weapon range in nautical miles

R_{min} : Minimum weapon range in nautical miles

또한 항공기의 크기에 의한 전투 장점을 고려

표 4. Dogfight 모델에 사용된 모델항공기의 중량 및 면적

Weight(lb)		Presented Area(ft^2)	
Empty	10,000	Front	33
Fuel	2,400	Side	175
Missile	500	Top	392
Pilot	200		
Total Weight	13100		
Wing Area(ft^2)	225	Engine(lb)	10,200

하여 총변환 확률(Total Probability of Conversion)을 생성하였다. 그러나 조사에 의하면 항공기 크기에 의한 변환 확률은 0.2를 넘지 않는 것으로 알려져 있다.

3) 모델 항공기와 무장사양

DOG FIGHT 모델에서 사용된 항공기의 중량과 Presented Area, 날개면적, 엔진추력은 다음의 표 4과 같다. 기본항공기로부터 엔진 추력에 대한 상세연구를 수행하기 위해 다음의 표 5와

같은 다른 추력을 갖는 기본항공기를 설정하였다. 무장의 사양은 무장의 발사범위 면적과 발사거리, 그리고 최대 편향발사각 등으로 구분하여 데이터 베이스를 구축하였다. 다음의 표 6에 무장사양을 나타내었다.

표 5. 세가지 기본항공기의 중량

Baseline21	Baseline22	Baseline23
9,250 lb	10,200 lb	12,900 lb

표 6. 기총과 미사일 등의 무장 사양

Name	Probability of Kill	Weapon Area	Range		Max Aspect Angle
			Min	Max	
Weapon 1	0.89	57.8	0.3	4.3	180
Weapon 2	0.89	28.1	0.3	3.0	180
Weapon 3	0.89	58.1	0.0	4.3	180
Weapon 4	0.89	28.3	0.0	3.0	180

III. 결 과

1. 무장연구 결과

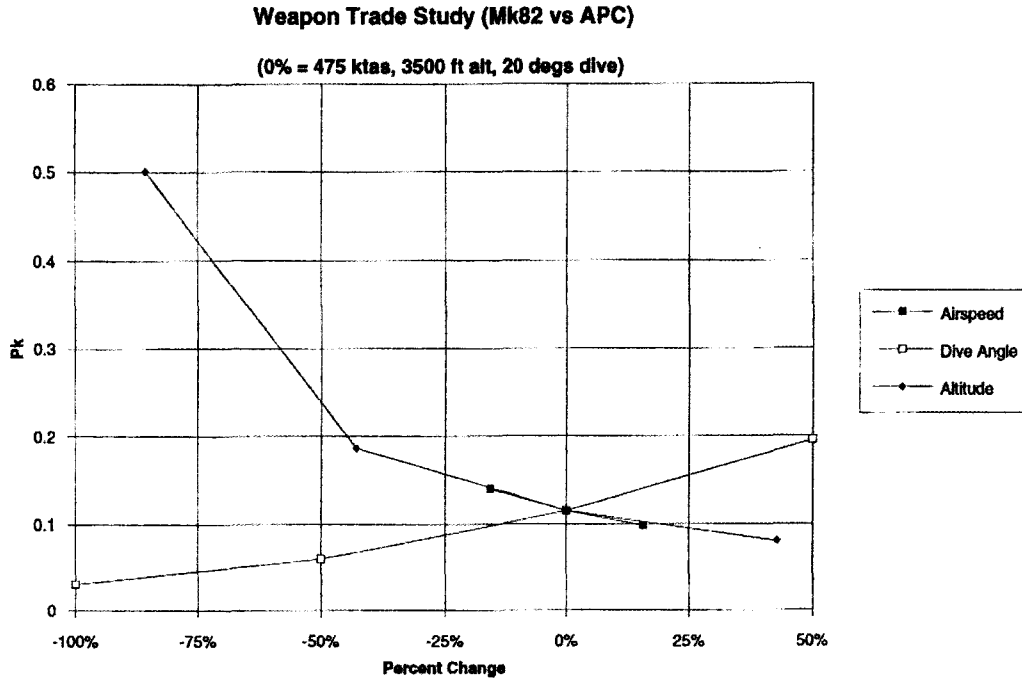


그림 7. Mk82를 탑재한 항공기의 속도, 강하속도, 침투고도에 따른 민감도 결과.

무장/목표물의 조합에서 최적의 투하조건을 결정하는 것을 위해서 각 무장투하조건에 따른 민감도를 조사하였다. 그림 7은 Mk82에 대하여 목표물을 APC로 선정하고 조준정확도를 7 milliradian, 탑재무장 수를 1로 설정하고 항공기 속도, 강하각도, 비행고도를 매개변수적으로 변화시키면서 살상율에 미치는 영향을 검토한 결과이다. 이 경우 항공기의 속도가 살상율에 제일 민감하게 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 그 다음으로는 강하각도, 고도별의 순으로 영향을 미치고 있다. 그림 8는 항공기가 Mk82를 탑재하고

목표물 AAA(Anti-Aircraft Artillery)을 공격할 때 위협 S-60, ZSU-23-4, SA-14등에 대한 손실율을 보여주고 있으며 S-60가 공중방어를 담당할 때 가장 공격을 쉽게 할 수 있음을 알 수 있다.

최적 무장 선택문제에 부가적으로 무장연구에서는 위에서 얻은 최대 무장/목표물/ 투하조건인 결과를 이용하여 다수 무장투하에 대한 목표물 살상확률을 계산하였다. 다수 무장 투하 목표물 살상확률은 사거리, 조준 정확도, 목표물 종류의 함수로 결정된다. 이 확률은 단일 무장탑재 효과도와

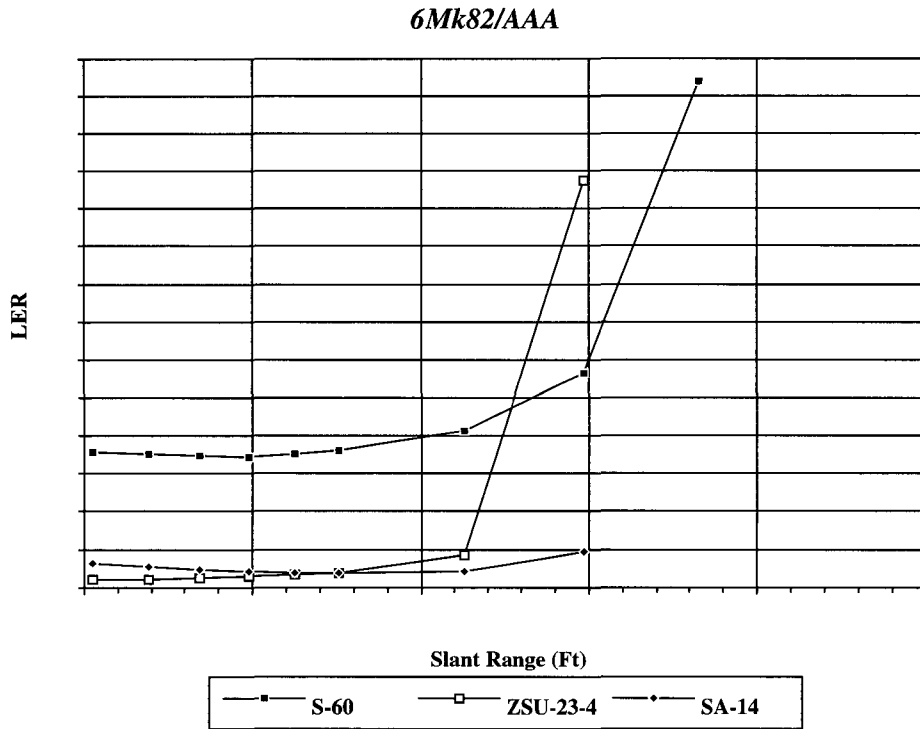


그림 8. Mk82 탑재하고 AAA파괴시 각 위협에 대한 손실율

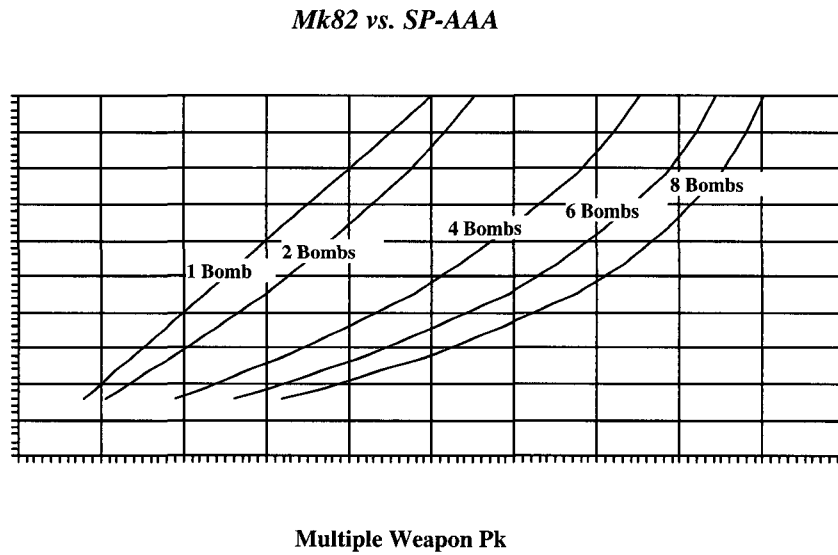


그림 9. Mk82 탑재하고 SP-AAA 파괴시 다중 폭탄탑재 효과도

Mk82 vs. Self-Propelled AAA

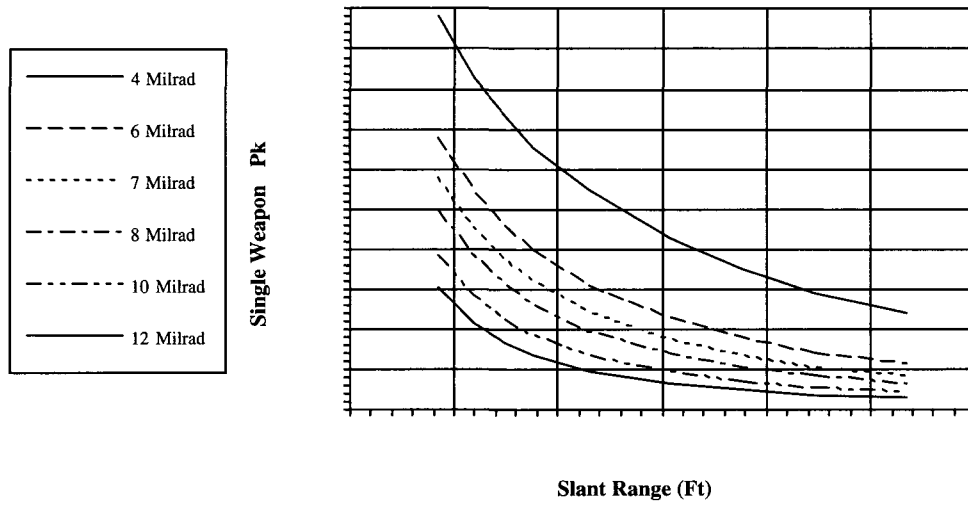


그림 10. Mk82 탑재하고 AAA 파괴시 조준정확도에 대한 효과도

Mk82 vs. Self-Propelled AAA

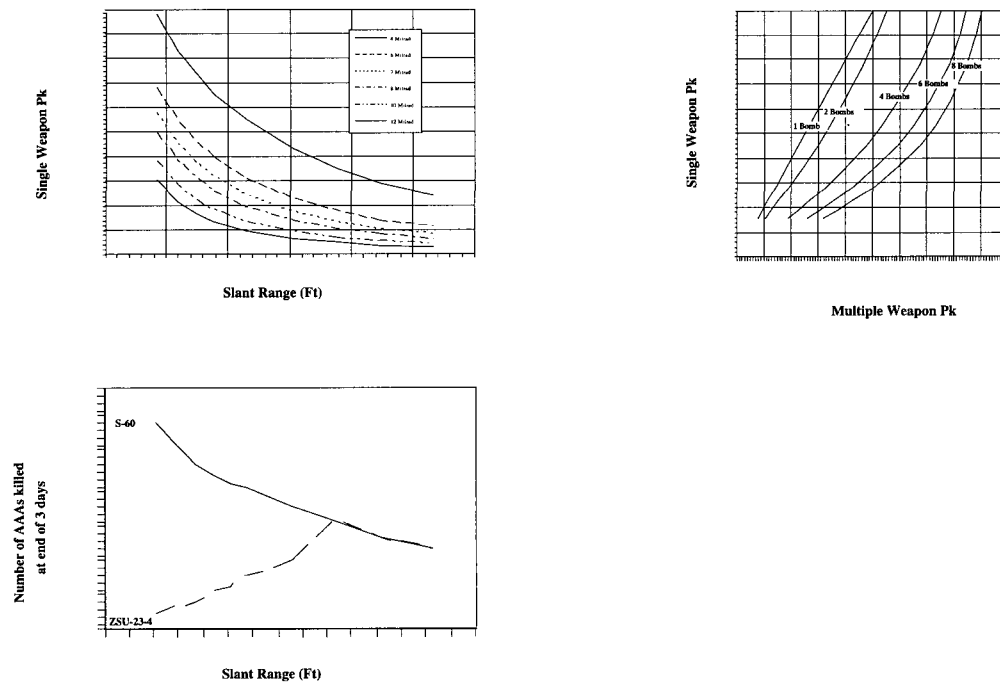


그림 11. Mk82 탑재하고 3일동안 파괴한 AAA 수

다수 무장탑재 효과도의 관계를 보여주며 그림 9는 Mk82/SP-AAA의 다중 폭탄탑재 효과도를 나타내며 무장탑재 수가 증가할수록 살상율이 증가함을 알 수 있다.

아래 그림 10은 Mk82/SP-AAA의 사거리에 대한 단일 폭탄투하 살상율 결과로서 조준 정확도에 따른 무장의 효과도를 분석하였다. 조준 정확도가 높을수록 살상율이 증가함을 알 수 있다.

2. 공대지 연구 결과

본 연구의 목적은 무장연구와 함께 항공기 항법 정확도 연구와 병행하여 사거리, 공격 항공전

자 시스템, 탑재무장 공격률, 항법 정확도 등을 조절하여 공대지 효과도를 나타내는 Nomograph를 작성하는 것이다.

본 연구에서는 고정된 강하각도에서 적절한 사거리 범위를 생성하는 고도범위를 선택하였으며 무장 살상율과 항공기 생존성을 최적화하였다. 그 다음에 각 선택된 사거리에 대하여 디지털 급상승 무장 투하 비행궤적을 FPG 모델로 생성하였으며 그 후에 각 위협에 대하여 단일 조우 살상율을 얻기 위해 개선된 TSAM과 AEM을 수행하였다. 다음 절차는 이미 무장연구에서 생성된 선택고도에서 선택된 목표물에 대하여 주어진 시간당 목표물 살상수를 얻기 위하여 위의 생존성

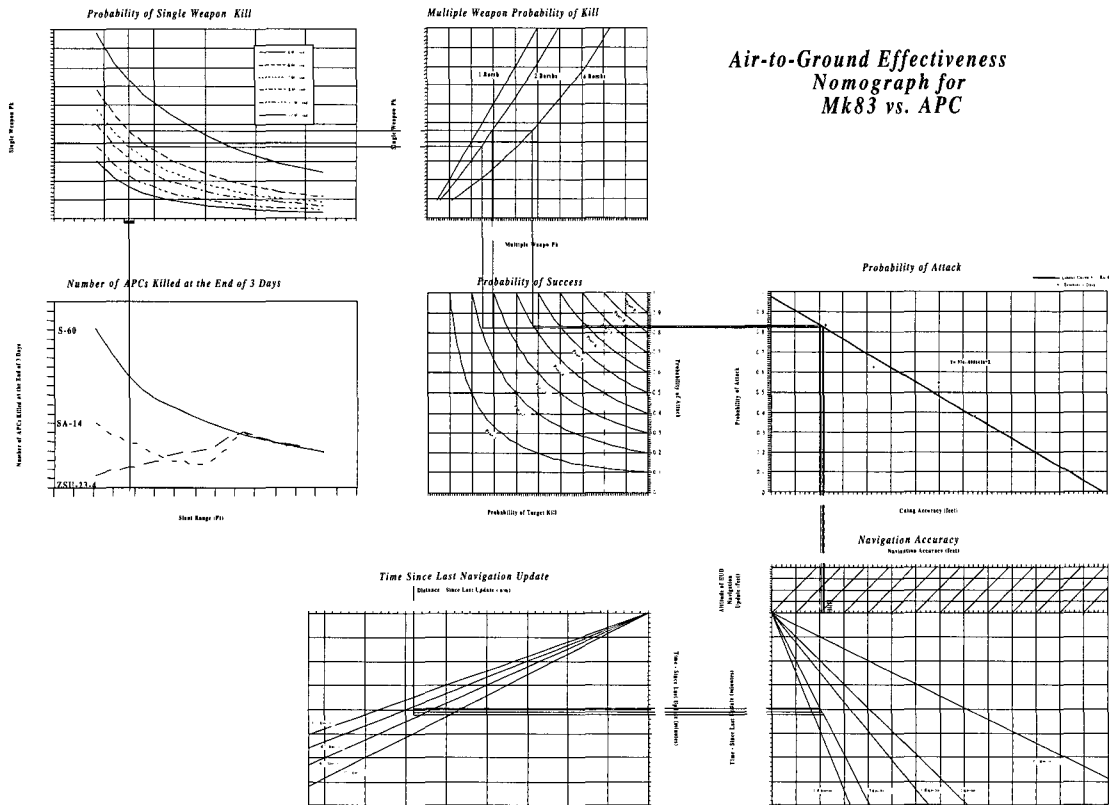


그림 12. Mk83/APC에 대한 공대지 효과도 분석표(Nomograph)

자료와 함께 Mission 모델을 수행하였다. 그림 11는 6개의 Mk82를 탑재하고 AAA가 S-60와 ZSU-23-4의 방공망으로 보호되고 있고 항공기가 400kts로 비행하며 20도로 강하하면서 AAA를 3일동안 파괴한 수이다. 그림에서 S-60는 그리 치명적인 위협이 아니며 ZSU-23-4는 상당히 저고도에서 치명적임을 알 수 있다.

공대지 센서 연구에서는 공대지 효과도 노모그래프를 다음 경우에 대하여 생성하였다.

① 6 Mk82 vs. Self-Propelled Anti-Aircraft Artillery(SP_AAA)

② 4 Mk83 vs. Armored Personnel Carriers (APCs)

③ 6 Mk20 vs Tanks

그림 12는 두 번째 경우의 결과를 나타내었다.

공대지 센서 연구를 통하여 성공률을 파악함으로써 공격 항공전자, 무장탑재량, 탐지확률 등을

쉽게 결정할 수 있다. 선택된 노모그래프의 결과는 과잉의 무장탑재, 센서정확도없이 성공률을 최대로 하기 위해서는 무장분리 시스템이 탱크 크기의 목표물(즉, ZSU-23-4의 크기)을 파괴하기 위해서는 18,500ft의 사거리로부터 자유낙하 폭탄을 4~6 mil의 정확도를 보유해야 함을 예시한다.

3. 공대공 성능 결과

공대공 연구에서는 동 기종의 경전투기를 대표 하는 기본항공기를 설정하여 관련된 자료를 파악 하였으며 주요 변수는 전투기 중량, 엔진추력, 날개면적, 항공기 투영면적 그리고 유지선회를 등으로 파악되었다. 본 연구에서는 획득가능한 다른 엔진추력을 갖는 기본항공기를 3개 선택하여 엔진추력이 에너지 기동성, 항공기 크기에 의한 장점 그리고 손실율에 미치는 영향을 살펴보았다. 그림

Energy-Maneuverability Ratio

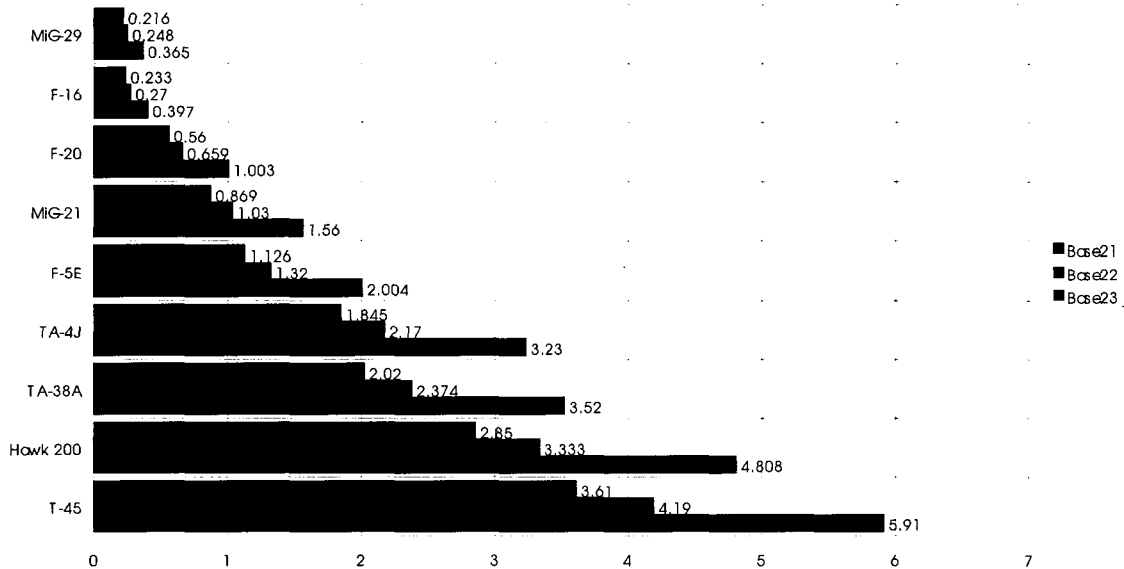


그림 13. 각 항공기와의 에너지-기동성 비교

13에 각각의 추력에 따른 에너지 기동성비를 나타낸 결과를 그려보았으며 비교항공기는 훈련기 급에서부터 최신에 전투기까지를 비교대상으로 삼았다. 에너지-기동성, 무장발사범위, 항공기 크기에 따른 이점을 고려한 최종 손실율에 대한 결과는 그림 14에 나타내었다. 손실율은 다음과 같이 정의된다.

다음으로 공대공 연구에서는 엔진 추력이 10,200 lb인 기본항공기를 선정하여 아래와 같은 다른 무장에 대한 효과도를 평가하였다.

LER(Loss Exchange Ratio)

$$= \frac{\text{No. of Baseline Aircraft lost}}{\text{No. of Opponent Aircraft lost}}$$

$$= \frac{P_k \text{ of Baseline Aircraft}}{P_k \text{ of Opponent Aircraft}}$$

① Weapon 1 : 기총은 없고 레이더만 탑재한

가시거리용(WVR : Within Visual Range) 미사일,

② Weapon 2 : 기총과 레이더가 모두 없는 WVR 미사일,

③ Weapon 3 : 기총과 레이더가 모두 탑재한 WVR 미사일,

④ Weapon 4 : 기총은 있으나 레이더가 탑재 안된 WVR 미사일)

기본 항공기의 경쟁기종은 MIG-21, F-5E, Hawk-200, Hawk-100 등으로 처음 셋째기종은 레이더와 기총을 모두 탑재한 WVR 미사일을 보유하고 있으나 네 번째인 Hawk-100은 WVR 미사일만을 보유하고 있다. 따라서 레이더와 기총의 보유의 여부가 LER에 미치는 영향을 평가할 수 있다.

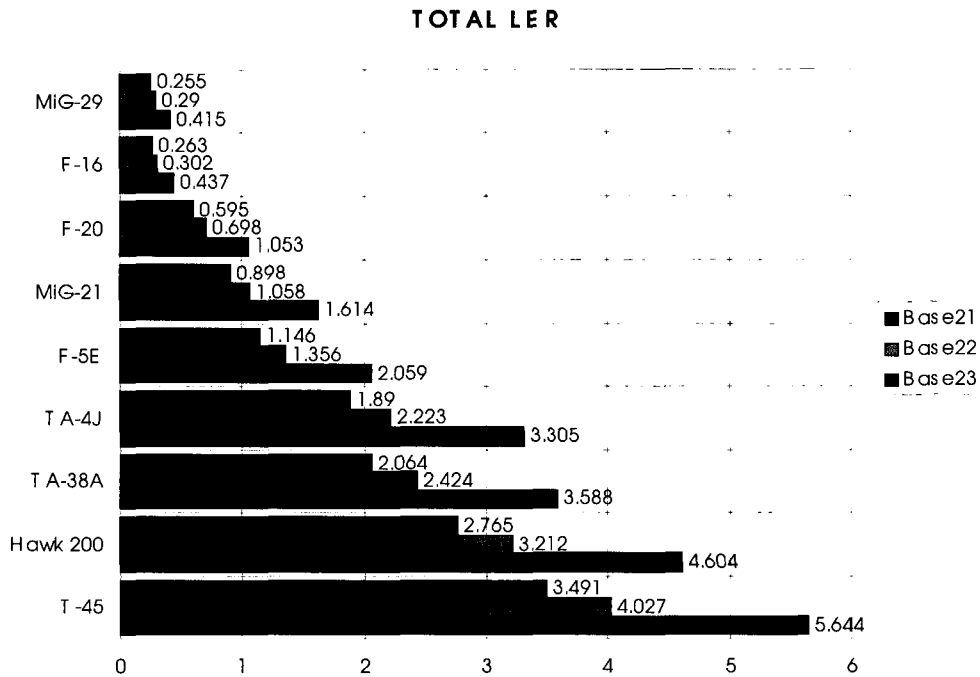


그림 14. 총 손실율(LER)

LER vs. Sustain G

(Baseline22 + Wpn1)

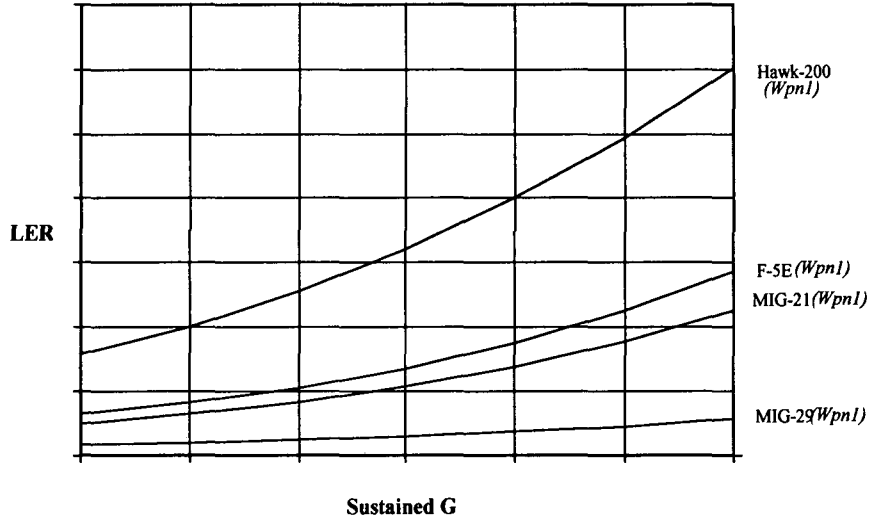


그림 15. 무장 1을 탑재했을 때의 손실율

LER vs. Sustain G

(Baseline22 + Wpn2)

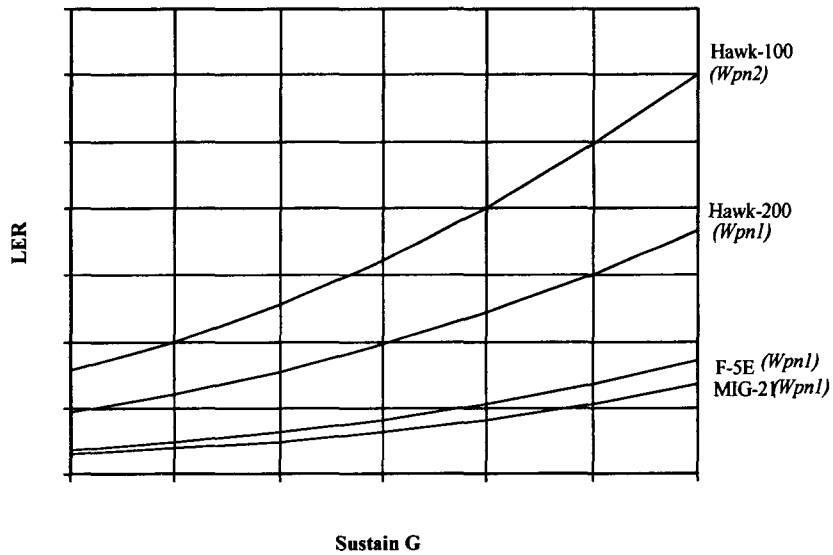
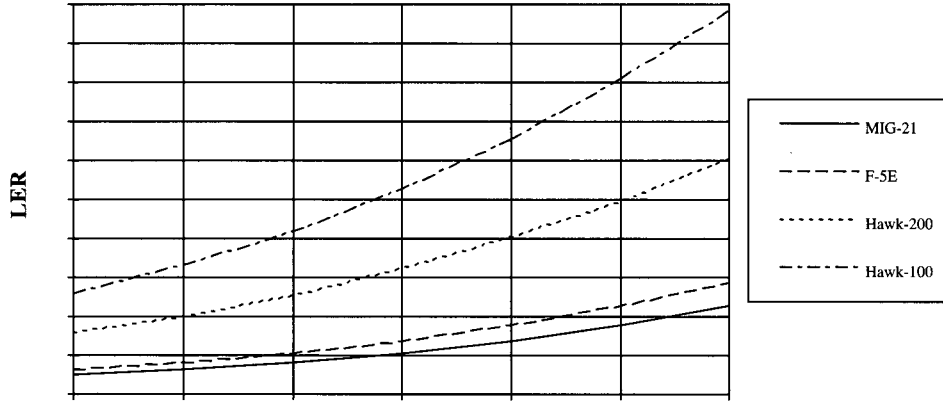


그림 16. 무장 2을 탑재했을 때의 손실율

LER vs. Sustain G

(Baseline22 + Wpn3)

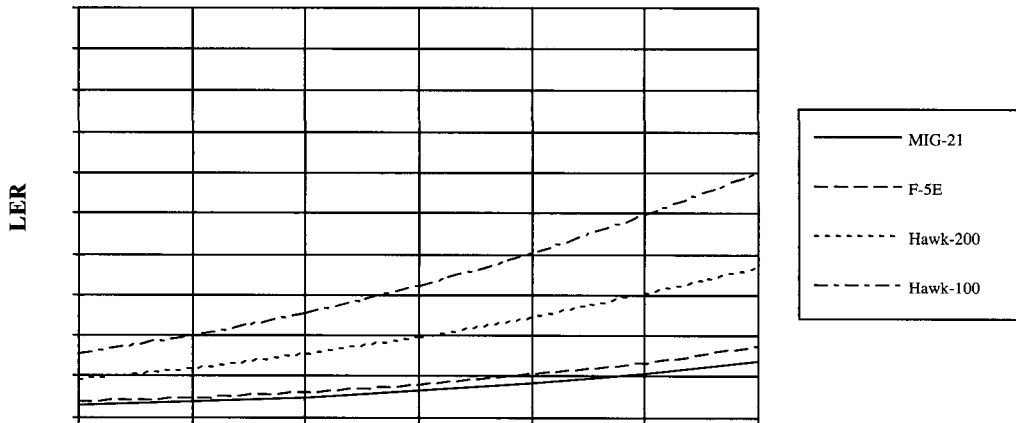


Sustain G

그림 17. 무장 3을 탑재했을 때의 손실율

LER vs. Sustain G

(Baseline22 + Wpn4)



Sustain G

그림 18. 무장 4을 탑재했을 때의 손실율

Air-to-Air Engagement Zones for Analysis

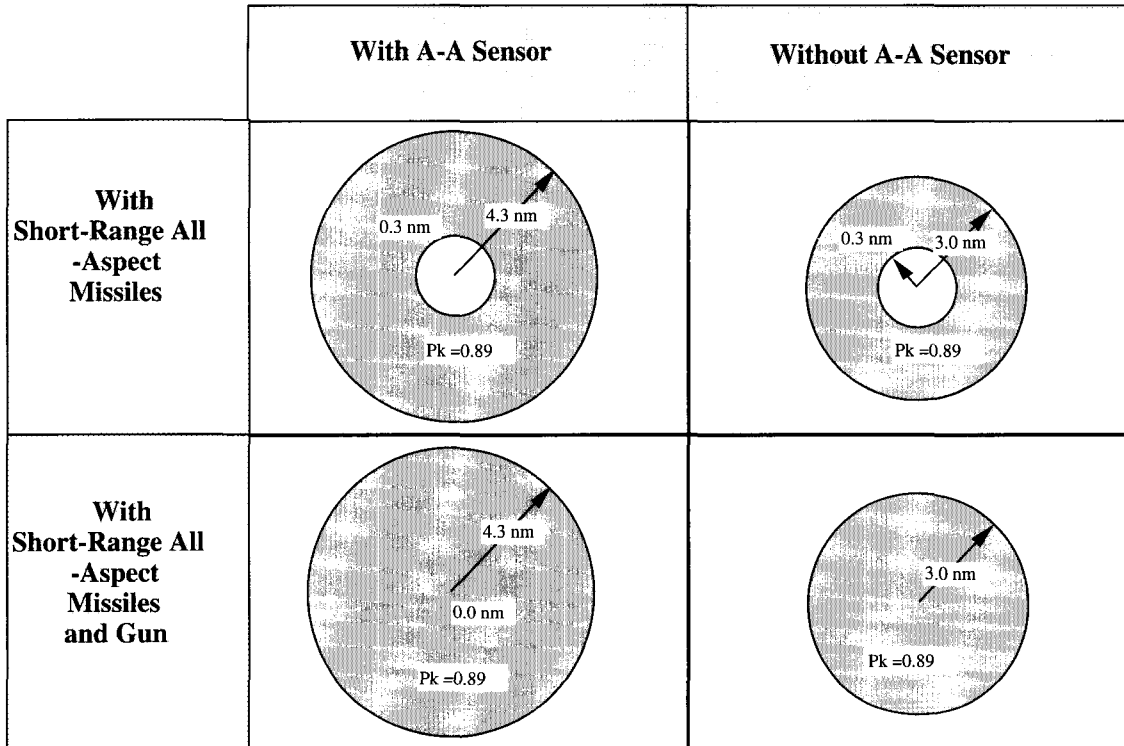


그림 19. 공대공 해석을 위한 전투 영역

그림 15, 16, 17, 18은 무장1, 2, 3, 4를 탑재한 기본항공기가 MIG-21, MIG-29, F-5E, Hawk기와 공중전을 전개할 때의 손실율을 보여주며 LER 1이상이면 기본항공기가 탑재무장의 상태에서 유리함을 의미한다. 그림 19는 공대공 해석을 위한 전투 영역을 보여주고 있다. 여러 임무와 상황에서 공대공 센서를 WVR 전투에서 보유하는 것은 상당한 이점이 있다. 또한 공대공 센서로부터 얻을 수 있는 최대의 이점은 상황 인식과 위협회피 설정이 필요한 전장차단 임무시이다. 설계 항공기는 MIG-21을 상대하여 전투 전개시 우세한 위치를 소유하기 위해서는 15,000ft에서 유지선회 6G 정도의 기동성을 보유해야 한다.

요격임무나 우군 전투기의 지원이 없는 전장 차단임무 수행을 하지 않는다면 공대공 센서를 보유할 필요는 없는 것으로 판단된다. 그러나 요격이나 전장차단임무를 수행하는 임무 요구가 있을 때에는 공대공 센서의 장착이 필수적이다. 기종의 경우는 다른 무장의 최소 효과 범위내에서 일어나는 교전에서는 상당히 필요한 무장이다. 단거리 공대공 미사일이 점점 효과적이고 완전한 무장 발사범위를 보유하는 거리에서 적 항공기를 조우하는 경우 기종 효과도는 감소한다. 따라서 기종은 설계에 있어서 큰 역할을 하지 않는 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 전투기 개념설계단계에서의 공대공/공대지 임무효과도 분석에 대한 연구를 수행하였으며 그에 따른 각종 생존성 향상을 위한 항공기 설계 변수에 대한 판단근거를 제시하였다. 전투기 효과도 분석을 위해 필요한 연구 항목을 각 임무와 점성능(Point Performance), 치명성(Lethality), 생존성(Survivability), 장착무장 그리고 공대공/공대지 센서의 관점에서 선정하였으며 경공격을 주임무로 한 항공기의 임무-위협 분석을 수행하여 임무수행시 조우하게 되는 위협에 대한 밀도 및 미래의 위협에 대한 예측을 하였다.

무장연구에서는 목표물을 효과적으로 파괴하기 위한 무장의 종류, 공격 수행을 위한 탑재무장의 수, 조준 정확도, 최대 공격효과도를 획득할 수 있는 무장/목표물의 선정을 수행하여 최적의 투하조건을 선정하여 그에 따른 살상율을 계산하여 무장의 효과도를 평가하였다. 공대지 센서연구에서는 항공기에 탑재할 공대지 센서의 거리와 정확도등에 대한 상세연구를 수행하여 작전기간동안에 목표물을 최대한 파괴하기 위한 공대지 센서의 요구사항을 도출하였다. 3일의 작전기간동안에 탱크크기의 목표물에 대하여 효과적인 공격을 위하여 공대지 센서가 높은 정확도를 보유해야 하며, 최대 유효 탑재량을 제시함으로써 무장 장착 기준을 제시하였다. 항법 정확도 연구에서는 임무 성공률을 향상시키기 위한 항법정확도를 제시하였으며 항법시스템은 GPS 정확도를 보유한다면 임무성공율을 향상시킬 것으로 예상된다. 전투 생존성 연구에서는 임무형상(Mission Profile)에 대한 침투고도, 침투속도, 유지선회율, 최대 구조적 하중계수 등에 대한 기준을 제시하였으며 적의 위협에 대한 생존성을 향상시키기 위한 변

수를 추출하였다. 항공기 침투속도가 생존성을 향상시키는 주요 요소이며 대부분의 경우에 있어서 항공기의 성능에 의존하여 고성능 미사일을 회피하는 것은 상당히 어려우며 생존성을 향상시키기 위해서는 CHAFF/FLARE와 같은 대응책이 요구된다는 사실을 파악하였다. 공대공 센서연구에는 에너지-기동성, 무장발사범위, 항공기 크기에 따른 이점을 연구하여 손실율을 계산하였으며 여러 임무에서 공대공 센서를 가시거리 전투에서 사용하는 것이 유리하며 기총에 대한 효과도 분석을 수행하여 기총의 필요성에 대한 연구를 진행하였다. 대응책 연구에서는 적의 위협을 무력화하여 목표물을 최대한 파괴하고 귀환하기 위한 생존율을 산출하였으며 SA-14나 ZSU-23-4를 무력화하기 위해서는 Chaff/ Flare를 사용해야 한다는 사실을 발견하였다. 위의 연구로부터 전투기 생존성을 향상시키기 위해서는 상당히 많은 요소에 대한 고려가 필수적이며 대규모 작전 시나리오를 구성하여 완전한 시뮬레이션이 수행되어야 총체적인 평가가 수행될 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 정경진, "경공격기 운용요구도 정립에 대한 연구", 국방기술연구, July. 1998.
2. Robert. E. Ball "The Fundamentals of Aircraft Combat Survivability Analysis and Design", AIAA Education Series, 1985
3. "Military System Analysis", Lockheed Fort Worth Company
4. W. B. Herbst, B. Krogull, "Design for Air Combat", AIAA 4th Aircraft Design, Flight Test and Operations Meeting at Los Angeles, Aug. 1972