

군사과학연구

Journal of Military Science and Technology Studies

ISSN 1975-3888
제15권 제1호 2022년 6월



연구논문

GOP 과학화 경계시스템에 관한 운용자 인식과 발전방향 연구

박태웅 · 김태호

DEA를 활용한 전력지원체계 납품 적합업체 판별 분석 및 개선방향 연구

임정택 · 이문걸

도약적 국가우주력 발전을 선도할 공중발사체 개발 필요성 연구

박기태

군사목적의 합성 데이터셋 제작을 통한 객체인식 효율성 제고 방안

변재현



국방대학교
국가안전보장문제연구소

군사과학연구

Journal of Military Science and Technology Studies

ISSN 1975-3888
제15권 제1호 2022년 6월



연구논문

- GOP 과학화 경계시스템에 관한 운용자 인식과 발전방향 연구 ————— 박태웅 · 김태호 1
- DEA를 활용한 전력자원체계 납품 적합업체 판별 분석 및 개선방향 연구 ————— 임정택 · 이문걸 25
- 도약적 국가우주력 발전을 선도할 공중발사체 개발 필요성 연구 ————— 박기태 39
- 군사목적의 합성 데이터셋 제작을 통한 객체인식 효율성 제고 방안 ————— 변재현 63





Research Papers

Development Direction and Operator Awareness on GOP Science Guard System / Taewoon Park · Taeho Kim	1
A Study on Improvement Direction and Recognition Analysis of appropriate force support equipment's supply companies by using DEA / Jung-Taek LIM · Moon-Gul Lee	25
Research on the necessity of Air-launched Space Rockets for Breakthrough Development of R.O.K National Space Power / Park, Ki-tae	39
A Study on Improvement of Object Recognition Efficiency by Generating Synthetic Datasets for Military Purpose / Jaehyun Byeon	63

GOP 과학화 경계시스템에 관한 운용자 인식과 발전방향 연구

Development Direction and Operator Awareness on GOP Science Guard System

박태웅¹⁾ · 김태호²⁾

Taewoon Park · Taeho Kim

ABSTRACT

GOP scientific guard system has been operated 5~6 years by GOP unit from 2015-2016. However the media and the National Assembly's National Defense Committee used to raise great concerns about maintaining the security operation to the front line of North Korea due to frequent errors and failures.

The goal of this study is to suggest the development direction of the next GOP scientific guard system through the overall evaluation and problem identification of the GOP scientific guard system of the GOP unit commanders and staffs of the previous research.

The survey was analyzed using statistical analysis techniques such as parametric t-test, hierarchical analysis technique(AHP), ranking procedures. As a result of the study, it was confirmed that the commanders and staffs of the GOP units recognized that the GOP scientific guard system was an effective and efficient system to achieve the objectives of the GOP security operation. However, for the completeness of the GOP security operation, improvement of the problems identified in the maintenance and use facility satisfaction survey of the GOP scientific guard system was required.

The results of this study will serve as a basis for reflecting and promoting the requirements of users when developing the GOP scientific guard system in the future.

Key Words: GOP scientific guard system, survey, parametric t-test, hierarchical analysis technique(AHP), ranking procedures

논문접수일 : 2022년 6월 10일, 심사일 : 2022년 6월 6일, 게재확정일 : 2022년 6월 24일

1) 합동참모본부 분석실험실 합동실협계획담당 박태웅 / 교신저자(Corresponding author)

2) 합동참모본부 분석실험실 화력전력분석담당 김태호

1. 서론

1.1 경계 및 GOP 과학화 경계시스템

‘경계’란 한 부대가 전투력을 보존하고 부대의 안전 및 행동의 자유를 도모하기 위하여 적의 공격, 기습, 관측 및 기타 위협으로부터 아군 부대를 보호할 목적으로 취하는 제반 근무 활동 및 수단을 의미한다. ‘일반전초 (General Out Post, GOP) 경계’는 군사 분계선(Military Demarcation Line, MDL) 이남 지역으로 침투하는 적을 병력, 화력, 감시장비 및 각종 장애물 등 모든 가용수단을 통합 운용하여 철책선 전방에서 격멸하며, 철책을 통과한 적은 침투 흔적을 조기에 발견하여 이동차단 및 탐색격멸 작전으로 격멸하는 것이다. 과거 우리 군의 경계는 대부분 병력에 의한 작전이였다. 최근에는 과학기술의 발달로, 과거 병력 위주의 경계시스템이 가지고 있는 제한사항을 개선한 현재의 GOP 과학화 경계시스템(GOP Scientific Guard System, GOP SGS)이 전력화되어 운영 중이다.[1]

‘과학화 경계작전’이란 경계작전의 주체인 작전 병력과 과학화 경계시스템, 편제장비를 통합 운용하여 침투하는 적을 조기에 식별 및 경고하고, 상황 발생 시 즉각 출동하여 적을 차단, 저지 및 격멸하는 작전이라고 정의한다. 과학화 경계작전의 목적은 경계작전의 주체인 병력을 절약하고, 대신 첨단장비를 보유하여 집중적으로 운용함으로써 경계력을 유지하는 것이다.[1]

현재 운영하는 GOP 과학화 경계시스템은 병력 위주의 GOP 경계체제를 편제장비와 과학화 경계시스템 위주의 경계체제로 전환하기 위해 2006년 시범사업부터 2015년까지 1,731억 원을 투자하여 국내 구매로 전력화하였다.[2]

현재의 GOP 과학화 경계시스템은 <그림 1> 처럼 감시(Surveillance), 감지(Sensor), 통제(Control)시스템으로 구성된다.[3] ‘감시시스템’의 주수단은 ‘근거리(저조도) 카메라’와 ‘중거리

(고성능) 카메라’이고 철책선과 철책 전방을 감시하고 탐지하여 경보 및 추적한다.



<그림 1> GOP 과학화 경계시스템

* 국방일보, “GOP 과학화 경계시스템 도입”, (2006).

‘감시시스템’ 경보가 작동되는 경우는 철책에 설치된 광망이 절단되거나 광망에 일정 수준의 인장력이 가해질 경우, 철책 상단 감지 브래킷에 일정 수준의 하중이 가해지거나 상단 감지 유발기에 일정 수준의 하중이 가해지는 경우 등 4가지다.[4] ‘통제시스템’은 감시 및 감시시스템을 제어하고, 상황을 녹화 및 저장, 전송 및 접수를 할 수 있으며, 사람의 뇌와 같은 중추적인 구실을 한다. 필요시에는 실시간 모니터링을 하면서 타격수단 및 상황조치 방법을 결심하는 등 지휘 통제를 할 수 있다.[1]

1.2 GOP 과학화 경계시스템에 관한 문제점 제기

2018년 국회 국방위 국정감사에서 GOP 과학화 경계시스템에 대한 신뢰성 문제가 제기되었다. 특히 군사세계(2018)에서 황영철 전 국회의원은 GOP 과학화 경계시스템이 2017년 전력화된 이후 2018년 10월 10일까지 총 5,225건의 프로그램 오류 및 고장이 발생하여 연평균 1,740건, 일일 약 4.8건의 오류 및 고장이 발생했다고 하였다. 황영철 전 국회의원은 광망 0개가 절단되면 0m 단위를 정비해야 하고 복구시간이 소요되어 그 수리시간 동안 안보 공백이 발생할 수 있다고 주장하였다. 경대수 전 국회의원은 역시 문제는 고장수리시간 문제를 지

적했고, 이에 더하여 감지시스템의 광망은 재질이 동물이 값어 먹기에 좋은 피복으로 되어 있어서 군인이나 민간인에 의해서 발생한 고장 횟수보다 동물이 값어서 절단된 경우가 더 많다고 하였다.[5] 이에 황영철 전 국회의원은 향후 국방개혁 2.0에 의한 병력감축과 GOP 과학화 경계시스템의 신뢰성은 밀접한 관련이 있으므로 고장으로 인한 오작동률을 낮추고 복구시간을 단축할 수 있도록 철저한 대비가 필요함을 강조했다. 이처럼 GOP 과학화 경계시스템 도입은 병력감축에 대비하여 기존 1만여 명의 병력이 휴전선 155마일을 대낮같이 불을 밝히고 밤을 새워 경계를 서던 모습에서 경계작전 패러다임을 획기적으로 변화시키는 계기가 되나, 군사세계(2018)는 <표 1>처럼 GOP 과학화 경계시스템의 ‘잡은 오류 및 고장’과 ‘유지보수’ 문제에 따른 ‘병력절감 효과’ 및 GOP 경계작전의 ‘효과성’에 대해 문제를 제기하였다.[6]

<표 1> 제기된 문제점

구 분	내 용
문제점	잡은 오류 및 고장
	긴 고장수리시간

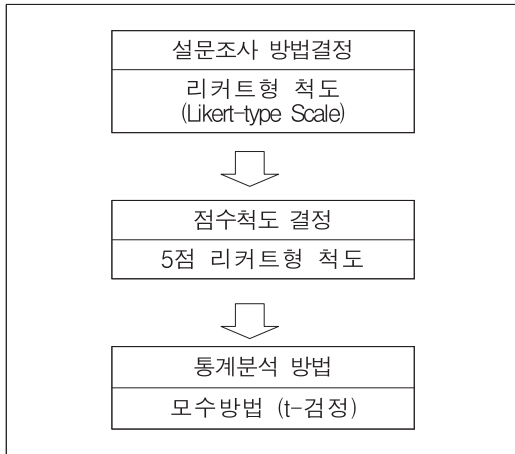
이러한 군사세계(2018)의 의견은 오류 및 고장 현황 데이터를 통해 GOP 과학화 경계시스템의 성능발휘 여부를 확인하여 경계작전 수행의 효과가 다소 제한될 것이라는 주장을 한 것이다. 하지만 외부에서 보는 것과 실제로 운용한 경험이 있는 사용자의 관점은 다를 수 있어서 실제 작전을 수행하는 사용자들이 과학화 경계시스템을 통해 작전을 수행할 때 체감하는 ‘효과성’, ‘유지보수 만족도’, ‘병력절감’ 등의 측면에 관해서도 추가적인 연구가 필요하다.

본 연구의 목표는 저자의 기존 연구에서 식별된 GOP 과학화 경계시스템의 문제점으로부터 발전방향을 제시하는 것이다. 이러한 연구목표를 달성하기 위해 기존 연구에 추가하여

GOP 과학화 경계시스템을 운영하는 부대의 지휘관 및 참모, 실무자 등 사용자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문결과에 대해서는 통계적 가설검증을 통해 분석하여 각각의 항목에 관한 결과를 도출하였다. 첫째, GOP 과학화 경계시스템이 경계작전 목표를 달성하는데 ‘효과적’인 시스템인지 확인하였다. 이와 관련하여 기존 연구에 추가적인 세부 연구주제로 미래 GOP 과학화 경계시스템 설계간 반영을 위해 구성 시스템인 감시, 감지, 통제시스템 중 어느 시스템이 경계작전 목표를 달성하는데 상대적으로 더 중요한지 계층적 분석방법(Analytic Hierarchy Process : AHP)을 통해 분석하였다. 둘째, 과거 병력 중심의 경계시스템 보다 ‘효율적’인 시스템인지 확인한다. 셋째, GOP 과학화 경계시스템의 ‘병력절감 효과’를 확인한다. 넷째, 군사세계(2018)에서 제시한 유지보수 관련 문제를 확인하고자 ‘유지보수 만족도’를 조사하였다. 또한, 이와 관련하여 기존 연구에 추가적인 세부 연구주제로 각 구성 시스템에 대해 ‘개선/보완 우선순위’를 완전순위절차로 조사하여 순위 평균법과 응답구성비율 방법으로 분석하였다. 다섯째, 통제시스템이 구축된 중대와 소초상황실 등의 ‘사용시설 만족도’를 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 설문조사와 관련된 통계분석 방법에 관한 문헌연구를 통해 본 연구에서 사용될 설문조사 통계분석 방법을 결정한다. 3장에서는 GOP 과학화 경계시스템에 대한 사용자 평가를 위해 관련 문헌연구와 식별된 문제점을 통해 평가항목을 설정하고 연구문제에 대한 가설설정을 설명한다. 4장은 각각의 항목에 대한 설문결과를 통계적으로 분석하여 GOP 과학화 경계시스템을 사용하는 부대의 지휘관 및 참모, 실무자가 GOP 과학화 경계시스템을 전반적으로 어떻게 인식하고 있는지를 보여준다. 5장에서는 차기 GOP 과학화 경계시스템의 발전방향을 제안하고 6장에서는 본 연구의 결론 및 시사점을 제시한다.

2. 설문조사 및 통계분석 방법 결정



<그림 2> 설문조사 및 통계분석 방법

사회과학에서 조사연구는 설문 대상자의 의견, 태도를 측정하기 위해 실시한다. 그중 가장 널리 사용되는 방법은 리커트(Likert)에 의해 개발된 리커트 척도(Likert Scale)이다. Likert(1932)는 설문조사 응답자의 태도를 평가하기 위해 5점 단위의 합산 척도를 제시하였다.[7] 그러나 리커트형 척도(Likert-type Scale)에는 3점 리커트 척도부터 8점(또는 이상)리커트 척도까지 많은 연구자에 의해 다양하게 이용되어왔다. 그중에서 5점 리커트 척도는 동 연대의 3점, 4점, 7점 등의 리커트 척도에 비해 많은 연구에서 사용되었다. 5점 리커트 척도는 1=강한 부정(Strongly Disapprove), 2=부정(Disapprove), 3=어느 쪽도 아님 또는 모름(Undecided), 4=긍정(Approve), 5=강한 긍정(Strongly Approve)으로 순서화된 설문지로 구성되어 응답자가 갖는 태도 또는 의견을 표시한다.[8] 이에 따라 본 연구에서는 설문조사 방법은 리커트 척도(Likert Scale)를 사용하였고 설문조사 문항 작성간 많은 연구에서 사용된 5점 리커트형(Likert-type) 척도를 사용하여 설문조사를 하였다. 그리고 개별문항에 대한 응답

점수를 합산한 총점을 동간척도로 간주하여 제 1종 오류가 잘 통제되고 검정력이 좋은 것으로 평가된 모수 통계분석 방법인 t-검정을 사용하여 데이터를 처리하였다. 이는 t-검정 통계량을 통해 해석관점에서 도움을 준다. 설문조사 및 통계분석 방법을 요약하면 <그림 2>와 같다.

3. 연구문제 및 가설설정

3.1 설문 및 의견수렴 대상

본 연구의 표본은 접적지역 해병대 사단과 GOP 사단에서 GOP 과학화 경계시스템을 운영한 경험이 있는 지휘관 및 참모, 실무자 188명을 대상으로 '20. 3월부터 5월까지 GOP 과학화 경계시스템에 관한 생각 및 태도를 조사하였다. 지휘관은 GOP 연대장, 대대장, 중대장을 대상으로, 참모는 사단 작전참모, 대침투작전장교, 연대·대대 작전과장을 대상으로, 실무자는 GOP 과학화 정비반, 영상감시소대장·반장을 대상으로 설문조사 하였다. 선정된 표본은 GOP 과학화 경계시스템을 현재 또는 최근 2년 이내에 운영 및 관리한 경험이 있는 인원들이다. 따라서 선정된 표본은 모집단을 대표한다고 할 수 있다. 계층별 인원수는 <표 2>와 같다. 설문조사에 참여한 188명 중 97명(52%)은 연대장, 대대장, 중대장 등 지휘관이고, 59명(31%)은 대대/연대 작전과장, 사단 작전참모/대침투 작전장교 등 각 계대 별 참모이다. 실무자 32명(17%)은 사단 GOP 과학화 정비반, 연대/대대 GOP 과학화 소대장 등이다.

<표 2> 설문조사 대상

구분	계	지휘관	참모	실무자
인원수	188	97	59	32
비율	100%	52%	31%	17%

3.2 연구문제 및 가설설정

GOP 과학화 경계시스템의 완전성에 대한 큰 우려를 언론 및 국회 국방위원회 등에서 제기하고 있다. 이를 확인하기 위해 GOP 과학화 경계시스템 운영 경험이 있는 지휘관, 참모, 실무자들에게 다음과 같은 설문내용을 조사하였다. (연구문제 1) GOP 과학화 경계시스템은 GOP 경계작전 목표를 달성하는 데 ‘효과적’인가? 연구문제 1에서 GOP 경계작전 목표는 침투하는 적을 초기에 발견하여 GOP 철책 전방에서 적의 침투를 차단 및 격멸하는 것이다. ‘효과성(effectiveness)’은 기대되었던 조직 또는 개인의 목표가 실제로 달성한 정도(degree of goal achievement)를 의미한다. GOP 과학화 경계시스템은 감시(근거리·중거리 카메라), 감지, 통제시스템으로 구성된다. 따라서 연구문제 1은 다음과 같은 연구문제로 세분되어 각 구성 시스템에 대한 효과성을 조사하였다. (연구문제 1-1) 근거리 카메라는 GOP 경계작전 목표를 달성하는 데 효과적인가? (연구문제 1-2) 중거리 카메라는 GOP 경계작전 목표를 달성하는 데 효과적인가? (연구문제 1-3) 감지시스템(광망)은 GOP 경계작전 목표를 달성하는 데 효과적인가? (연구문제 1-4) 통제시스템은 GOP 경계작전 목표를 달성하는 데 효과적인가?

2016년도에 구축된 GOP 과학화 경계시스템은 병력중심의 경계시스템에서 첨단장비를 활용한 경계시스템으로 전환하기 위한 수단이다. 이와 관련하여 도출한 연구문제는 과연 GOP 과학화 경계시스템이 예전의 병력중심의 경계시스템보다 효율적인지 여부이다. (연구문제 2) GOP 과학화 경계시스템은 병력중심의 경계시스템보다 ‘효율적’인가? 연구문제 2에서 효율성(efficiency)은 효과성(effectiveness)과 구분이 되는 개념이다. ‘효율성’은 GOP 경계작전 목표를 달성하기 위해 병력중심의 경계시스템에 투사한 노력에 대비하여 더 적은 노력의 투사로

GOP 경계작전 목표달성이 가능한지를 조사하기 위함이다. 즉 효율성은 능률적으로 목표를 성취할 수 있는 정도를 의미한다.

과학화 경계작전의 목적은 경계작전의 주체인 병력을 절약하고, 대신 첨단장비를 보유하여 집중적으로 운용함으로써 경계력을 유지하기 위함이다.[1] 그렇다면 GOP 과학화 경계시스템은 실제로 ‘병력절감 효과’에 기여하고 있는지 확인이 요구된다. (연구문제 3) GOP 과학화 경계시스템은 병력절감 효과가 있는가?

GOP 과학화 경계시스템은 앞서 황영철과 경대수 전 국회의원들이 언급한 바와 같이 잦은 오류와 고장이 발생하고 정비에 많은 시간이 소요되어 경계 공백이 발생할 수 있는 일각의 우려를 하고 있다.[6] 이에 관한 연구문제는 (연구문제 4) GOP 과학화 경계시스템의 유지보수를 만족하는가? 이다. GOP 과학화 경계시스템은 구성 시스템별로 유지보수가 이루어진다. 따라서 연구문제 4는 각 구성 시스템별로 ‘유지보수 만족도’를 조사하였다. (연구문제 4-1) 근거리 카메라의 유지보수를 만족하는가? (연구문제 4-2) 중거리 카메라의 유지보수를 만족하는가? (연구문제 4-3) 감지시스템(광망)의 유지보수를 만족하는가? (연구문제 4-4) 통제시스템의 유지보수를 만족하는가?

대부분의 GOP 과학화 경계시스템은 과거 병력중심의 경계시스템에서 사용된 노후화되고 협소한 중대상황실과 소초상황실에 구축되었다. 이로 인해 중대상황실과 소초상황실에서 임무를 수행 중인 병력은 불편을 호소하고 있다. 이에 대한 연구문제는 (연구문제 5) GOP 과학화 경계시스템의 중대상황실 및 소초상황실 등 사용시설을 만족하는가? 이다. 연구문제(Research Question, RQ) 1번부터 5번은 <표 3>과 같이 가설 1번부터 가설 5번으로 설정한다.

가설 1과 관련하여 추가적인 세부 연구문제로 GOP 과학화 경계시스템의 각 구성 시스템에 대한 경계효과 측면에서의 중요도를 조사하

였다. GOP 과학화 경계시스템은 감시(근거리·중거리 카메라), 감지, 통제시스템으로 구성되어 있는데 어느 구성 시스템이 GOP 경계작전 목표를 달성하는데 더욱 기여하는지 각 구성 시스템의 상대적 중요도를 계층적 분석방법(AHP)으로 분석하였다. 또한 가설 4와 관련하여 기존 연구에 추가한 세부 연구문제로 GOP 과학화 경계시스템의 구성 시스템 중 유지보수 측면에서의 개선/보완 우선순위를 완전순위절차로 조사한 후, 순위평균법과 응답구성비율로 분석하였다.

<표 3> 가설설정

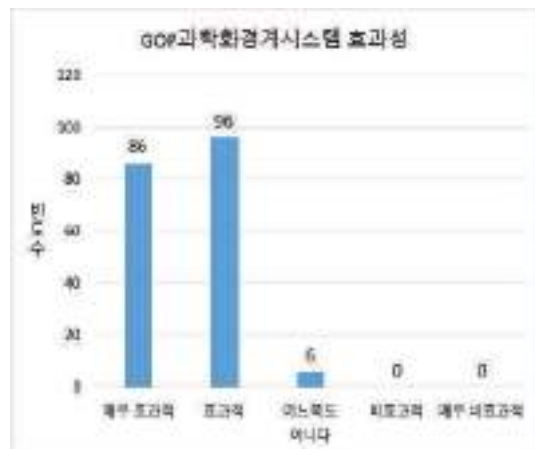
구 분	내 용
가설 1	GOP 과학화 경계시스템은 GOP 경계작전 목표를 달성하는 데 효과적이다.
가설 2	GOP 과학화 경계시스템은 병력중심의 경계시스템보다 효율적이다.
가설 3	GOP 과학화 경계시스템은 병력절감 효과가 있다.
가설 4	GOP 과학화 경계시스템의 유지보수를 만족한다.
가설 5	GOP 과학화 경계시스템의 사용시설을 만족한다.

4. 연구 결과

본 연구에서는 설문항목 응답 값에 대한 데이터 처리는 모수 방법(parametric statistical procedures) 중 t-검정(t-test)을 하였다. t-검정 시행에서 귀무가설 기각 여부를 판단하는 기준 점수 설정이 요구된다. 5점 리커트형 척도는 1점, 2점, 3점, 4점, 5점 등 절단점(cut-off value)이 존재한다. 이 경우에 특정 점수를 넘었는지 또는 넘지 못했는지에 따라 자료를 해석하는 방법이 완전히 달라진다. 리커트 척도는 처음 개발 당시에 5개의 답항은 (1점 : Strongly

Disapprove, 2점 : Disapprove, 3점 : Undecided, 4점 : Approve, 5점 : Strongly Approve)로 구성되었다.[7] 여기서 사용된 3점 답항 ‘Undecided’는 ‘찬성도 반대도 아니다’, ‘어느 쪽도 아니다’, 등으로 기술하는 것이 적절하다. 그런데 5점 리커트형 척도를 사용한 대부분의 기존연구를 살펴보면 3점을 ‘보통이다’, ‘그저 그렇다’를 많이 사용하고 귀무가설 기각을 위한 기준 점수로 사용하곤 한다. 이는 의미가 모호하고 응답 회피의 기회로 사용될 수 있으므로 적절하지 않다.[8] 이에 따라 본 연구에서는 95% 신뢰수준에서 4점(Approve)보다 크면 효과성, 효율성, 만족도 등이 명확하게 있는 것으로 판단하고 가설검정 시 기준 점수로 사용한다. 즉, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 이고, 자유도 $n-1=187$ 일 때 단측검정의 임계값 $t_{0.05,187} = -1.645$ 이다. 따라서 채택영역은 $t \geq -1.645$ 이고, 기각영역은 $t < -1.645$ 이다.

4.1 GOP 과학화 경계시스템의 「효과성」 분석결과

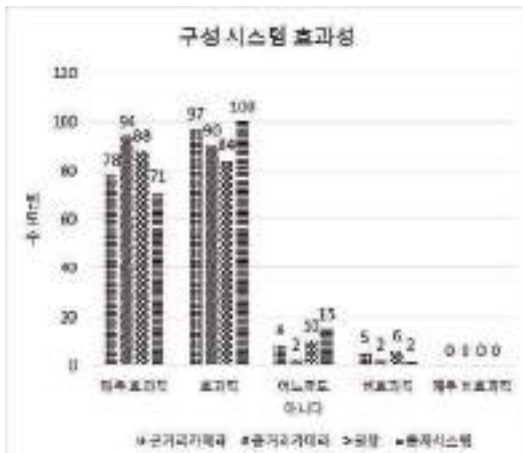


<그림 3> GOP 과학화 경계시스템 「효과성」 응답분포 [9]

GOP 과학화 경계시스템의 GOP 경계작전 목표달성 효과성에 대한 기술통계 분석을 하였다.

효과성에 관한 설문조사 결과 <그림 3>과 같이 ‘매우 효과적’은 86명, ‘효과적’은 96명 등 대다수가 긍정적으로 응답하였다.

각 구성 시스템별 효과성을 설문조사한 결과 <그림 4>와 같이 대다수가 각각의 구성 시스템은 ‘매우 효과적’ 그리고 ‘효과적’으로 응답하였다. 근거리 카메라는 ‘매우 효과적’ 78명, ‘효과적’ 97명으로 응답하였다. 중거리 카메라는 ‘매우 효과적’ 94명, ‘효과적’ 90명으로 응답하였다. 감지시스템(광망)은 ‘매우 효과적’ 88명, ‘효과적’ 84명으로 응답하였다. 통제시스템은 ‘매우 효과적’ 71명, ‘효과적’ 100명으로 응답하였다. 특히 중거리 카메라는 ‘매우 효과적’ 응답 수가 94명으로 가장 많았고, 통제시스템은 ‘매우 효과적’ 응답 수가 71명으로 가장 낮았다. 또한 <표 4>에서 GOP 과학화 경계시스템의 ‘효과성’ 평균은 4.43이고, 각 구성 시스템별 ‘효과성’에 대한 평균은 중거리 카메라가 4.47로 다른 구성 시스템과 비교하면 가장 높고, 이어서 광망(4.35), 근거리 카메라(4.32) 그리고 통제 시스템(4.28) 순이다.



<그림 4> GOP 과학화 경계시스템의 구성시스템 「효과성」 응답분포[9]

다음으로 <표 4>에서 보는 것처럼 GOP 과학화 경계시스템과 각 구성 시스템의 ‘효과성’에 대한 가설검정을 시행하였다.

<표 4> GOP 과학화 경계시스템의 「효과성」 가설검정

<ul style="list-style-type: none"> • H_0 : GOP 과학화 경계시스템은 경계작전 목표를 달성하는 데 효과적이다. ($\mu \geq 4$) • H_a : GOP 과학화 경계시스템은 경계작전 목표를 달성하는 데 효과적이지 않다. ($\mu < 4$)

귀무가설 검정 간 유의수준 $\alpha = 0.05$ 이고 자유도가 187일 때의 단측검정의 임계값은 $t_{0.05,187} = -1.645$ 이다. 가설검정 결과 $\bar{X}_1 = 4.43$ 에 해당하는 t-검정 통계량(자유도 187)을 계산하면, $t = 10.48$ 은 임계값 $t_{0.05,187} = -1.645$ 보다 크다. 즉, t-검정 통계량(자유도 187) $t = 10.48$ 은 채택영역 안에 있고, 또한 p-value는 1.000으로 $\alpha = 0.05$ 수준에서 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉, GOP 과학화 경계시스템은 GOP 경계작전 목표를 달성하는 데 효과적이라 할 수 있다. 또한, 각 구성 시스템의 효과성 가설검정은 <표 5>에서 각 \bar{X} 에 해당하는 각각의 t-검정 통계량(자유도 187) 값은 각각 6.42, 11.07, 6.62, 5.81로 모두 임계값 $t_{0.05,187} = -1.645$ 보다 크므로 채택영역 안에 있고, p-value는 1.000으로 $\alpha = 0.05$ 수준에서 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉, 근거리 카메라, 중거리 카메라, 감지시스템(광망), 통제시스템은 모두 ‘효과적’이라 할 수 있다. 연구문제 1의 가설검정을 통해 GOP 부대 지휘관 및 참모, 실무자는 GOP 과학화 경계시스템이 GOP 경계작전 목표를 달성하는데 ‘효과적’인 시스템으로 평가하고 있음을 확인하였다.

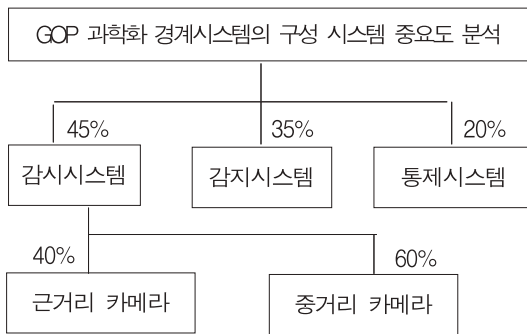
연구문제 1과 관련하여 세부 연구문제로 GOP 과학화 경계시스템 운전자들은 ‘GOP 경계작전 목표달성을 위해 어느 구성 시스템을 상대적으로 중요하게 평가’하고 있는지를 조사하였다. 이를 위해 계층분석기법(AHP) 분석을 통해 <그림 5>와 같이 상대적 중요도를 산출하였다.

<표 5> GOP 과학화 경계시스템 「효과성」 기술통계분석[9]

구 분	매우 효과적	효과적	어느 쪽도 아니다	비효과적	매우 비효과적	평균 (\bar{X}_1)	t-검정 통계량	p-value
	5점	4점	3점	2점	1점			
연구문제 1	86	96	6	0	0	4.43	10.48	1.000
연구문제 1-1	78	97	8	5	0	4.32	6.42	1.000
연구문제 1-2	94	90	2	2	0	4.47	11.07	1.000
연구문제 1-3	88	84	10	6	0	4.35	6.62	1.000
연구문제 1-4	71	100	15	2	0	4.28	5.81	1.000

연구문제1 : GOP 과학화 경계시스템은 효과적인가?
 연구문제 1-1 : 근거리 카메라는 효과적인가?
 연구문제 1-3 : 감지시스템(광망)은 효과적인가?

연구문제 1-2 : 중거리 카메라는 효과적인가?
 연구문제 1-4 : 통제시스템은 효과적인가?



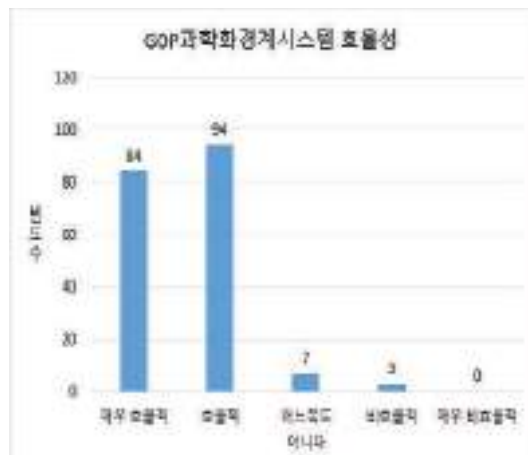
<그림 5> GOP 과학화 경계시스템 구성 시스템의 중요도 계층적 분석기법(AHP)

설문대상자 188명 중 Consistency가 0.1 이상인 설문자를 제외하고 Consistency가 0.1 이하인 130명을 대상으로 계층적 분석기법(AHP)을 수행한 결과 감시시스템을 45%로 가장 중요하게 평가하고 있었고, 감시시스템 중 중거리 카메라가 60%로 근거리 카메라 40%보다 상대적으로 중요하게 평가하고 있었다. 감시시스템 다음으로 감지시스템(광망)이 35%로 두 번째로 중요하다고 평가하였으며, 마지막으로 통제시스템을 20% 수준으로 중요하게 평가하고 있음을 확인하였다. 계층적 분석기법(AHP)을 통해 GOP 경계작전 목표를 달성하는데 있어, 지휘관 및 참모는 감시시스템을 가장 중요하게 평가하였다. 감시시스템 중에서도 중거리 카메라를 근거리 카메라보다 더욱 중요하게 생각하고

있음을 확인하였는데, 이는 경계작전간 적을 원거리부터 감시 및 탐지하여 추적 관리하기 위함으로 분석하였다.

4.2 GOP 과학화 경계시스템의 「효율성」 분석결과

GOP 과학화 경계시스템이 병력중심의 경계시스템과 비교하여 ‘효율성’이 있는가에 대한 분석결과이다. 효율성에 관한 설문조사 결과 <그림 6>과 같이 ‘매우 효율적’이라는 응답은 84명, ‘효율적’이라는 응답은 94명으로 설문인원의 대다수가 긍정적으로 응답하였다.



<그림 6> GOP 과학화 경계시스템 「효율성」 응답분포[9]

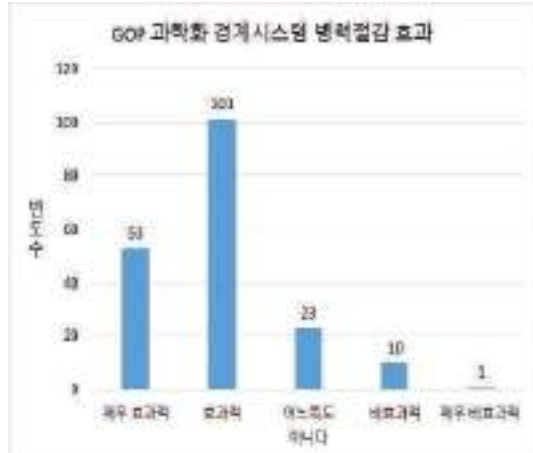
<표 6> GOP 과학화 경계시스템의 「효율성」 가설검정

- H_0 : GOP 과학화 경계시스템은 병력중심의 경계시스템보다 효율적이다. ($\mu \geq 4$)
- H_a : GOP 과학화 경계시스템은 병력중심의 경계시스템보다 효율적이지 않다. ($\mu < 4$)

효율성에 관한 평균은 <표 7>과 같이 4.38로 나타났다. <표 6>과 같이 효율성에 관한 가설검증을 위해 <표 7>에서 보는 것처럼 $\bar{X}_2 = 4.38$ 에 해당하는 t-검정 통계량을 계산하면, $t = 8.11$ 은 임계값 $t_{0.05, 187} = -1.645$ 보다 큰 것을 알 수 있다. t-검정 통계량 $t = 8.11$ 은 채택영역 안에 있고, 또한 p-value는 1.000으로 $\alpha = 0.05$ 수준에서 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉, GOP 과학화 경계시스템은 병력중심의 경계시스템보다 ‘효율적’이라 할 수 있다. GOP 부대 지휘관 및 참모, 실무자는 GOP 과학화 경계시스템을 통해 병력 중심의 경계시스템보다 적은 노력을 투자하면서 효율적으로 경계를 하고 실내근무 등으로 경계작전의 질이 향상되었다고 평가하고 있음을 확인하였다.

4.3 GOP 과학화 경계시스템의 「병력절감 효과」 분석결과

GOP 과학화 경계시스템의 병력절감 효과에 대한 설문조사 결과 <그림 7>과 같이 ‘매우 효율적’은 53명, ‘효율적’은 101명 등 대다수가 긍정적으로 응답하였다.



<그림 7> GOP 과학화 경계시스템 「병력절감 효과」 응답분포 [9]

<표 8> GOP 과학화 경계시스템 「병력절감 효과」 가설검정

- H_0 : GOP 과학화 경계시스템은 병력절감 효과가 있다. ($\mu \geq 4$)
- H_a : GOP 과학화 경계시스템은 병력절감 효과가 없다. ($\mu < 4$)

<표 9>에서 병력절감 효과 평균은 4.04로 나타났다. <표 8>처럼 가설검증을 위해 $\bar{X}_3 = 4.04$ 에 해당하는 t-검정 통계량을 계산하면, <표 9>에서 처럼 $t = 0.63$ 은 채택영역 안에 있고, p-value는 0.734이므로 $\alpha = 0.05$ 수준에서 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉, GOP 과학화 경계시스템은 병력절감 효과가 있다고 할 수 있다. 가설검정 결과는 귀무가설을 기각할 수 없었지만, 앞의 ‘효과성’ 및 ‘효율성’ 설문조

<표 7> GOP 과학화 경계시스템의 병력중심 경계시스템 대비 「효율성」 기술통계분석 [9]

구 분	매우 효율적	효율적	어느정도 아니다	비효율적	매우 비효율적	평균 (\bar{X}_2)	t-검정 통계량	p-value
	5점	4점	3점	2점	1점			
연구문제 2	84	94	7	3	0	4.38	8.11	1.000
연구문제 2 : GOP 과학화 경계시스템은 병력중심 경계시스템 대비 효율적인가?								

<표 9> GOP 과학화 경계시스템 「병력절감 효과」 기술통계분석 [9]

구 분	매우 효과적	효과적	어느 쪽도 아니다	비효과적	매우 비효과적	평균 (\bar{X}_3)	t-검정 통계량	p-value
	5점	4점	3점	2점	1점			
연구문제 3	53	101	23	10	1	4.04	0.63	0.734

연구문제 3 : GOP 과학화 경계시스템은 병력절감 효과가 있는가?

사 결과와 비교하며 병력절감 효과 평균은 4.04로 긍정(Approve) 4점을 가까스로 초과하였고, ‘매우 효과적’ 응답 수도 상대적으로 낮으며, ‘어느 쪽도 아니다’ 응답 수는 23명, ‘비효과적’은 10명으로 비교적 높았다. 따라서 응답자 일부 중 병력절감 효과가 없다는 주된 이유를 조사하였다. 그 결과 초소에 투입되는 초병 감소 효과는 있으나, 과학화 경계시스템 운용을 위한 영상감시병과 시스템 유지병력 등 추가 소요가 발생하고 경계시스템 고장 발생 시에는 과거처럼 실 병력이 투입되어 경계 임무를 수행해야 하는 등 전체적인 측면에서 병력절감 효과는 미미하다는 의견을 확인하였다.

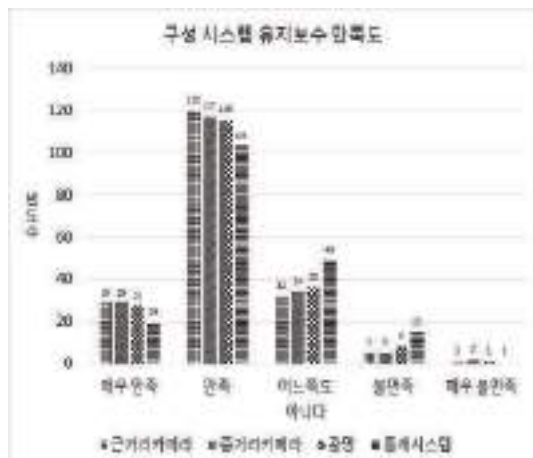
4.4 GOP 과학화 경계시스템의 「유지보수 만족도」 분석결과

GOP 과학화 경계시스템의 유지보수 만족도 설문조사 결과, <그림 8>과 같이 ‘매우 만족’ 19명, ‘만족’ 116명, ‘어느 쪽도 아니다’가 42명, ‘불만족’ 9명, ‘매우 불만족’ 1명으로 응답하였다. <표 11>처럼 유지보수 만족도 평균은 3.77로 4점 미만이다. 이어서 각 구성 시스템별 유지보수 만족도 설문 조사결과 <그림 9>와 같이 응답하였다. GOP 과학화 경계시스템을 구성하고 있는 4개의 주요 구성 시스템에 대한 유지보수 만족도를 설문 조사한 결과는 전체 시스템과 유사하지만, 일부 구성 시스템에 대해서는 타 구성 시스템보다 부정적인 응답 수가 더 과도하게 나타나는 특징을 보여주었다. 근거리 카메라는 ‘어느 쪽도 아니다’가 32명, ‘불만족’ 5명 응답하였다. 중거리 카메라는 ‘어느 쪽

도 아니다’가 34명, ‘불만족’ 5명으로 응답하였다. 감지시스템(광망)은 ‘어느 쪽도 아니다’가 36명, ‘불만족’ 8명으로 응답하였다.



<그림 8> GOP 과학화 경계시스템 「유지보수 만족도」 응답분포 [9]



<그림 9> GOP 과학화 경계시스템의 구성시스템 유지보수 만족도 히스토그램 [9]

<표 11> GOP 과학화 경계시스템 「유지보수 만족도」 기술통계분석 [9]

구 분	매우만족	만족	어느쪽도 아니다	불만족	매우 불만족	평균 (\bar{X}_i)	t-검정 통계량	p-value
	5점	4점	3점	2점	1점			
연구문제 4	19	116	42	9	1	3.77	-4.49	0.000
연구문제 4-1	29	120	32	5	1	3.91	-1.69	0.046
연구문제 4-2	29	117	34	5	2	3.89	-2.11	0.018
연구문제 4-3	27	115	36	8	1	3.85	-2.80	0.003
연구문제 4-4	19	103	49	15	1	3.66	-5.84	0.000
연구문제 4 : GOP 과학화 경계시스템의 유지보수는 만족하는가?								
연구문제 4-1 : 근거리 카메라의 유지보수는 만족하는가?			연구문제 4-2 : 중거리 카메라의 유지보수는 만족하는가?					
연구문제 4-3 : 감지시스템(광망)의 유지보수는 만족하는가?			연구문제 4-4 : 통제시스템의 유지보수는 만족하는가?					

통제시스템은 ‘어느 쪽도 아니다’가 49명, ‘불만족’ 15명으로 응답하였다. 근거리 카메라는 구성 시스템 중 부정적 응답이 가장 적었고, 통제시스템은 부정적 응답 빈도수가 가장 높았다. 또한, <표 11>에서 각 구성 시스템별 유지보수 만족도에 대한 평균을 분석하여 보면 근거리 카메라의 평균은 3.91로 다른 구성 시스템에 비해 높고, 이어서 중거리 카메라(3.89), 광망(3.85) 그리고 통제시스템(3.66) 순으로 낮다.

근거리 카메라는 $\bar{X}_{4-1} = 3.91$ 에 해당하는 t-검정 통계량을 계산하면, $t = -1.69$ 은 기각영역 안에 있고, p-value는 0.046이므로 $\alpha = 0.05$ 수준에서 귀무가설은 기각된다. 즉, 근거리 카메라의 유지보수는 만족한다 할 수 없다. 또한, 중거리 카메라, 감지 시스템(광망), 통제시스템 각각의 $\bar{X}_{4-2} = 3.89$, $\bar{X}_{4-3} = 3.85$, $\bar{X}_{4-4} = 3.66$ 에 해당하는 t-검정 통계량은 임계값 $t_{0.05, 186} = -1.645$ 보다 작아 기각영역 안에 있고, p-value는 0.05 보다 모두 작아 $\alpha = 0.05$ 수준에서 귀무가설은 기각된다. 즉, 중거리 카메라, 감지시스템(광망), 통제시스템의 유지보수는 만족한다고 할 수 없다.

가설검정 결과를 바탕으로 GOP 부대 지휘관 및 참모는 GOP 과학화 경계시스템의 전체적인

유지보수에 대해 군사세계(2018) 황영철, 경대수 전 국회의원이 제시한 것처럼 문제가 있고, 만족스럽게 생각하고 있지 않음을 확인하였다. 특히 만족도가 가장 낮은 통제시스템은 GOP 과학화 정비반의 S/W 기술력 부족으로 즉각 조치가 제한되고, 전력화 이후 PC 교체 및 S/W 업그레이드 등이 시행되지 않아 성능이 점차 저하되고 있음을 확인하였다. 그다음으로 만족도가 낮은 감지시스템(광망)은 절단 및 절곡 지점을 최단 시간 내에 발견할 수 있도록 대책을 마련해야 하고, 광망의 절단 및 절곡 발생 빈도를 낮추기 위한 추가적인 대책 강구가 요구된다. 수명연한이 도래되고 단종부품이 발생한 중거리 카메라는 감지시스템 운용에 있어 중요도가 높아 성능 개량된 신제품으로 전면교체가 요구된다.

유지보수 불만족에 따른 추가적인 세부연구로 과학화 경계시스템의 구성 시스템 중 어느 구성 시스템이 최우선으로 개선/보완이 이루어져야 하는지 순위를 결정할 목적으로 완전순위 절차에 의한 설문조사 하였다. 완전순위절차는 k개의 응답 항목들에 대해 1부터 k 사이의 순위로 응답한다. 이 경우 역시 순위에 따른 점수를 구간척도로 간주하고 분석하는 방법을 응용할 수 있다. 이때 구성된 항목은 감지시스템을

근거리 카메라, 중거리 카메라로 세분화하고, 감지 시스템(광망), 통제시스템 등 4개 항목으로 나열하여 가장 최우선으로 개선/보완되어야 할 구성 시스템부터 1순위부터 4순위로 순위를 매기고 각각 4점부터 1점을 부여하였다.

<표 12>는 각 구성 시스템별 평균과 표준편차를 계산한 결과이다. 순위평균법 분석결과 통제시스템 평균이 2.90으로 가장 높고, 감지 시스템(2.80), 중거리 카메라(2.31), 근거리 카메라(1.99) 순이다. 따라서 순위평균법 분석으로 개선/보완되어야 할 구성 시스템 중 1순위는 통제시스템이고 2순위는 감지시스템이다.

<표 12> GOP 과학화 경계시스템 구성 시스템의 개선/보완 순위평균법

순 위	구성 시스템	평균	표준편차
1	통제 시스템	2.90	1.231
2	감지 시스템	2.80	1.102
3	중거리 카메라	2.31	0.931
4	근거리 카메라	1.99	0.941

다음은 순위평균법에 추가하여 응답구성비율로 구성 시스템의 개선/보완 순위를 분석하였다. <표 13>은 구성 시스템별 응답구성비율을 나타낸다. 각 구성 시스템의 개선/보완 1순위와 2순위로 선택된 응답만 선택하여 구성 시스템별 1순위에 응답한 수의 비율과 2순위에 응답한 수의 비율을 계산한 결과이다. 통제시스템이 개선/보완 1순위로 선택된 비율은 47.03%로 다른 구성 시스템보다 월등히 높다. 통제시스템이 1순위 비율과 2순위 비율 합계가 66.49%로 가장 높은 비율을 보인다. 감지시스템(광망)은 개선/보완 1순위 선호도는 통제시스템보다 낮지만 개선/보완 2순위를 포함하여 합산 시 통제시스템과 비슷한 수준을 나타낸다. 따라서 응답구성비율로 분석한 GOP 과학화 경계시스템 개

선/보완 1순위는 통제시스템이고 2순위는 감지 시스템으로 분석하였다.

<표 13> GOP 과학화 경계시스템 구성 시스템의 개선/보완 응답구성비율

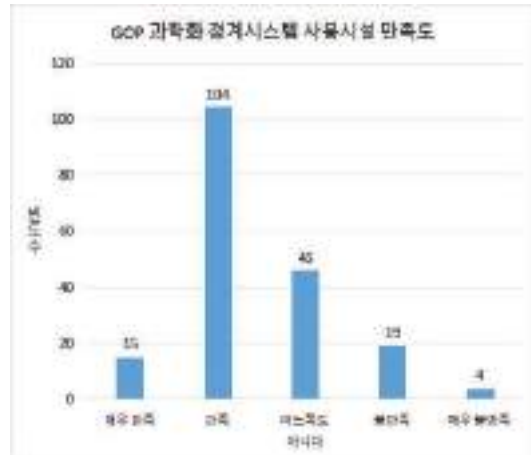
구 분	통제 시스템	감지 시스템	중거리 카메라	근거리 카메라
순 위	1	2	3	4
1순위 비율(p_1)	47.03%	32.97%	11.89%	8.11%
2순위 비율(p_2)	19.46%	33.51%	27.57%	19.46%
합계 ($p_1 + p_2$)	66.49%	66.48%	39.46%	27.57%



<그림 10> GOP 과학화 경계시스템 구성 시스템의 개선/보완 응답구성비율 그래프

<그림 10>은 <표 13>을 그래프로 나타낸 결과이다. 결론적으로 완전순위절차 조사를 통해 순위평균법과 응답구성비율로 분석된 개선/보완 우선순위 분석결과는 서로 일치하고, 1순위는 통제시스템, 2순위는 감지시스템, 3순위는 중거리 카메라, 4순위는 근거리 카메라 순이다. 이 결과는 GOP 과학화 경계시스템의 유지보수 만족도 분석결과와 일맥상통한다. 유지보수 만

족도 가설검정 시 통제시스템, 감지시스템, 중거리 카메라, 근거리 카메라 순으로 유지보수 측면에서 만족한다고 통계적으로 결론내릴 수 없었다. 특히, 통제시스템, 감지시스템, 중거리 카메라 등 이들 구성 시스템은 고장이 잦아 빈번한 정비가 요구되나 정비가 적시에 이루어지지 않거나 성능이 획기적으로 개선될 필요성이 높은 구성 시스템으로 분석할 수 있다. 분석결과를 바탕으로 통제시스템을 구성하는 서버, PC, 소프트웨어 등의 부품들은 전면적으로 교체 및 업그레이드가 요구된다.



<그림 11> GOP 과학화 경계시스템 사용시설 만족도 히스토그램 [9]

4.5 GOP 과학화 경계시스템의 「사용시설 만족도」 분석결과

GOP 과학화 경계시스템의 사용시설 만족도에 대한 설문조사의 기술통계 분석결과, <그림11>과 같이 ‘매우 만족’ 15명, ‘만족’ 104명, ‘어느쪽도 아니다’가 46명, ‘불만족’ 19명, ‘매우 불만족’ 4명으로 응답하였다. 평균은 <표 15>에서처럼 3.57이고, <표 14>와 같이 가설검정을 하였다.

<표 14> GOP 과학화 경계시스템 「사용시설 만족도」 가설검정

- H_0 : GOP 과학화 경계시스템의 사용시설을 만족한다. ($\mu \geq 4$)
- H_a : GOP 과학화 경계시스템의 사용시설을 만족하지 않는다. ($\mu < 4$)

<표 15>에서 $\bar{X}_5 = 3.57$ 에 해당하는 t-검정 통계량을 계산하면, $t = -6.87$ 은 기각영역 안에 있고, p-value는 0.000이므로 $\alpha = 0.05$ 수준에서 귀무가설은 기각된다. 즉, GOP 과학화 경계시스템의 중대·소초 상황실 등 사용시설을 만족한다고 할 수 없다. 가설검정 결과를 바탕으로 GOP 부대 지휘관 및 참모는 GOP 과학화 경계시스템의 사용시설을 만족스럽게 생각하고 있지 않음을 확인하였다. 기존에 운영하던 중대상황실에 과학화 경계시스템을 구축하다 보니 건물 노후

가 심각하고 다수의 병력이 임무 수행하는데 협소하고 유동병력이 많아 감시하는데 집중력이 저하되는 등 불만족을 표현했다. 또한, 중대 상황실 내 서버가 함께 위치하여 잦은 유동병력으로 흠먼지가 비산되어 먼지가 서버로 유입되고, 규격화된 서버실이 구축되지 않아 서버 고장의 원인이 되고 있었다.

<표 15> GOP 과학화 경계시스템 「사용시설 만족도」 기술통계분석 [9]

구 분	매우만족	만족	어느쪽도 아니다	불만족	매우 불만족	평균 (\bar{X}_5)	t-검정 통계량	p-value
	5점	4점	3점	2점	1점			
연구문제 5	15	104	46	19	4	3.57	-6.87	0.000

연구문제 5 : GOP 과학화 경계시스템의 중대·소초 상황실 등 사용시설을 만족하는가?

4.6 연구결과 종합

본 연구를 통해 GOP 부대 지휘관 및 참모, 실무자들이 GOP 과학화 경계시스템을 어떻게 평가하고 있는지 효과성, 효율성, 만족도 등을 중심으로 5개의 연구문제를 선정하여 설문조사를 통해 확인하였다. GOP 과학화 경계시스템 5개 연구문제 가설검정 결과는 <표 16>과 같다.

<표 16> 가설검정 결과

구 분	가설검정 결과
연구문제 1	GOP 과학화 경계시스템은 GOP 경계작전 목표를 달성하는 데 효과적 이다.
연구문제 2	GOP 과학화 경계시스템은 병력중심의 경계시스템보다 효율적 이다.
연구문제 3	GOP 과학화 경계시스템은 병력절감 효과가 있다 .
연구문제 4	GOP 과학화 경계시스템의 유지보수를 만족한다고 할 수 없다 .
연구문제 5	GOP 과학화 경계시스템의 사용시설을 만족한다고 할 수 없다 .

GOP 과학화 경계시스템은 GOP 경계작전 목표를 달성하는 데 효과적이고 효율적인 시스템인 동시에 병사들의 경계를 대체하는 병력절감 효과를 가져다준 시스템이다. 그러나 GOP 과학화 경계시스템의 유지보수 및 사용시설은 만족스럽지 못했다. 특히, <표 17>에서 처럼 GOP 과학화 경계시스템의 두뇌이자 핵심인 통제시스템의 유지보수가 제대로 되고 있지 않아 개선보완 우선순위가 1순위임을 알 수 있었다. GOP 경계작전 목표달성 중요도 측면에서 가장 중요하다고 분석된 증거리 카메라의 유지보수 문제는 결코 간과해서는 안 된다. 또한, 개선보완이 1순위로 요구되는 통제시스템이 구축된 중대 및 소초 상황실 등의 시설도 만족스럽지 못했다. 결론적으로 GOP 과학화 경계시스템은 작전적 측면에서는 긍정적 효과를 나타내고 있지만, 군수지원 측면에서는 부정적 평가를 보임을 확인할 수 있었다.

5. 발전 방향

<표 17> GOP 과학화 경계시스템의 구성시스템 주요 이슈

구 분	감시시스템		감지시스템 (광망)	통제시스템
	근거리 카메라	중거리 카메라		
유지보수 만족도	만족한다 할 수 없다			
개선보완 우선순위	4순위	3순위	2순위	1순위
경계작전 목표달성을 위한 구성시스템 중요도	45%		35%	20%
	40%	60%		

차기 GOP 과학화 경계시스템은 DMZ 작전 환경을 잘 반영하여 GOP 경계작전을 뒷받침하고 경계병력을 줄일 수 있도록 국내·외 개발된 첨단 기술들을 적용하여 개선해야 한다.

<표 17> GOP 과학화 경계시스템 경계작전 개념 변천과정

구 분	경계 개념
최 초	• 병력 위주 → 과학화 장비 위주
2008년	• 현 편제 / 경비여단 창설 고려 경계목표 1·2단계 구분 - 1 단계 : 주(병력), 보조(과학화 장비) - 2 단계 : 주(과학화 장비), 보조(병력)
2009년	• 단계 구분 없이 현 편제와 경비여단 편제 공통 적용 - 경계목표를 1·2단계 구분 1단계 목표로 통합
2010년	• 현 경계작전 유형을 세분화개념 재정립 - 편제장비 + 과학화 경계시스템 위주의 경계체제로 전환

현 GOP 과학화 경계시스템은 <표 17>에서 처럼 병력을 완전히 대체한 것은 아니다. 다시 말해서 과학화 경계시스템이 100% 완전히 병력을 대체할 수는 없을 것이다. 과학화 경계시스템 위주로 경계작전을 하되, 병력 및 편제장비가 더불어서 경계작전 시스템 운용의 최적화

및 효율화를 이루어야 한다. 근거리 및 중거리 카메라 모니터를 감시할 영상감시반 병력이 필요하고, 경고 및 우발상황 발생 시 신속한 상황 조치를 위해 상황 발생 지점으로부터 가장 가까운 지역에서 투입할 수 있는 필수 경계병력이 요구된다. 현 GOP 과학화 경계시스템은 수명연한과 과학 발전추세를 고려 시 10년 이내에 성능개량 또는 신규 과학화 경계시스템으로 개선될 것으로 예상된다. 이를 위한 GOP 과학화 경계시스템 발전방향을 제시한다.

5.1 설문조사 결과를 반영한 발전방향

본 연구결과, GOP 부대 지휘관과 참모는 현 GOP 과학화 경계시스템 구축을 통해 효과성 및 효율성 측면에서 적 침투 시 차단할 수 있다는 확신을 하고 있음을 보여준다. 그러나 국민이 우려하는 바를 불식시키려면 고장 발생 빈도수를 줄여야 하고 수리시간 단축에 관한 유지보수 측면에서 관심이 요구되고, 경계작전에 몰입할 수 있는 경계시설 환경을 개선해야 한다.

5.1.1 효과성 향상

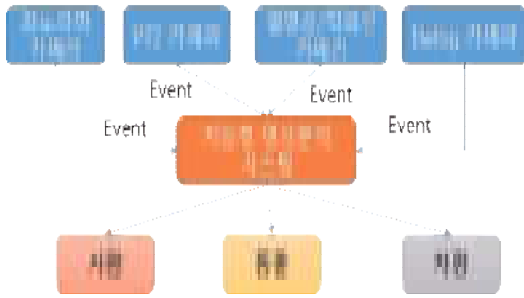
적은 아군에 있어 가장 취약한 야음, 농무, 폭우 등 악기상에서 침투 가능성이 크다. 즉, 월광은 초승달 정도이고, 며칠간 강풍을 동반한 비가 내리며, 밤부터 다음 날 아침까지 짙은 안개가 끼는 등 전방 시계는 불량한 환경에서 GOP 과학화 경계시스템은 그 어느 때보다도 정상적으로 작동하여 적의 침투를 탐지하고 차단할 수 있어야 한다.

본 연구결과 경계작전 목표달성을 위한 효과성 측면에서 중요도가 가장 높은 시스템은 ‘감시시스템’이고 그중 중거리 카메라가 근거리 카메라보다 중요도가 높았다. 그 이유는 적을 원거리부터 조기에 탐지하여 추적 감시하기 위함이다. 이에 따라 기존 근거리·중거리 카메라보다 감시능력이 향상된 카메라가 전력화되어 더

욱 경계작전의 효과성을 높여야 한다.

첫째, 고배율의 감시거리 증대가 요구된다. 중거리 카메라의 감시거리를 최신 열영상장비(TOD : Thermal Observation Device) 수준으로 증대시켜 적을 조기에 식별·저지하기 위해 원거리 감시가 가능해야 한다. 또한 근거리 카메라 역시 중거리 카메라 수준 이상으로 감시거리를 증대하고, 이상 물체 식별시 거리측정 및 좌표를 산출할 수 있어 상하급 제대와 상황을 신속히 공유할 수 있어야 한다. 둘째, 사각지역을 최소화해야 한다. 근거리 카메라는 파노라마형으로 카메라를 설치하여 사각지역을 최소화하고 정면을 병풍처럼 볼 수 있어야 하며, 근거리·중거리 카메라는 펜틸트줌(PTZ : Pan-Tilt-Zoom)형으로 설치하여 원격으로 회전, 줌 조정이 가능해야 한다. 셋째, 야간 감시능력 향상이 요구된다. 중거리·근거리 감시카메라에 열영상 및 적외선 등 향상된 기능을 적용하여 야간 감시능력을 향상 시켜야 한다. 넷째, 안개보정기능(Defog)을 향상해야 한다. 단적외선(Short Wavelength InfraRed : SWIR) 카메라로 안개보정을 향상할 수 있다. 또한 지능형 영상 복원 시스템을 통해 악천후, 야음, 안개, 황사 등의 손상된 영상 이미지를 영상 방해 입자(눈, 비) 제거, 화질 개선, 가시성 향상 등 각각의 기능별로 다른 영상 알고리즘을 통해 실시간으로 영상을 복원할 수 있다. 다섯째, 드론을 이용하여 자동 순찰하고 감시카메라로 감시가 제한되는 사각지역으로 보내어 영상을 실시간 전송하고 추적할 수 있다. 마지막으로 카메라에 지능형 영상 분석 시스템이 탑재된 지능형 감시시스템으로 발전해야 한다. 인공지능(AI)을 통해 타 객체(차량, 동물 등)와 사람을 구별하고, 침입자의 침투, 정지, 배회, 옆드림, 포복 등 움직임 특성을 자동으로 분석하여 침입자로 탐지 및 추적하여 오경보율을 현저하게 낮출 수 있다. 국방개혁 2.0 추진에 따라 군단과 사단의 작전 책임지역이 확장 및 조정이 되는데 육군

의 병력은 감축 중이다. 책임지역 확장에 따라 상황실에서 감시해야 할 모니터 화면이 늘어날 수밖에 없는데 일차적으로는 사람을 제외한 차량, 동물 등은 인공지능을 통해 검출되지 않아 오경보를 최소화하여 감시의 신뢰성을 높여야 한다. 발전된 미래의 감시시스템은 아래 <그림 12>와 같다.



<그림 12> 발전된 감시시스템

다음으로 경계작전 측면에서 ‘감시시스템(광망)’이 중요도가 높았다. 지휘관 및 참모는 감시시스템으로 적을 조기에 탐지하지 못했더라도, 광망으로 구성된 감시시스템을 통해 적을 반드시 탐지 및 차단 할 수 있다는 자신감을 갖고 있다. 그러나 이러한 감시시스템은 적의 침투를 감지하는 데는 효과적이나 장애물로서의 차단효과는 미미하다는 단점을 갖고 있다. 첫째, 적의 월책이 물리적으로 불가능하고, 전시에 적의 화기로부터 엄폐가 될 수 있는 감시시스템으로 발전이 요구된다. 현 GOP 과학화 경계시스템은 개전초에 적의 집중적인 포병 공격으로 인해 정상적으로 작동할 가능성이 작다. 전력화될 무기체계 중 평시 따로 전시 따로 개념은 없다. 평시에 전력을 발휘하는 무기체계가 전시에 그 성능을 발휘해야 한다. 그러한 측면에서 전·평시 적의 침투를 탐지하고 차단할 수 있는 감시시스템으로의 발전이 요구된다. 아래 <그림 13>은 군사 선진국인 이스라엘과 미국이 국경지역에 설치한 장벽이다.



<그림 13> 군사 선진국의 국경장벽

둘째, 월책(越柵) 감지율 100%를 달성할 수 있는 시스템으로 발전되어야 한다. 현 GOP 과학화 경계시스템에는 ‘광망 감시시스템’이 사용되었으나, 정부 및 민간시설의 경우 공항 외곽에는 ‘장력 시스템’이 적용되었고, 교정시설에는 ‘광케이블 시스템’이 설치되었다. 검찰청 및 주요회사에는 ‘레이더/적외선감지기’가 적용되어 보안을 강화하고 있다. 각각의 시스템은 장단점을 갖고 있으나 최종 경계철책은 적을 100% 탐지 및 차단할 수 있는 신뢰성 있는 감시시스템이 적용되어야 한다. 이를 보완하기 위해 사전 감시시스템 적용으로 적 침투를 대비하여 조기 상황 대처가 가능하다. 사전 감시시스템에는 ‘레이더센서’, ‘지진동센서’, ‘주요목 감지센서’, ‘수문 이동물체 감지센서’, ‘감지레이더’ 등이 있다.

5.1.2 효율성 및 병력절감 효과 향상

GOP 사단의 책임지역은 확장되고 병력은 점점 감축되고 있다. 이에 미래의 GOP 과학화 경계시스템은 원격조정이 가능하고 지능형 영상분석기술과 다양한 감시·감지 시스템으로부터 정보를 융합하여 인공지능 기술을 적용한 효과적인 의사결정 지원시스템으로 발전되어야 한다.

GP/GOP에는 적을 감시하기 위한 다양한 종류의 감시·감지 시스템이 운용되고 이들은 각각의 전시 모니터를 보유하고 있다. 각각의 전시 모니터를 감시해야 하는 영상감시병은 경계작전의 효율성이 떨어질 수밖에 없다. 본 연구에서 GOP 과학화 경계시스템의 구성 시스템 중 개선보완 우선순위 1순위는 ‘통제시스템’으로 확인되었다. 미래에는 드론, 레이더 등을 비롯한 더 많은 다양한 종류의 센서(Sensor) 시스템이 전력화될 것이다. 따라서, 미래의 통제시스템은 다양한 종류의 감시·감지 시스템을 통합하여 정보를 한곳에 융합하고 분석하는 통제시스템으로 발전되어야 한다. 이를 위한 발전방향은 아래와 같다. 첫째, 모든 시스템은 상호연동이 되어 상호 중첩 및 릴레이(Relay) 운용되도록 해야 한다. 적이 최초 원거리 카메라 A, B에 의해 탐지시 모든 센서는 적 탐지지점으로 향한다. 원거리 카메라 A, B가 상호 중첩으로 적을 추적관리를 하다가 사각 지역이 발생하여 소실 되었으나, 사각지역을 감시할 수 있는 중거리 카메라 C, D로 릴레이가 되어 지속해서 추적관리가 될 수 있다. 둘째, 다양한 감시·감지 시스템으로부터 탐지된 이상징후 경고는 하나의 통제시스템에 통합되어 대대 상황실 비디오 월(Video Wall)에 전시되어 자동으로 추적관리가 되어야 한다. 비디오 월의 화면은 동시에 상·하급 제대에서 똑같이 모니터링되어 전장 가시화가 되어 신속한 상황 조치로 적을 차단할 수 있다. 셋째, 비디오 월의 영상 이벤트를 지도상에 도시해야 한다. 감시·감지 시스템으로부터 탐지된 이벤트의 위치를 자동으로 표적 위치를 지도상에 나타내어 신속하게 상황을 전파할 수 있어야 한다. 마지막으로, 지능형 통제시스템으로 발전되어야 한다. 적의 침투 상황은 안개 상황에서 위장하고 포복을 하는 등 매우 다양하고 복잡할 수 있다. 이러한 각각의 상황을 기계학습 및 딥러닝을 이용하여 오경보를 줄이고 침입, 배회, 폭행, 담치기 등 이상징후를

탐지할 확률을 점차 높일 수 있다. 지능형 통제시스템은 다양한 감시, 감지체계를 통합하여 효과적인 의사결정 지원할 수 있다.

5.1.3 유지보수 만족도 향상

현 GOP 과학화 경계 시스템은 전력화 소요기간을 단축하고 최신 장비 도입을 위해 구매사업으로 추진되어 두 개 업체의 이기종(異機種) 시스템을 설치하였다.

본 연구결과, 유지보수 측면에서 가장 만족도가 낮고 개선/보완이 가장 우선시되는 구성시스템은 ‘통제시스템’으로 식별되었다. 통제시스템은 S/W 위주로 구성되어 시스템의 정비수준이 높아 과학화 정비반의 자체 능력으로는 정비에 한계가 있다. 따라서 통제시스템에서 오류가 발생하면 S/W 개발업체 도움 없이는 해결할 수 없는 상황에 직면할 수 있고, 이로 인해 경계작전에 차질이 생기더라도 외주정비업체가 도착하기 전에는 즉각 조치가 제한될 수 있다. 외주정비업체의 정비 지원은 파주, 전곡, 철원, 화천, 연천, 원통, 양구, 속초 일대에 지역 지원 개념으로 지역 내 A/S센터에 상주하고 있어 고장을 접수하면 GOP 현장까지의 이동시간 등을 고려할 때 즉각 조치는 제한될 수밖에 없다.[12] 개선/보완 2순위는 ‘감지시스템’으로 확인되었다. 감지시스템의 광망은 내구성이 낮아 영하의 온도에 결빙과 낙뢰나 태풍에 파손이 발생한다. 또한 불에 약해 산불 또는 적의 화망작전에 취약할 수 있다. 광망이 단절되거나 파손시 이를 정비시에는 사단 과학화 정비반 출동이 요구되고 정비시간이 소요된다.

정비계약 및 유지보수 예산의 효율성 문제도 발생하고 있다. 현 GOP 과학화 경계시스템은 구매사업을 통해 전력화가 된 무기체계이다. 이로 인해 서버 프로그램과 통제시스템 프로그램 등의 라이선스³⁾는 군(軍)이 아닌 구매업체에서 보유하고 있어, 군직 정비가 제한되고, 서버 및

통제시스템 교체시 추가 예산이 발생할 수 있다. 따라서, 군은 GOP 과학화 경계시스템의 적정 가동상태 유지를 위해, 매년 가장 적합한 업체를 선정하여 정비계약을 해야 하는 소요가 발생하고, 정비예산은 점점 증가하고 있다. 또한, 최저가 낙찰제 입찰시 기술력이 부족한 영세업체가 낙찰될 수 있어 원활한 유지보수가 제한될 수 있는 상황이 발생할 수도 있다.

우리군은 2025년을 목표로 현재 국방개혁 2.0을 추진하고 있다. 국방개혁 2.0 추진간 군단 및 사단이 해체되고, 부대가 재배치되어 GOP사단의 작전책임 지역은 조정 및 확장된다. 그러나 일부 부대에서는 서로 상이한 업체의 GOP 과학화 경계시스템이 전력화되어 작전책임 지역 확장간 이기종의 시스템 관한 조작성과 정비교육을 운용자 및 정비반에게 새로이 교육/숙달해야 하는 상황이 예상된다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 첫째, 차기 GOP 과학화 경계시스템 전력화시에는 단일 업체로부터 구매 또는 연구개발로 추진하여 상호운용성을 극대화해야 한다. 둘째, 고장 및 파손시에도 전문가 없이 현장의 경계부대 정비요원이 짧은 시간에 손쉽게 유지보수 할 수 있는 시스템으로 구축해야 한다. 또한, 영하 및 고온을 견디며 낙뢰나 태풍에도 파손이 적은 내구성 강한 시스템을 구축하여 정비 소요를 줄여야 한다. 마지막으로 군수지원 측면에서 효율적 운영유지를 위한 최적의 종합군수지원 방안을 마련해야 한다. 정비가 최단 시간 내 이루어지고 GOP 과학화 경계시스템의 가용도를 높일 수 있는 성과기반군수지원(Performance Based Logistic : PBL) 또는 계약자군수지원(Contractor Logistics Support : CLS) 등의 군수지원체계 도입 검토가 필요하다.

5.1.4 사용시설 만족도 향상

현 통제시스템은 병력 중심의 경계작전 시 사용하던 상황실을 이용하여 설치되었다. 그러다 보니 규격화되지 않은 비좁은 상황실 공간을 최대한 이용하여 비디오 월(video wall)을 설치하게 되었다. 통제시스템 서버는 별도의 서버실을 마련하지 않고 가용 공간에 설치를 하다보니 빈번한 초병교대로 인한 먼지 비산, 우기철 습기 발생 등으로 시스템 고장의 원인이 되고 있다. 상황실 등의 사용시설 만족도 향상을 위해서는 첫째, 차기 GOP 과학화 경계시스템 구축시에는 규격화된 시설이 함께 패키지화되어 전력화가 되어야 한다. 규격화된 시설에 비디오 월, PC, 서버 등이 최적화되어 설치되고 서버 유지를 위한 향온, 향습, 방진이 갖춰진 별도의 서버실 구축이 요구된다. 둘째, 영상감시병이 쾌적한 환경에서 집중하여 능률적으로 감시 임무를 수행할 수 있도록 환경개선이 요구된다. 현재는 초병근무가 상황실에서 이루어지다 보니 빈번한 이동병력으로 산만하여 경계에 집중할 수 있는 환경이 이루어지지 않는다. 영상감시병은 다수의 비디오 월을 감시하는데, 집중할 수 있는 여건마련이 필수적이다.

5.2 차기 GOP 과학화 경계시스템 사업추진 방법제안

차기 GOP 과학화 경계시스템 사업추진 방법을 결정할 때는 <표 18>과 같은 주요 고려사항에 대한 장·단점을 비교하여 선정할 수 있다. 첫째, 국내·외 업체의 기술 동향 및 수준을 고려해야 한다. 현 GOP 과학화 경계시스템은 국내업체가 개발 및 전력화한 시스템이고 현재도 운영유지를 위해 기술지원 중이다. 또한 미국,

3) 개인 사용자나 기업에서 구매할 수 있는 소프트웨어, 기본적으로 1개의 소프트웨어로 1대의 PC에 프로그램을 설치할 수 있지만, 상품에 따라서는 다수의 PC에 설치할 수 있는 때도 있음.

<표 18> 방위력개선사업 사업추진 방법 결정시 고려사항

구 분	주 요 내 용
국내·외 업체의 기술 동향 및 수준	감지·감지·통제시스템의 국내·외 기술수준과 개발난이도 및 개발 위험성 평가
작전운용성능 충족 가능성	개발 분야, 생산 대상, 개발 주체 등을 기준으로 ROC 충족 가능성 평가
사업추진 방법별 소요비용	연구개발 및 국내·외 구매시의 소요비용 평가
적기 전력화 보장	획득방법별 전력화 가능시기를 판단하여 평가
체계연동 및 상호운용성	기존 편제 감시장비(TOD, 근거리 감시레이더 등) 및 전력화 예정 장비와의 연동 및 상호운용성 평가
후속군수지원 보장	전력화 지원요소 반영 및 운영 유지 보장

독일, 이스라엘 등 해외의 다수 업체도 경계시스템 분야에서 사업을 추진 중이고 다양한 고급기술을 보유하고 있어 해외구매도 고려해 볼 수 있다. 둘째, 작전운용성능(ROC) 충족 가능성을 고려해야 한다. 현 GOP 과학화 경계시스템 사업도 여러 차례 경계작전 개념이 수정·변경됨에 따라 사업이 추진되는 과정에서 ROC 변경이 반복되었다. GOP 사업의 경우 여러 번 경계작전 개념이 변경되었다는 것은 ROC 설정·적용, 사업 추진간 많은 혼란이 야기되었음을 실증하는 것으로 이로 인한 국가 예산 낭비, 사업추진 지연은 불가피했음을 짐작할 수 있다. 따라서 국내 연구개발과 국내·외 구매사업 중 어느 방법이 ROC의 수정·변경 없이 설정된 ROC를 잘 충족할 수 있는지 고려해야 한다. 완전작전이 요구되는 GOP 경계작전의 특수성과 기술 진부화를 방지하고 기술발전 속도를 고려하는 진화적 ROC 적용개발이 가능한 연구개발 사업이 유리할 수 있다. 셋째, 사업추진 방법별 소요비용을 고려 해야한다. ROC를 잘

충족할 수 있을지라도 비용 대 효과 측면에서 어느 방법이 더 효율적인지 판단해야 한다. 같은 작전효과를 보인다면 구매방법이 연구개발보다 비용을 절약할 수 있다. 넷째, 적기 전력화 보장 여부이다. 구매사업은 이미 상용화된 제품을 도입하기 때문에 적기 전력화가 연구개발 사업보다는 유리할 수 있다. 다섯째, 체계연동 및 상호운용성을 보장해야 한다. 기존에 다양한 업체로부터 전력화된 여러 종류의 감지·감지 장비와 전력화 예정인 장비를 구매사업을 통해 통합하고 상호운용성을 보장하기에는 제한사항이 많다. 따라서 초기부터 통합성과 상호운용성을 염두에 둔 연구개발이 유리할 수 있다. 마지막으로 안정적인 후속군수지원을 보장해야 한다. 구매사업은 매년 계약 문제 등으로 적기 군수지원이 제한될 수 있고, 해외 구매 시에도 구성품 중 단종품 발생시 국내 구매 시보다 더욱 비용 등이 증가할 수 있다. 그러나 연구개발 시에는 정비 수준과 상황에 따라 군직 정비, 외주정비 등을 선택하여 정비할 수 있다. 사업추진 방법별 장단점을 비교한 결과 <표 19>와 같이 정리할 수 있다.

<표 19> 사업추진 방법별 특성 및 비교

구 분	국내 구매	국외 구매	연구 개발
국내·외 업체의 기술 동향 및 수준	○	○	○
작전운용성능 충족 가능성	△	△	○
사업추진 방법별 소요비용	○	△	△
적기 전력화 보장	○	○	△
체계연동 및 상호운용성	△	△	○
후속 군수지원 및 기타사항	△	△	○
소 결 론	△	△	○

따라서, 본 연구에서는 GOP 과학화 경계시스템의 과거 사업추진 사례와 사업 특성을 고려시 ‘업체주관 연구개발사업’으로 추진하는 것이 가장 적절할 것으로 판단된다.

5.3 과학화 경계시스템 전담 TF 편성

우리 군은 GOP 과학화 경계시스템 뿐만 아니라, 중요시설 경계시스템 및 해·강안 경계시스템 등 육·해·공군에서 각각 과학화 경계시스템을 별도로 추진하고 있다. 그러나 과학화 경계시스템에 대한 육·해·공군 통합 전담 조직과 구체적인 마스터플랜을 계획한다면 체계적인 사업기획 및 합동성이 강화된 시스템 구축이 기대된다. 과학화 경계시스템 사업추진간 개선해야 할 사항들을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 육·해·공군 과학화 경계시스템 사업은 방위력개선사업과 전력운영사업으로 이원화 추진하고 있다. 과학화 경계시스템에 대한 전반적인 소요기준과 구축 우선순위 등이 정립되지 않아 각 군 사업별 판단기준과 소요 발생에 따라 각각 추진되고 있다. 특히 북한 귀순자 월책, 소형목선 침투 등으로 급하게 경계력을 보강하기 위한 과학화 경계시스템은 통상 전력운영사업으로 추진하는데 예산 여건에 따라 사업 규모가 결정되고, 소규모 예산 투입 때에는 경계력보강 달성은 제한적일 수 있다. 또한 한 울타리내에서 방위력개선사업으로 구축한 시스템과 전력운영사업으로 구축한 시스템간에는 원활한 상호운용이 제한될 수 있고 유지보수도 이원화될 수밖에 없는 문제를 초래한다. 둘째, 각 군 별도 사업추진으로 합동성 발휘가 제한될 수 있다. GOP 경계작전, 중요시설 경계작전, 해강안 경계작전은 모두 감지, 감시, 통제 시스템 등 동일한 운용개념의 경계작전 시스템을 가졌으나, 각각의 사업추진으로 시너지 효과 발휘가 제한될 수 있다. 예를 들면 육군과 해군이 합동으로 실시하는 해안 및 항·포구 경계작전과 관

련하여 각 군 별도로 경계시스템 구축을 추진할 경우 상호운용성 문제가 발생하여 합동성 발휘 제한이 예상되고, 시스템 연동을 위한 별도의 시스템과 추가예산이 발생할 수 있다. 셋째, 과학화 경계시스템 운영유지가 제한될 수 있다. 현 GOP 과학화 경계시스템의 중거리 카메라 경우도 별도의 전력운영사업으로 추진되어 설치된 것이다. 이로 인해 중거리 카메라의 경우 유지보수는 GOP 과학화 경계시스템에 포함되어 추진하지 못하고, 별도의 유지보수예산으로 추진하고 있다. 이처럼 과학화 경계시스템이 부분적으로 방위력개선사업과 전력운영사업으로 추진되고, 다양한 업체의 하드웨어 및 소프트웨어로 구성시 원활한 운영유지는 제한될 수 있다. 이를 위한 발전방안을 제시하고자 한다. 첫째, 과학화 경계시스템 전담 TF를 구성해야 한다. 과학화 경계 시스템을 담당하는 전담 조직을 합참 또는 국방부에 편성하여 전군(全軍) 과학화 경계시스템에 대한 컨트롤 타워(Control Tower) 역할을 수행한다. 전담 TF 편성에 따른 기대효과는 육·해·공군에 대한 체계적인 사업기획 및 효율적인 사업추진으로 효과적인 과학화 경계시스템을 구축할 수 있다. 육·해·공군에 최적화된 요구성능을 정립하고, 각 군의 유사 사업간 유기적인 벤치마킹으로 시너지 효과를 극대화 할 수 있다. 합동작전이 요구되는 경계작전 지역은 상호운용성을 극대화하

<표 20> 과학화 경계시스템 TF 임무(안)

<ul style="list-style-type: none"> • 소요기획 업무 <ul style="list-style-type: none"> - 전군 과학화경계시스템 Master Plan 작성, Top-Down 방식 사업추진 • 사업관리 및 협조(조정) <ul style="list-style-type: none"> - 주요 전력운영사업에 대한 관리 - 방위력개선사업에 대한 협조(조정) • 시스템 운영유지 조정/통제 <ul style="list-style-type: none"> - 상급 및 대외기관(기재부, 지자체, 방사청 등) 업무 협조

여 합동성을 발휘하는 경계시스템을 구축할 수 있다. 또한 운영유지간 발생하는 현안에 대해 긴밀한 대응 및 조정·통제가 가능하다. TF 임무는 다음 <표 20>과 같다.

5.4 과학화 경계시스템 공통 SW 개발

GOP 과학화 경계시스템 뿐만 아니라, 해강안 과학화 경계시스템, 중요시설 과학화경계시스템 모두를 포함하는 ‘과학화 경계시스템 공통 SW’ 연구 개발이 필요하다. 현 GOP 과학화 경계시스템의 경우 A업체는 중서부를, B업체가 동부를 각각 이중의 경계시스템으로 전력화 하였다. A업체는 인텔리빅스(Intellivix) SW가 장착된 통제시스템을, B업체는 스마트 CQ(Smart CQ) SW가 설치된 통제시스템을 운용한다. 그러나 두 경계시스템의 통제시스템 간 상호운용성이 제한되어 서로를 모니터링하기 위한 별도의 추가 장비가 요구되고, 각각 유지보수 사업을 추진해야 하는 등 제한사항을 갖고 있다. 큰 틀에서 보면 GOP 과학화 경계시스템, 해강안 과학화 경계시스템, 중요시설 과학화경계시스템 모두 감시, 감지, 통제시스템 등 유사한 경계작전 운용개념의 시스템을 갖고 있다. 따라서 미래의 과학화 경계시스템은 공통 SW 개발을 통해 상호운용성 및 운영유지를 극대화 할 수 있다. 공통 SW를 개발하되 SW 빌드1은 GOP 경계작전에 특성화 시키고, SW 빌드2는 해·강안 경계작전에 특성화 시키며, SW 빌드3은 비행장 및 탄약고 등 중요시설 경계작전에 특성화 하여 개발할 수 있다. 과학화 경계시스템 공통 SW는 시스템 확장 및 SW 업그레이드가 용이하고 상호운용성 및 통합성을 극대화하며, 운영유지 예산을 절감하여 효율적인 경계작전에 기여할 수 있을 것이다.

6. 결론 및 시사점

본 연구를 통해 GOP 부대 지휘관 및 참모, 실무자들이 GOP 과학화 경계시스템을 어떻게 인식하고 있는지 설문조사를 통해 확인하였다. 과학화 경계시스템 구축을 통해 GOP 부대 지휘관 및 참모는 적 침투 시 차단할 수 있다는 확신과 자신감을 갖고 있음을 확인할 수 있었다. GOP 과학화 경계시스템은 GOP 경계작전 목표를 달성하는 데 효과적이고 효율적인 시스템인 동시에 병사들의 경계를 대체하는 병력절감 효과를 어느 정도는 가져다준 시스템이다. 그러나 GOP 과학화 경계시스템의 유지보수는 만족스럽지 못했다. GOP 경계작전 목표달성 중요도 측면에서 가장 중요하다고 분석된 증거리 카메라의 유지보수 문제는 결코 간과해서는 안 된다. 또한, 개선/보완이 1순위로 요구되는 통제시스템이 구축된 중대 및 소초 상황실 등의 시설도 만족스럽지 못했다. 국회 국방위원회 및 언론 등 국민이 우려하는 바를 불식시키려면 고장 발생 빈도수를 줄여야 하고 수리시간 단축을 통해 경계 공백 발생을 최소화해야 한다. 결론적으로 GOP 과학화 경계시스템은 작전적 측면에서는 긍정적 효과를 나타내고 있지만, 군수지원 측면에서는 부정적 효과를 보임을 확인할 수 있었다.

경계작전은 가장 기본적이면서 실패시 국민으로부터 엄청난 지탄을 받는다. 현 GOP 과학화 경계시스템은 수명연한 10년을 고려할 때 2020년 중·후반에는 도태가 예상되고 차기 GOP 과학화 경계시스템으로 성능개량 또는 신축될 것으로 예측된다. 4차 산업혁명이 이 시대의 최대 화두로 등장했다. 첨단 인공지능을 기술을 차기 GOP 과학화 경계시스템에 적용하여 군 경계작전을 혁신적으로 개선해 나가는 것은 매우 중요하다. 그러나, GOP 경계작전은 적에게 작은 틈을 보여서는 안되는 철통 방어를 해

야하는 지역으로 설익은 인공지능을 초기부터 적용하여 국민들에게 또다른 안보불안을 초래하지 말아야 한다. 인공지능 기술은 중요시설 경계시스템에서 어느정도 성숙되고 안정화되어 신뢰성이 높아진 기술수준에 도달했을 때 차기 GOP 과학화 경계시스템에 적용하는 것이 합리 적일 것이다.

차기 GOP 과학화 경계시스템 설계 시 본 연구에서 설문조사 결과를 바탕으로 제시한 발전 방향이 반영되어 미래 경계작전 환경에서 사용자가 요구하는 사용자 중심의 과학화 경계시스템으로 구축되어야 할 것이고 본 연구는 GOP 경계작전 수행능력을 한 단계 도약시키는 토대가 될 것이다.

참 고 문 헌

<단행본>

- [1] 육군본부. 『야전 교범 31-36 경계』. (계룡 : 육군본부, 2014), pp.1-5.
- [8] Hong, D., & Seol, D. Analysis of social survey. (Seoul/Dasanbooks, 2000)

<논문지>

- [2] 박계향. “7년간 실패한 ‘GOP 과학화 경계시스템사업’의 문제점과 대책,” 『軍事세계(21세기 군사연구소)』, 통권203호, (2012), pp.50-57.
- [6] 군사세계 편집부. “GP 철수 그리고 GOP 과학화 경계시스템 12년 사업의 현주소,” 『軍事세계(21세기군사연구소)』, 통권264호, (2018), pp.24-30.
- [7] Likert, R., “A technique for the measurement of attitudes,” *Archives of psychology*, 22, 140, (1932), pp.55.
- [8] Clason, D. L., & Dormody, T. J., “Analyzing data measured by individual Likert -type items,” *Journal of agricultural education*, Vol. 35, No. 4, (1994), pp.31-35.
- [9] 박태웅, 김태호, & 한현진, “GOP 과학화 경계시스템에 대한 평가와 개선방안 : 지휘관 및 참모 대상 설문조사 결과를 중심으로,” 『한국 국방경영분석학회지』, Vol. 46, No. 2, (2020), pp.57-72.
- [12] 명현우, 김태근, & 문현. “GOP 완전 경계작전을 위한 과학화 경계 시스템 정비능력 발전방안 고찰,” 『국방과 기술』, Vol.472, (2018), pp.116-125.

<WEB Site>

- [3]https://kookbang.dema.mil.kr/newsWeb/20060626/1/BBSMSTR_000000010026/view.do
(검색일: 2021. 3. 17)
- [4]https://kookbang.dema.mil.kr/newsWeb/20201127/1/BBSMSTR_000000010022/view.do
(검색일: 2021. 3. 18)

- [5]<https://www.aneusa.com/detail.php?number=1227197&thread=09r02> (검색일: 2021. 3. 17)
[10]<https://www.yna.co.kr/view/AKR20180907002800079> (검색일 : 2021. 10. 21)
[11]<https://www.hankookilbo.com/News/Read/201710200961696070> (검색일 : 2021. 10. 21)

저자 소개



박태웅 (E-mail: tw5860@gmail.com)

2015 University of Central Florida 산업공학 박사
2014 University of Central Florida M&S 석사
2005 서울대학교 산업공학 석사
2000 육군사관학교 무기공학 학사
현재 합참 분석실험실 합동실험계획담당
관심분야 : Decision Analysis, 국방 M&S,
국방관리분석



김태호 (E-mail : c14197@gmail.com)

2022 숭실대학교 IT정책경영학과 박사과정
수학중
2008 미 공군대학원 운영분석 석사
2003 육군사관학교 토목공학 학사
현재 합동참모본부 분석실험실
화력전력분석담당
관심분야 : 비용분석, Decision Analysis

DEA를 활용한 전력지원체계 납품 적합업체 판별 분석 및 개선방향 연구

A Study on Improvement Direction and Recognition Analysis of
appropriate force support equipment's supply companies by using DEA

임정택¹⁾ · 이문걸²⁾

Jung-Taek LIM · Moon-Gul Lee

ABSTRACT

Currently as improvement of IT technology and new material development, lots of military commercial equipment are furnished in various of defense field. However, in this situation, the dissatisfaction of military officials over the supply of low-quality equipment is also increasing. In order to solve these issues, we present a methodology that can be used for pre-discrimination analysis for selecting the right company and bidding.

In this study, we analyze the supply status and performance of commercial military equipment, and consider the supplementary provisions of various institutional aspects stipulated by the Public Procurement Service and the Defense Acquisition Program Administration (DAPA). By applying the DEA method, a preliminary analysis of suitable companies was conducted based on performance data such as various financial conditions, equipment performance reliability, contract fulfillment, and bid price of the companies in the past. Through this proposed model, we expect that the defense project managers will improve and contribute their own acquisition process for selecting suitable and good companies.

Key words : PPS, weapon system, defense acquisition, bidding, contract
DEA(DATA Envelopment Analysis), force support system

논문접수일 : 2022년 6월 1일, 심사일 : 2022년 6월 6일, 게재확정일 : 2022년 6월 24일

1) 대영에스텍 국방사업팀

2) 국방대학교 국방과학학과, bomblee@korea.kr / 교신저자(Corresponding author)

1. 서론

국내 방위산업은 지난 52년간 무기체계 위주 육성 정책으로 성장하고 있다. 하지만 상대적으로 전력지원체계 분야의 성장은 주 무기체계에 비해 관련 부서와 인력이 부족한 상태이다. 매년 수요군은 필요로 하는 전력 지원체계 장비 중 상용장비 구매하고 있으며 조달청(나라장터)와 방위사업청(국방전자 조달 시스템)을 통해서 중소기업 일반경쟁 입찰사업 방식으로 구매 계약을 진행하고 있다. 하지만 중소기업의 최저가 일반 경쟁 입찰 방식으로 장비 성능과 품질에 부적합한 상용장비가 납품될 수 있는 구매 계약 제도로 불만이 증가하고 있다.

이처럼 전력 지원체계 상용장비 구매간 업체 선정 간 정성적 요소인 장비 운용 기술 지원, 고장 발생 시 후속 군수지원, 부품에 대한 납품 지원 등은 별로 고려되지 않고 최저가 입찰 경쟁이 대부분이다. 또한 낙찰된 업체는 대부분 중소기업, 중소기업들이 참여로 계약 후 기술력 부족과 주장비에 대한 기술적, 운용 전문성 이해 부족 등으로 사업 지연, 중도 포기가 발생하는 등 장비 전력화에도 많은 어려움이 있다.

이러한 문제점에도 불구하고 수요군 요구하는 최적의 작전운용성능과 상용장비 구매획득을 위해서 기존 제도개선과 업체 적격심사의 평가 방법, 장비 성능, 운용 평가 제도개선이 필요하다. 따라서 본 연구는 수요군 요구하는 상용장비 구매획득에 대한 중소기업, 중소기업 등의 계약제도 개선방안 제안과 올바른 선정을 위한 적합업체 분석 방법에 대한 모형을 제시한다. 본 연구를 통해 현 제도 및 절차상의 문제점과 제한사항을 개선하고 국방 분야에 군에서 요구하는 고품질의 장비가 납품이 될 수 있도록 기여하였으면 한다.

2. 연구 범위와 방법

본 연구의 범위와 방법은 수요군이 요구하는 최적화된 주장비에 적합한 상용장비 구매획득을 위해 입찰과 계약에 관한 각종 제도 개선방안 제시와 데이터에 기반을 둔 정량화 분석을 수행한다.

첫째, 전력지원체계 상용장비 계약 및 관리 절차를 세부적으로 분석했으며 소요기획과 획득관리 고찰, 군에서 구매 획득하는 상용장비의 일반사항과 조달청(나라장터)와 방위사업청(국방전자조달) 계약 시스템의 비교 분석을 진행했다. 현재 수요군의 상용장비 구매 현실태와 문제점을 세부적으로 작성했으며, 전력지원체계 상용장비 구매계약 개선 방향을 제안한다.

둘째, 데이터 기반 소기업, 중소기업의 사전 평가에 따른 올바른 선택을 할수 있는 의사결정 지원에 도움을 줄 수 있는 모형을 제시한다. 본 모형은 DEA 방법을 적용하여 현재 가용한 업체 입찰정보, 경영상태, 재무상태 등 다양한 자료를 입출력 변수값으로 설정하여 업체 우선순위를 선정하고 이에 기반을 둔 시사점을 제시하였다. 총 9개 요소에 대한 데이터 비교 분석값을 통해서 각 평가 기준을 포괄하는 업체의 종합 점수를 도출한다.

본 연구에서는 기존 연구, 전력지원체계 획득에 관련된 제도 및 현실태 등의 제한사항을 분석하고, 개선방향을 제시한다. 다음으로 누구나 현재 쉽게 접근이 가능하고 획득할 수 있는 국방전자조달, 인터넷상의 기업정보 등으로부터 입수한 자료에 바탕으로 세부 평가항목을 식별하고 입력값과 출력값을 구분하여 DEA 모형을 구축을 통해 업체의 사전 판별 분석할 수 있는 방법론을 제시와 사례연구를 수행한다.

3. 기존 연구 고찰

3.1 부정당 업체 법적 제한

국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률(이하 '국가계약법') 또는 지방자치단체를 당사자로 하는 계약에 관한 법률(이하 '지방계약법')에 의해 군 상용장비는 방산장비와 별도로 구매 계약을 진행 중이다. 국가기관, 공공기관, 지방자치단체 등을 운영하기 위해서는 여러 가지 재화와 용역이 필요하다. 이를 확보하기 위한 공정하고 투명한 국가사업을 위해서는 제도적 방지 대책이 국가 경제적으로 매우 중요하다. 공공 조달³⁾(국가보훈처 보훈 단체협력담당관(2019) 보훈단체 수익사업 : 업무편람)의 계약은 입찰 참가 기업들에 대한 불평등 없이 공정한 절차와 평가를 통해 이루어져야 하고 부정당 업체에 대한 제재는 실질적 경쟁을 통한 공공 조달계약의 법률적 효과를 극대화하고 공정하고 투명하게 유지하는 데 필요한 제도이다.

계약 당사자가 국가기관일 경우, 국가계약법 제27조(부정당 업체의 입찰 참가 자격 제한)에 근거해 부정당 업체 제재가 가능하고 계약 당사자가 지방자치단체일 경우, 지방계약법 제31조(부정당 업체의 입찰 참가 자격 제한)에 근거해 부정당 업체 제재가 가능하다. 계약 당사자가 공기업·준정부기관일 경우, 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제39조(회계원칙 등) 제2항 및 「공기업·준정부기관 계약사무 규칙」 제15조(부정당 업체의 입찰 참가 자격 제한)에 근거해 부정당 업체 제재가 가능과 계약 당사자가 지방공기업일 경우, 「지방공기업법」 제64조의2(회계처리의 원칙 등) 제4항에 근거해 부정당 업체 제재가 가능함을 명시 하고 있다

방위사업청은 매년 수시로 계약심의회를 개최하여 '국가계약법' 제27조, 같은 법 시행령 제76조, 같은 법 시행규칙 제76조에 의거, 불성실하거나 불공정한 행위를 하는 업체에 대해 계약 진입을 공정한 기준과 투명한 절차로 차단하기 위해 부정당 업체의 입찰 참가 자격을 제한해 오고 있으나 현실은 부정당 업체는 지속해서 여러 가지 편법 사용 중이다. 재입찰 참여와 업체평가 한계점, 부정당 업체의 관리에 어려움이 있다. 부정 당업자의 발생은 소요군이 요구하는 장비 성능 충족을 못 하고 검수 간 품질 저하 발견과 납기 미준수 등 전력 지원체계 구축에 많은 문제점 있고, 이에 따라 수요군 뿐만 아니라, 사업 및 계약담당자와 사업담당자들은 구매획득 업무에 있어 불신감 및 예산 사용에 대해 조급함으로 다른 구매획득 사업을 원활히 이행되지 못하는 원인을 준다[1].

입찰 계약 진행 간 부정당 업체로 최종 결론 후 어느 시점부터 자격 제한을 부여할 것인지 그와 관련해서 아직도 많은 어려움이 있다. 국가계약법 시행령 제76조 제1항 본문에서 『제한 사유에 해당하는 경우는 여부를 막론하고 바로 입찰 참가 자격을 제한 한다』라고 규정으로 명시하고 있다.

위 사실에 비추어 볼 때 입찰참여 이전부터 각종 업체에 대한 기본 정보 및 상태에 대한 분석이 충분히 이루어져야 한다. 특히 과거 불량장비 납품, 납품지연 및 후속지원 소홀 등 여러 이력이 있거나 잠재적으로 문제 발생 가능성이 있는 업체에 대한 사전 분석 및 식별을 통해 보다 선제적으로 대응할 수 있을 것이다.

3) 공공조달계약은 입찰 참가자들에 대한 불평등 없이 공정한 절차를 통해 이루어져야 하므로, 부정당 업체에 대한 제재는 실질적 경쟁을 통한 공공조달 계약의 법률효과를 극대화하고 공정성과 투명성을 확보하는 데 꼭 필요한 제도적 장치임

3.2 조직분석 모형

3.2.1 판별분석 모형

판별분석은 1936년 Fisher에 의해 최초로 소개된 다변량 통계분석기법[2]으로 종속변수가 범주형 변수이고, 독립변수가 연속변수일 때 선택적으로 정의된 두 개 이상의 집단들을 가장 잘 판별할 수 있는 둘 이상의 독립변수의 선형 조합을 찾아내는 분석기법이다. 이러한 판별분석을 통해 관찰된 집단들에 대한 판별점수[3]의 평균들이 통계적인 유의한 차이가 있는가를 검정하고, 판별함수를 이용하여 새로운 개체를 분류하며, 집단 간의 차이를 어떤 독립변수가 가장 많이 설명하여 주는가를 찾아낸다.

$$Z = w_1X_1 + w_2X_2 + \dots + w_nX_n$$

여기서, Z 는 판별점수(discriminant score), 판별함수의 계수인 w_i 는 가중치 (weight), 그리고 X_i 는 독립변수(independent variable)를 의미한다.

이 모형은 기본적으로 독립변수들의 결합분포가 정규분포를 따른다는 것을 가정하므로, Shapiro-Wilk's test를 통해 변수의 정규성을 확인한다. 그 결과 모든 변수가 유의수준 0.01에서 정상분포를 보이게 되면 변수가 정규분포를 따르지 않을 것이라는 귀무가설을 기각한다. 또한 모집단의 종속변수와 각 집단별 독립변수들의 공분산 구조가 유의수준 0.01에서 같음을 Box's M test를 통해 확인한다. 검증용 데이터를 이용하여 예측한 결과, 부정당 업자를 부정당 업자로 정확하게 예측할 확률이 90%, 건설업체를 건설업체로 정확하게 예측할 확률이 95%를 나타내고 있어 전반적으로 부정당 업자와 건설업체를 정확하게 예측할 확률이 92.5%로 높게 나타난다는 것을 주장하였다[4]

3.2.2 DEA(자료포락분석)

DEA 분석은 1978년에 처음으로 제안된 이후 경영과학 분야에서 가장 널리 활용되고 있는 방법으로 분석 대상 조직 단위의 효율성 점수를 계산하고, 비효율적 조직 단위가 투입자원을 얼마나 줄여야 하는지 또는 산출을 얼마나 늘려야 하는지를 평가할 수 있다. 본 모형은 다수의 투입 대비 산출 효과에 결과 도출할 수 있다. 업체별 다수의 투입과 산출 요소를 분석하기 위해서 다수의 산출 요소와 투입 요소를 이용하여 효율성 지표를 정의한다. 투입 요소와 산출 요소의 가중평균 비율로 효율성을 정의할 수 있다.

y_{ij} 를 조직 단위 i 의 r 번째 산출물의 산출량이라 하고, x_{ij} 를 조직 단위 i 의 j 번째 투입 요소의 투입이라 하면 조직 단위 i 의 효율성은 다음과 같이 정의 한다.

$$Eff(i) = \sum_r u_r \cdot y_{ir} \div \sum_r v_j \cdot x_{ij}$$

여기서 u_r 과 v_j 는 가중치이다. 이러한 가중치는 해당 기관에서 사전에 정하거나 가장 유리한 요소를 업체별로 선택할 수 있다. 따라서 u_r, v_j 는 본 효율성 함수에서 선형계획모형의 결정변수가 됨을 알 수 있다. 그리고 우리의 평가목적은 각 지점 i 에 대한 해당 함수값을 최대화하는 값을 선정하면서 각 업체에서 유리한 항목의 가중치를 제약 조건하에 어떻게 선택할 것인가 하는 문제로 귀결될 수 있다. 그리고 다수의 투입 대비 산출에 대한 결과와 각 지점 상호 비교를 위한 제약식을 포함한 최적화 모형을 다음과 같이 구성할 수 있다.[3]

$$\begin{aligned} &\text{maximize } Eff(i) = \sum_r u_r \cdot y_{ir} \div \sum_r v_j \cdot x_{ij} \\ &\text{s.t. } \sum_r u_r \cdot y_{ir} \div \sum_r v_j \cdot x_{ij} \leq 1, \quad \forall i \\ &\quad \quad \quad u_r, v_j \geq 0, \quad \forall r, j \end{aligned}$$

위 식에서 산출이 투입보다 클 수 없으므로 효율성은 1보다 클 수 없다. 따라서 다른 조직 단위의 최대 효율성을 1보다 작게 하면서 조직은 자신의 효율이 가장 크게 되도록 자신의 가중치들을 결정할 수 있고 이렇게 하더라도 조직 i 의 효율이 1보다 작다면 다른 조직보다 비효율적이라는 것을 의미할 수 있다

상기식의 목적함수는 분수 형태로 선형계획 문제가 아니다. 따라서 위의 목적함수와 제약식을 다음과 같이 비선형문제보다 간단한 선형 계획 모형으로 변환한다.

$$\begin{aligned} &\text{maximize} && \text{Eff}(i) = \sum_r u_r \cdot y_{ir} \\ &\text{subject to} && \\ & && \sum_j v_j \cdot x_{ij} = 1, \quad \forall i \\ & && \sum_r u_r \cdot y_{ir} - \sum_j v_j \cdot x_{ij} \leq 0, \quad \forall i \\ & && u_r, v_j \geq 0, \quad \forall r, j \end{aligned}$$

4. 전력지원체계 획득 일반사안

4.1 전력지원체계 이해 및 획득

“전력 지원체계”란 무기체계 외의 장비·부품·시설·소프트웨어, 그 밖의 물품 등 제반 요소를 말하며 전투 수행 주체인 병력과 무기체계의 지속적인 성능 유지를 할 수 있는 장비(부품), 물자, 일반시설, 자원관리 및 기반 체계 소프트웨어 등 제반 요소를 통칭하는 개념이다[5]. 전력 지원체계의 일반 상용장비는 무기체계 주 장비와 별도로 일반기업체에서 생산, 납품이 가능하다. 전투지원 물자와 전투지원 장비는 무기체계의 주 장비를 지원하는 핵심 군수지원 요소이기 때문에 소요군은 민감하게 상용장비 구매 계약을 추진하고 있다.

전력 지원체계 획득은 국내개발과 상용품 구매를 우선 적용하며, 필요시 국외구매를 할 수 있다. 민수용으로 생산·유통되고 있는 장비 중 민·군이 공통사용 가능하며 유사한 모델을 보유하여도 군 임무에 지장이 없는 경우에는 상용 품 획득하여 사용한다. 획득 방법을 국외구매 또는 입차로 결정하는 경우 그 대상 기종은 제작 국가에서 야전에 배치하여 운영 중인 장비를 선정함을 원칙으로 한다.[7]

전력지원체계 획득 계약 관련사항으로 계약 이행능력 심사기준에 의거 추정가격이 1억원 미만은 소기업 또는 중소기업공인 간 일반경쟁 입찰방식으로 진행되며 1억원 이상은 중소기업 제한경쟁입찰로 진행된다. 중소기업청 고시 『중소기업자 간 경쟁제품 중 물품의 구매에 관한 계약이행 능력심사 세부 기준』을 적용하여 종합 평균 점수를 88점 이상을 넘어야 입찰 계약이 될 수 있는 기준 조건이 된다. 방위사업청 예규 『중소기업자 간 경쟁제품 중 물품의 구매에 관한 계약이행능력심사 세부 기준』 적용 기준점수는 종합 평균 점수 95점 이상을 받아야 한다.[8]

4.2 전력지원체계 상용장비 구매 종류와 계약 방법

현재 군에서는 구매획득 입찰, 계약은 조달청(나라장터)와 방위사업청(국방전자조달) 사이트를 통해서 진행된다. 조달청 조달업무 물품구매 개요 및 정의에 따르면 일반경쟁은 일정한 자격을 가진 희망자 모두를 대상으로 하여 경쟁입찰에 참가하도록 한 후 그중에서 국가에 가장 유리한 조건을 제시한 자를 선정하여 계약을 체결하는 방법으로 입찰방식의 기본원칙으로 해당 사항으로는 당해 입찰목적물의 제조·공급에 필요한 시설, 점포를 소유하고 있는 자, 관련 법령의 규정에 따른 면허, 허가, 인가, 등

록 등을 받은 자, 조달청 입찰 참가 자격 등록 된 기업은 모두 해당 된다.

내자 구매는 『조달청 내자 구매 업무 처리 규정 제3조 1호 “내자”란 국내에서 생산 또는 공급되는 물품을 말하며 구매 대상 물품이 국내에서 생산 또는 공급이 공급할 수 없거나 국내에서 생산 또는 공급할 수 있더라도 국산품 만으로는 조달목적이 충분히 달성될 수 없는 경우에는 국제물자구매에 이첩한다. 조달청 내자 구매업무 처리 규정 제10조에 명시되어 있다.

외자 구매는 조달 사업법 시행규칙 제5조 : 국내에서 생산 또는 공급되지 아니하는 물자를 “외국산 제품 등”으로 정의”는 규칙 제5조의 ‘외국산 제품 등’으로 조달청에서 국제상 관례에 따라 구매 공급하는 물품과 용역을 말한다. 조달청 외자 구매업무 처리 규정 제2조 1호에 해당되며 국내에 재고로 보유 또는 국내에 유통되는 외국산 물품(소위 Stock 물품)은 외산품이라는 점에서는 외자에 속하나, 국내에서 공급 가능으로 내자에 해당된다.[10]

4.3 군 상용장비 군수지원 실태

매년 조달청을 통해 구매되는 상용장비의 경우 증가하고 있다. 하지만 상용장비를 소요군에 납품 후 여러 가지 문제점을 확인했다.

먼저, 인력 측면의 경우 상용품 유지에 필요한 인력의 수 및 형태에 부족 중소기업에 대한 전반적인 지식 부족과 납품만 한다면 된다는 인식이 많아 후속 조치가 전혀 이뤄지지 않고 있는 현실이다. 전문인력의 부족으로 업체와 군과 지속해서 업무 협업을 할 수 있는 인력이 충분하지 못하다. 또한 대부분 무역리점 또는 소기업 기업, 중소기업들로 일회성을 두고 입찰 사업에 참여하는 기업들이 대부분이다. 납품하

는 장비 대한 전문성, 운용성, 고장에 대한 후속지원의 지식이 매우 부족하다.

장비성능 측면의 경우 평균적으로 군용장비 사용되는 부품은 요구하는 환경시험 간 충족조건이 일반 상용부품보다 매우 높다. 동일 부품으로 구매 시 문제는 없지만, 단종 또는 모델변경으로 인한 기존 제품의 후속지원으로 부품 호환 불가 신모델에 대한 군수지원이 병행해야 하지만 현실은 BOM 변경, 기술 변경 등 다양한 요구 충족조건에 환경시험을 다시 해야 하는 문제점과 장기간 시간이 소요된다.

기술 자료보유 측면의 경우 상용장비 기술자료의 재산권은 제조업체가 가지고 있는 경우가 대부분이다. 기술자료의 구매 여부는 입찰 규격서 및 요청서에 없고 추가적인 자료를 요청할 때 제조사로부터 단순 설명서만 제공한다. 부품을 하나 구매에도 해당 파트넘버, 규격을 알 수 없어 장비를 사용하지 못하는 경우가 있다. 일반 경쟁입찰의 경우 소기업, 중소기업들로 신용평가와 재정 상태를 전혀 알지 못한다. 이에 부도업체는 특정 부품 생산 중단 시 업체가 정부에게 자료 및 소유권을 명시하도록 해야 하나 현재는 그러한 조건을 장비 규격 및 요구 사항, 특수조건 반영이 제한된다.

교육/훈련 측면의 경우 상용장비의 경우 수명주기 또는 품질 보증기간 3년 동안 공급업체가 교육/훈련을 소요군의 요청 시 제공하는 해야 하는 것이 원칙이나 교육/훈련의 경우 계약업체에서 직접 전문인력을 보유하지 못하고 대부분 해외 제조사 기술자가 출장으로 신속한 지원이 어렵다. 주 무기체계에 지원하는 상용장비의 경우 군수지원을 위한 시험/계측장비가 반드시 보유해야 하나 단순 무역대리점, 군수장비와 전혀 관련 업체가 대부분으로 이와 관련된 필요한 장비를 보유하지 못하고 있다.

5. 입찰 참가자격 개선방안

중소기업자 간 경쟁제품 중 물품의 구매에 관한 계약이행능력심사 세부 기준 제6조(평가방법) ①계약담당공무원은 예정가격 이하로서 최저가로 입찰한 자 순으로 심사한다. ② 계약담당공무원은 별표 1의 항목별 배점 한도 내에서 평가한다. ③ 계약담당공무원은 당해 물품 납품 이행 능력 평가를 위한 납품실적 평가 기준(계약목적물과 동등 이상과 유사물품 범위)을 입찰 공고에 명시하여야 한다. 이때 납품실적은 계약 일자와 관계없이 최근 3년 이내에 납품 완료된 실적을 근거로 평가하고 있다.[11]

<표 1> 입찰 참가 자격 (현) 제도 개선 방향

입찰 참가자격 (현재)	입찰 참가 자격 (개선방안)
당해 물품 제조에 필요한 설비를 갖춘 (공장등록증 증명서에 해당 업종 분류 번호를 등록받은 자) 기업 또는 판매업 허가를 받은 자	당해 물품 제조에 필요한 설비를 갖춘 (공장등록증 명서 상 해당 업종 분류 번호를 등록받은 자) 기업만 참가

하지만 이러한 조항을 보면 단순히 납품실적만 평가하다 보니 업체의 생산 및 품질보증 능력까지 함께 고려되어야 한다. 이에 대한 개선 사항으로 <표 1>에서 『판매업 허가를 받은 자』 경우 국내 통용되는 일반제품, 대량 구매 가능 군수품에만 적용하며 제외 사항으로 일반 상용화된 가전제품, 식품, 일반 피복류는 제외로 해야 한다. 특히 군 장비 적용(사용)되는 전투지원 장비의 경우 제조와 기술력, 품질보증까지 할 수 있는 제조업체 지정 필요가 꼭 필요하다. 국방 전력발전업무 훈령 제74조(민수규격품구매)에 따르면 민수 규격품을 개조 또는 성능 보장하여 구매 절차 적용 필요하며 군에서

획득되는 장비 경우 국방규격 품질에 맞출 수 있는 업체로 제한하여야 한다.

둘째, 국내, 국외 장비 시험 평가 개선방안으로 국방 전력발전업무 훈령 제83조에 시험 평가 간 발생하는 결함 등 문제점에 대한 보완이 가능하고 상황에 따라 보류, 중단, 재시험평가 등 훈령에 명시되어 있다. 개선 사항은 입찰 참가 1단계 가격 제출, 2단계 현장 장비 시험 평가, 3단계 적합, 판정 순으로 절차 변경을 통해 업체 수행 능력, 장비 성능 사전 평가, 기술 지원 능력, 장비 규격, 사양 검증 등 무기체계 준하여 구매 필요하다. 나라장터 구매계약 상용물자의 경우 모든 국방규격 품질준수 절차를 미 적용 중이다. 이에 대한 제도개선은 최저가 입찰 경쟁과 서류상 규격 평가는 행정평가가 아닌 제안서 제출 단계에서 현장 검증 등 추가 검토가 필요하다.

셋째 조달청 구매 전력 지원체계 상용장비에 대한 입찰 자격 참가 제한 강화 필요성이다. 『물품구매계약 품질관리 특수조건』 제18조에 따르면 계약상대자는 물품의 납품일로부터 계약서 특수사항에 명시된 기간(하자담보책임기간) 동안 납품한 물품의 하자에 대한 보수 의무를 부담하게 되어 있고『국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률』 제27조와 같은 법 시행령 제76조에 따르면 각 중앙관서의 장은 계약을 이행(하자보수 의무의 이행을 포함한다)하지 아니한 자에 대해서는 부정당 업자로서 평가감점 요소와 장기간 동일 장비에 대한 입찰 참여 제한 제도가 필요하다. 개선 사항으로 중소기업, 소기업의 경우 부정 당업자로 입찰 참가 자격을 제한받은 후에도 사업자등록 변경 후 재입찰하는 경우가 빈번하다. 이에 참가 자격 평가 간 신용평가, 재무 평가, 납품 수행 이력, 과거 사업자 변경사항 등 다방면에서 법적 근거에 대한 검토가 필요하다.

마지막으로 조달청(나라장터) 계약 분야 업무 종사자에 대한 종합군수지원 전문 교육 필요하다. 군에서 사용 중인 장비에 대한 전문성 부족, 체계 관련 이해 부족으로 인해 일반기업체에서 사업에 전문성 확보 어려움이 있다. 개선 사항으로는 단순 상용장비만 구매계약 후 군에 납품으로 계약종료가 아닌 군에 사용되는 장비 이해와 운용체계, 관리체계 등 군에 대한 전문적인 전문성 확보 필요하다.

이에 우선 조달청 군수품 구매 적격심사 세부 기준인 <표 2>을 참조하였다. 대분류 항목으로 납품이행능력, 입찰가격, 신인도, 결격사유 등이다. 이러한 평가 기준항목에 비추어 좀 더 확장한 DEA의 입력 요소를 고려하면 적용 가능한 항목은 업체의 장비성능 등 생산능력, 고객만족도 제안서류 적합도 판정결과 등 각 평가 요소를 바탕으로 DEA 모형에 적용할 세부 데이터 자료를 정량화 및 정규화하고 결과를 분석한다.

<표 2> 군수품 구매 적격심사 배점[12]

6. 데이터 기반 납품업체 사전 적합도 평가 분석

본 절에서는 DEA 방법을 적용하여 국방전자조달과 나라장터 입찰 계약업체 중 국방전자조달 체계 상에 구할 수 있는 납품업체의 장비 납품 지연과 불량률 환경 등 다양한 입출력 자료 자료를 바탕으로 업체의 적합도 산출과 관련된 사례 연구를 수행한다. DEA 모형은 효율적인 투입과 산출 관계가 쉽게 확인되지 않거나 재무적인 성과평가가 어려운 비영리기관이나 공공부문 및 서비스 조직 등의 효율성 분석에 널리 활용되고 있으며, 최근에는 적용분야가 확대되어 제조업체에도 상당수 적용되고 있다.

6.1 DEA 모형 구성 일반

조달청(나라장터)와 방위사업청(국방전자조달) 계약 납품업체 중 소기업과 중소기업의 납품실적 업체를 기준으로 상용장비 내자. 외자 구분 없이 계약 납품된 업체를 기준으로 평가를 진행하였고 중소벤처기업부 통계자료를 통해 기업체별 DB 조사, 평가 진행하였다.

DEA 모형 적용을 위해 우선 적합 업체선정에 영향을 줄 수 있는 기준 요소를 선정한다 .

구 분	심사분야	심 사 항 목	배점한도
			일반
계			100
I. 당해물품납품이행능력	소 계		50
	1. 납품실적	① 계약목적물과 동등 이상 물품 ② 계약목적물과 유사물품	10
	2. 경영상태	① 신용평가등급	40
II. 입찰가격		평점 산식 참조	50
III. 신인도	1. 사회적응신뢰정도	① 녹색성장 ② 전시중점 관리 ③ 노사관리 ④ 납세의무 ⑤ 여성기업 ⑥ 장애인기업 ⑦ 사후관리 ⑧ 경영관리우수 ⑨ 조달관리우수 ⑩ 기술혁신 기여 ⑪ 수출기여 ⑫ 담합정황제보 등	미적용
	2. 계약이행성실도	① 품질하자 ② 납품지연 ④ 식품위생법 및 축산물위생관리법 위반 ⑤경고장(금식류) ⑥산지표시 위반 등	-10
IV. 결격사유	1. 당해물품납품이행능력결격여부	① 부도 또는 파산상태로 당해 계약이행 어렵다고 판단되는 경우(단, 법정관리, 화의인가 결정 등 제외)	-10
		②생산능력 부족으로 당해 계약이행 어렵다고 판단되는 경우	미적용

6.2 제품 성능, 고객 만족도 서류적합 판정

제품 품질 지수의 평점을 부여하고 불량 및 속성 관리도를 활용하여 공정의 변동 요소를 확인하는 단계로 구체적인 확인 요소로 균수품의 하자 발생 현황, 공정 내 시정 조치 현황, 적기 납품률을 확인하고 제품 성능 실험을 통한 품질수준 확인과 함께 표본 추출 검사로 규격 준수 여부를 확인 요소 <표 3>와 같다.[12]

<표 3> 소기업, 중소기업체 서류 사전 평가

구분	장비성능 적합도	고객 만족도	서류적합 판정결과	비고
A 업체	8	6	적합	
B 업체	8	7	적합	
C 업체	8	6	부분적합	
D 업체	9	5	적합	
E 업체	8	5	부 적합	

6.3 품질 경영

제시된 제품 품질과 고객만족도에 대한 평가 적용으로써, 경영상태 평가 기준표 적용이나 신인도 평가하며 특히 신인도 평가는 업체의 사회적 책임 등 신뢰 정도를 측정하는 척도로써 사회적 책임의 신뢰 정도와 계약 이해의 성실도로 평가가 가능한 납품업체의 경영상태 및 신뢰성 전반에 대한 평가 지표 <표 4>와 같다.

<표 4> 품질 경영 수준 지표 평가 결과 [13]

구분	경영 상태	품질 전문성 확보	품질 개선 건수	품질 하자 건수
A 업체	2	5	0	2
B 업체	3	3	0	1
C 업체	2	2	0	2
D 업체	5	3	0	2
E 업체	4	2	0	1

6.4 계약이행 충실도

계약이행 충실도는 업체에서 생산하는 물품의 품질하자, 납품지연, 부정합 업자 제재, 관련 법규 행정처분 기록 여부를 의미한다. 본 평가 요소는 신인도 항목으로 관련법 위반의 경우 중대한 문제로 인식되는 것을 고려하여 평가지표로 구성하였다. 평가 항목별 점수는 품질하자, 부정합자 제재 및 납품지연은 발생건수를 전체 발생 건수를 신인도는 5점 척도를 사용하였고 <표 5>와 같다.

<표 5> 계약 이행 충실도 지표 평가 결과

구분	품질 하자	부정 업자 제재수	납품 지연	신인도
A 업체	8	2	5	4
B 업체	3	3	6	3
C 업체	7	4	5	2
D 업체	5	6	7	3
E 업체	8	7	5	3

6.5 납품 이행 능력

본 평가 요소는 군과 계약된 납품실적 증명서와 거래 사실 확인서 등 군 납품실적과 관련 품목의 기술보유 능력을 확인한 최근 5년간의 구체적인 납품 현황 및 기존 평가 결과, 기업인 증 등급 평가 결과를 확인하여 <표 7>과 같이 5점 척도로 평가한 결과이다.

<표 6> 납품 이행 능력지표 평가 결과

업체 구분	고객 신용도	기술 능력	납품 역량	위험도
A 업체	4	2	3	2
B 업체	3	2	3	3
C 업체	3	3	2	4
D 업체	3	4	3	3
E 업체	3	5	2	2

6.6 경제적 요소 평가

정부, 공공기관에서 실시하는 입찰 참가 또는 적격심사를 위해서 군납업체는 신용평가기관의 신용평가를 받아야 하는데 통상 평가 간 최근 3개년의 재무제표와 전년도 및 당해연도 부가 가치세 신고자료, 각종 특허, 인증, 면허 등을 통해 <표 7>과 같이 재무상태, 입찰가격수준, BC비율 등의 분석 결과를 적용할수 있다.

<표 7> 경제적 평가 결과

업체 구분	재무 상태	입찰 가격 수준	잠재역량 지표(임의수치)		
			등가 연간 편익	연간 비용	BC 비율
A 업체	8	8	167,000	75,600	2.21
B 업체	9	6	172,000	81,300	2.1
C 업체	6	8	102,000	68,500	1.49
D 업체	4	3	143,000	59,000	2.1
E 업체	5	5	133,000	65,000	2.0

7. DEA 적용 분석결과

6절에서 각 분야별로 평가한 각 업체의 사전 평가 및 사후 평가 결과를 DEA 모형에 적용하기 위해서는 각 도출된 수치의 정규화가 필요하다. 따라서 우선 <표 3>과 같이 사전 평가 요소로서 소기업, 중소기업체 서류 사전 평가 항목인 장비 성능의 적합도, 고객 만족도, 서류 적합성은 3점 척도 형태로 우수(10), 보통(7), 미흡(5)으로 보정 하였다.

사후 평가 요소는 품질 경영, 계약이행, 납품 이행, 입찰가격(경제적 요소)에 대해 종합평점을 부여하였다. 품질 경영 요소에 대한 점수 보

정은 각 평가 요소를 10점 기준으로 정규화 결과 <표 8>와 같다.

<표 8> 품질 경영 요소 평가

구분 (가중치)	경영 상태 (0.25)	품질 전문성 확보 (0.25)	품질 검증 개선 건수 (0.25)	품질 하자 발생 건수 (0.25)	종합 점수
A 업체	2	5	5	5	8.50
B 업체	3	3	5	7	9.00
C 업체	2	2	5	5	7.00
D 업체	5	3	5	7	10.0
E 업체	4	2	5	5	8.00

계약이행 충실도 결과는 <표 9>과 같다.

<표 9> 계약이행 충실도 평가 결과

구분 (가중치)	품질 하자 (0.25)	부정 업자 제재 건수 (0.25)	납품 지연 (0.25)	신인도 (0.25)	종합 점수
A 업체	8	2	5	4	4.75
B 업체	3	3	6	3	3.75
C 업체	7	4	5	2	4.50
D 업체	5	6	7	3	5.25
E 업체	8	7	5	3	5.75

납품 이행 능력 요소에 대한 종합점수 결과는 <표 10>과 같다.

<표 10> 납품 이행 능력 요소 평가

구분 (가중치)	고객 신도 (0.25)	전문 기술 능력 (0.25)	납품 역량 (0.25)	위험도 (0.25)	종합 점수
A 업체	8	4	6	4	0.85
B 업체	6	4	6	6	0.85
C 업체	6	6	4	8	0.92
D 업체	6	8	6	6	1.00
E 업체	6	10	4	4	0.92

마지막으로 경제적 요소 평가는 업체 재무 상태 및 잠재역량 지표를 10점 기준으로 정규화하여 종합 점수화했다. 이에 대한 환산 항목은 재무 상태, 입찰가격 수준, BC 비율 3개 항목을 기준으로 10점 척도화 한 <표 11>이다.

<표 11> 재무 상태, 입찰가격, BC 비율 평가

구분	재무 상태	입찰 가격 수준	잠재역량 지표(임의수치)		
			등가 연간 편익	연간 비용	BC 비율
A 업체	8	8	167,000	75,600	2.21
B 업체	9	6	172,000	81,300	2.1
C 업체	6	8	102,000	68,500	1.49
D 업체	4	3	143,000	59,000	2.1
E 업체	5	5	133,000	65,000	2.0



구분 (가중치)	재무 상태 (1/3)	입찰 가격 수준 (1/3)	BC 비율 (1/3)	종합 점수
A 업체	8	8	10.00	8.67
B 업체	9	6	9.50	8.17
C 업체	6	8	6.74	6.91
D 업체	4	3	9.50	5.50
E 업체	5	5	9.05	6.35

각 업체에 대한 사전, 사후 평가 항목을 바탕으로 10점 척도 한 항목에 대해 사전 평가 요소를 투입 요소로 사후 평가 항목을 산출 요소로 종합한 결과는 <표 12>과 같다. 여기서 알 수 있는 점은 사전에 납품업체에 대한 경영 및 제품에 대한 성실도를 사전에 식별할 수 있다.

상기에서 도출한 데이터를 DEA 최적화 모형으로 변환하고 이에 대한 실행은 GAMS(ver 25.1) 최적화 프로그램을 적용하여 <표 12>의 제일 우측 열에 나타난 바와 같이 해당 업체의 적정성(효율성) 및 우선순위 산출한 값이다.

<표 12> 각 산출 평가 효율성 우선순위

구분	사전 평가 (투입 요소)			사후 평가 (산출 요소)				효율성 (우선 순위)
	장비 성능 적합도	고객 만족도	서류 적합	품질 경영	계약 이행	납품 이행	입찰 가격	
A업체	8	6	10	8.50	4.75	0.85	8.67	1.0 (1)
B업체	8	7	10	9.00	3.75	0.85	8.17	0.98 (3)
C업체	8	6	7	7.00	4.50	0.92	6.91	1.0 (1)
D업체	9	5	10	10.00	5.25	1.00	5.50	0.91 (4)
E업체	8	5	5	8.00	5.75	0.92	6.35	0.88 (5)

상기 표에 대한 해석은 업체 A, B와 C의 경우는 전반적으로 우수하지만, 업체 D와 E에 대해서는 계약사항과 제안한 장비 및 제품에 대한 꼼꼼한 사전 확인이 필요할 것이다.

8. 결론

무기체계 주장비는 수십조원에서부터 몇 천억원의 범위에 이르는 고가의 장비를 획득하게 되지만 전력지원체계 군 상용장비는 여전히 최저가 가격 입찰사업으로 소기업, 중소기업들이 참여하고 관리부터 품질, 성능, 유지보수 일반 구매계약으로 진행되고 있다. 물론 소기업, 중소기업이 납품하는 전력지원체계 군상용장비의 구매획득에 계약과 평가 방법 등 다음의 개선 방안을 제안한다.

첫째 소기업, 중소기업에 대한 사전 명확한 평가와 군 사업에 대한 명확한 개념을 가질 수

있도록 국방부와 방위사업청에서 적극적인 교육 지원과 전문성을 갖출 수 있는 제도적 지원이 필요하다. 일반장비를 최저가 입찰 경쟁으로 사업을 한다고 해도 그 장비가 어떤 주장비에 지원되는지 주 장비는 어떤 요구 사항과 성능 충족이 되어야 지원 가능한지 이러한 정확한 개념을 사전 설명회 또는 작전성능요구에 대한 개념을 알고 사업 참여해야 한다. 단순 입찰 공고에 올라온 규격 및 요구 사항과 참여기업이 제출한 서류상 장비 사양만 비교 검토해서 업체 적격판정, 계약, 납품을 한다는 건 매우 위험성을 가지고 있다고 본다. 주 장비는 매우 복잡하고 거기에 적합한 지원 장비 또한 많은 성능요구가 꼭 필요하다.

둘째 군에서 사용되는 장비의 구매획득 계약 방법을 개선해야 한다. 단순 예산에 초점을 맞춰 최저가 입찰 계약방식 보다 장비에 대한 적격심사 제도를 마련해야 한다. 서류상의 적격심사 평가 방법보다 1차 소요군이 운용 중인 주장비와 운용평가를 통해 적합한 평가 하고 통과된 업체 한해서 가격 경쟁과 업체평가를 통해서 구매계약을 해야 한다. 일반 경쟁계약의 최저가 입찰을 통해서 예가 기준에 근접한 한 1순위 업체로 선정 후 장비에 대한 사전 성능평가를 하지 않은 상태에서 서류상 장비 사양 검토 후 적합 판정은 큰 위험 요소가 있다. 군에서 적용되는 상용장비는 일반 경쟁입찰 방식의 최저가 아닌 사전 적격심사를 통해서 구매 계약을 해야 한다.

셋째 입찰 참여 업체 정보에 대한 정확한 분석이 요구된다. 입찰 참여 경쟁업체 분석을 통해서 어떤 요소에 최대 가중치를 부여하고 평가하고 어떤 공급업체를 선정하여 최대 이익을 창출하여 소요군에 불만 요소를 사전에 제거해야 한다.

본 연구에서 제안한 DEA 모형은 대상 업체에 대한 사전, 사후 평가요소를 기준으로 적합도 우선순위 도출할 수 있다. 이러한 평가 결과를 바탕으로 소요군에서는 부적합 업체에 대해서는 사전에 면밀히 조사하는 노력이 필요하다. 마지막으로 본 연구를 통해 전력지원체계 군상용장비 구매 획득에 있어 제도적 개선과 사전 업체평가 제도를 마련함으로써 군에서 필요로 하는 우수한 장비획득에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] 한홍규, 최석철, 국방 조달에서 부정당 업체 판별분석 모형 개발, 한국군사과학기술학회, vol.14, no.3, pp.467-473, 2011.
- [2] Fisher, R.A., *The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems*, Ann. Eugenics. 7, Blackwell Publishing Ltd/Univ. College London, 1936.
- [3] 김양렬, 『의사결정론[2판]』, 명경사, 2021.
- [4] Dimitras, A.I., Zanakis, S. H., & Zopounidis, C., A Survey of Business Failure with an Emphasis on Prediction Methods and Industrial Application, *European Journal of OR*, vol. 90, no.3, pp. 487-513, 1996.
- [5] Altman, E.I., Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy, *Journal of Finance* vol. 23, pp.589-609, 1968.
- [6] 국방부, 『국방전력 발전업무 훈령』, (2017)
- [7] 국방부, 『전력지원체계 연구개발 업무지침』 제6조 (획득 일반지침) 1항. 2항(2017)
- [8] 장원주, 송재필, 국방 전력 지원체계의 과학적 운용을 위한 정책 제도발전 방향, *산업경제분석*, vol. 7, pp. 58-69, 2020.
- [9] 방위사업청 『방산육성·국방조달 길라잡이』 Chapter 4, 낙찰자 결정을 위한 심사, (2020)
- [10] 아이 건설넷 공식블로그, “입찰의 종류, 내자 구매와 외자 구매”, (2018.5.28.)
- [11] 조달청, 『군수품 제조·구매계약 특수조건』 제 2020-27호, 2020. 7. 1., 제정]
- [12] 조달청, 『군수품 구매 적격심사 세부 기준』 제2022-2035호, (개정 : 2022.03.23.)
- [13] 황은성, 채두호, 조재희, 네트워크 분석법을 이용한 군납업체 선정 연구, *한국방위산업 학회지*, vol.21, no.2, pp. 172-198, 2014.
- [14] 김지아, 노진호, 이충배, AHP 분석을 이용한 민간과 공공조직의 조달 업체 선정요인 비교 연구, *물류학회지*, vol.31, no.1, pp. 25-38, 2021

저자 소개



임정택 (E-mail: dongmak99@gmail.com)

2006 육군3사관학교 졸업(신소재 공학사)
2022 대영에스텍 국방사업팀 제직
현재 국방대학교 국방사업관리학 석사과정
관심분야 : 무기체계 획득, 계약, 사업관리



이문걸 (E-mail: bombslee@naver.com)

1995 공군사관학교 산업공학과 졸업(학사)
2004 미국 Naval Postgraduate School
Operations Research 졸업(석사)
2009 서울대학교 산업공학과 졸업(박사)
현재 국방대학교 국방과학학과 교수
관심분야 : 군사 OR 응용 연구, 대형문제
최적화, 무기체계 효과분석,
국방분석평가

도약적 국가우주력 발전을 선도할 공중발사체 개발 필요성 연구

Research on the necessity of Air-launched Space Rockets for Breakthrough Development of R.O.K National Space Power

박기태¹⁾
Park, Ki-tae

ABSTRACT

Witnessing current military conflicts in South China Sea and Eastern Europe, most defense analysts evaluate one of the most serious security threat toward the US is coming from the superpower competitions with Russia and China. The main means for such super power hegemonic competitions is military power and space power is a key enabler to maximize the efficiency and effectiveness of military employment. Reflecting above circumstances, the space hegemonic competition between the Unites States and China is spreading into all aspects of national powers. Under such an environment, R.O.K needs to significantly develop national space power to preserve life and assets of people in space.

The R.O.K has made a significant opportunity to develop national space power by dismantling the missile cooperation guideline between the ROK and the United States and its decision to participate in the international Artemis Project for manned exploration to the Moon. On the other hand, the R.O.K has a lot of limitations in launching space assets into orbits by land-based space rockets due to its geographic locations. As an alternative for this problem, air-launched rocket is considered. On this paper, I will examine the world-wide trend for developing air-launched rocket, analyze the research results executed in the nation, and finally suggest the necessity of developing this technology and ways ahead.

Key Word: US-China Space Hegemonic Competition, New Space Era, Micro Satellite, Space Rocket Systems, Air-launched Space Rocket System, etc.

1. 서론

2017년 트럼프 미국 행정부 출범이후 강대국간 패권경쟁이 격화되는 가운데 2022년은 연초부터 미국과 러시아간 동유럽에서 군사적 충돌이 현실화되고 있다. 2018년 미국의 모든 국가안보 전략서에서 언급한 것처럼 강대국간 전략적인 경쟁이 미국의 안보에 가장 위협이 되고 있다. 아태지역에서는 G2로 성장한 중국이 막강한 경제력을 바탕으로 군사력 현대화를 통해 미국의 패권에 도전하고 있다. 특히, 2000년 초부터 시작된 중국의 ‘우주굴기’는 미국의 우주패권을 위협하는 핵심적인 요소로 부상하고 있다. 중국의 독자적 우주정거장 구축(2023년 예정), ‘베이두’ 쏘 지구적 항법위성체계 전력화(2021), 달 탐사선 달 뒷면 착륙 및 샘플 지구 귀환(2021), 화성 탐사선 착륙 성공(2021) 등은 대표적인 중국의 ‘우주굴기’의 산물로서 이는 군사적 우주패권 쟁취에 핵심적인 능력으로 활

용될 것이다.²⁾

상기와 같이 강대국간 패권경쟁의 핵심적인 수단은 군사력으로 이중 우주력은 군사력 운용의 효율성과 효과성을 담보하는 핵심적인 Enabler이다. 특히, 항법위성에서 제공하는 주요 정보(PNT: Positioning, Navigation and Time)는 현대화되고 스마트한 무기체계 운용의 핵심적인 요구능력으로 해당 정보의 활용 불가시 무기체계 운용 자체가 불가능한 상황이다. 추가하여, 통신위성에서 제공하는 쏘 지구적 실시간 정보통신 능력은 지휘통제(C2)에 활용되며, 감시정찰 위성에서 제공하는 지구관측 정보는 전력운용 계획 수립과 실시간 전력운용에 핵심적인 수단이고, 조기경보 위성은 대량 파괴무기의 주요 운반수단인 탄도미사일 발사의 초기 탐지와 경로 추적에 활용된다. 즉, 우주력은 군사적 패권경쟁의 핵심적인 수단으로 향후 미국과 중·러간 우주력 건설 경쟁은 ‘제2 우주시대’를 견인하는 핵심적인 변수가 되고 있다.

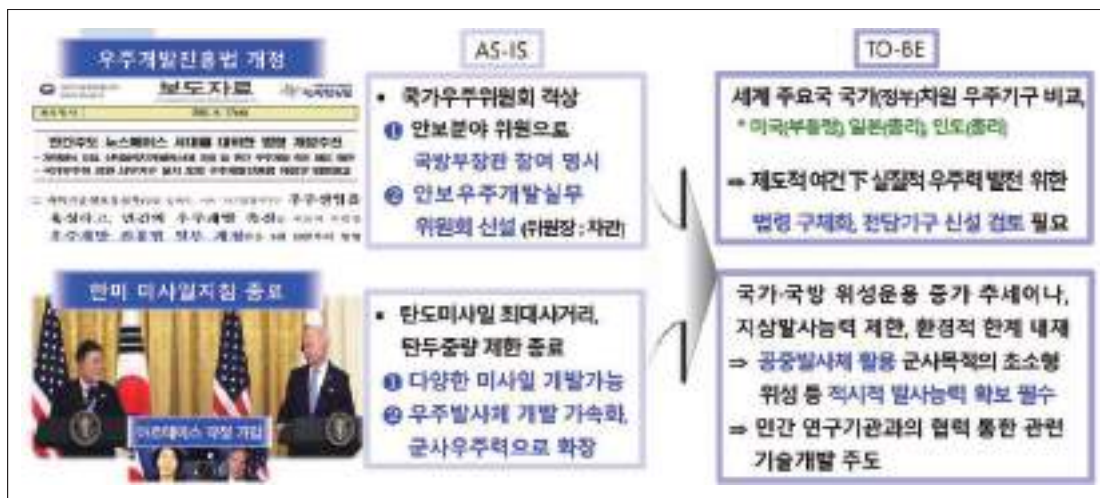


<그림 1> 전쟁수행의 핵심 Enabler로서 우주력 발전³⁾

2) 미·중의 우주패권경쟁과 중국의 ‘우주굴기’ 관련한 내용을 박기태, “미·중의 우주패권경쟁과 국방 우주력 발전방향,” 『대전환시기의 국방우주력』 연세대 항공우주력 연구총서-20(2021.9), pp. 48~60에서 요약하여 정리한 내용임.
 3) 황영민, “국방우주력 강화를 위한 공군 우주력 발전전략.” 제2회 미래국방기술 및 전략 학술대회 발제문 (연세대학교 ASTI, 2021.11.30.), p.4 그림을 저자의 의도에 맞게 재 편집함.

2021년은 도약적 국가/국방우주력 발전의 원년이다. 과거 30여년간 국가 우주력 발전의 ‘축쇄’로 작용했던 한·미 미사일 지침이 해제되었고, 미국 주도의 국제 유인 달 탐사 프로젝트인 ‘아르테미스’에 한국은 10번째 국가로 참여를 결정하였다. 이는 도약적 국가 및 국방우주력 발전을 위한 기회요인이다. 반면, 도전적인 요인도 존재한다. 독자적인 우주기술 개발을 위한 필수적 인프라 구축 제한사항은 대표적인 도전이다. 우리나라는 우주 발사체 발사가 불가능한 지정학적 위치에 존재한다. 기본적으로

우주자산은 발사체를 통해 지구 중력장을 벗어난 지구 궤도상에 올려놓아야만 전력으로서 가치가 있다. 이를 위해서 우주 선진국들은 다양한 우주발사체(지상, 해상, 공중)를 오랜 세월 개발 및 능력향상에 매진하고 있다. 반면, 우리나라는 30년여간의 노력으로 독자적 지상 발사체를 개발하여 시험과정에 있으나 우리나라의 지정학적 위치로 인해 제한사항(지형지물 회피를 위해 170도 방위로만 발사 가능)이 존재하고 있다.



< 그림 2 > 대한민국 우주력 발전을 위한 기획 및 도전요인4)

이를 해결하기 위한 방안중 하나로 공중발사체 개발 필요성이 제기되고 있다. 공중발사체의 가장 큰 장점은 우리나라가 겪고 있는 우주 발사체 발사망위각 제한을 해소할 수 있다는 것이다. 전투기 및 대형 수송기(민항기)에 발사체를 탑재한 상태에서 계획된 궤도방향으로 발사함으로써 속도 및 고도의 이점을 최대한 활용할 수 있다는 것이다. 반면, 상기한 공중발사체는 최첨단 우주기술로써 소수 우주강국만 상

용화에 성공하였거나 현재 개발중에 있는 항공 우주 기술력의 ‘총화’이다. 본고에서는, 미·중 우주패권경쟁으로 도래한 New Space 시대 특징을 고찰하고, 도약적 국가 및 국방 우주력 건설을 건인할 공중발사체 개발의 필요성과 개발전략을 제시하고자 한다.

4) 위의 글, 황영민(2021), p.8 그림을 저자의 의도에 맞게 재 편집함.

2. 본 론

2.1 전략환경 분석

가. 미·중의 우주패권경쟁

2000년대 초부터 시작된 미·중의 우주패권경쟁은 오늘날 제2 우주시대를 견인하는 핵심적인 동력이다. 제1의 우주시대는 미·소간 우주개발 경쟁이 시작된 1950년대 말에서 시작되어 미국의 우주개발 개념이 혁신적으로 변화한 2000년대까지 지속된다. 미·소간 체제 경쟁으로 시작된 우주경쟁은 1969년 7월 미국의 아폴로-11호 유인 우주선이 최초로 달 착륙에 성공했을 때 종료되었다고 봐도 무방하다. 이후에 진행된 행성 탐사 및 심우주 탐사는 경쟁보다는 협력을 통한 선의의 경쟁으로 진행되었기 때문이다. 태양계 행성 탐사, 우주정거장 구축 및

심우주 탐사를 위한 협력은 대표적인 사례이다.

2000년 이후 진행된 중국의 ‘우주굴기’는 제2의 우주경쟁으로 유도한 동인이다. 중국은 인류 공동의 ‘공공재’로써 우주의 이용 및 활용보다는 군사적 수단으로써 우주개발을 적극 활용하였기 때문이다. 대표적으로 중국의 공격적 우주 무기체계 개발은 평화적 우주 이용을 위협하는 대표적인 사례이다. 중국은 2007년 최초로 자국의 폐위성을 대상으로 ASAT (Anti-Satellite Weapons)를 실험하여 성공하였고, 이후 지속적으로 성능을 향상시키고 있다. 추가하여, 위성 재밍 및 사이버 공격 등 다양한 물리적 및 비물리적 우주 무기체계를 개발하고 실험함으로써 쏘 세계적 우주의 무기화(weaponization) 및 군사화(militarization)에 일조하고 있다.

< 표 1 > 중국 소행으로 의심되는 우주체계 사이버 공격 목록5)

연 도	주 요 내 용	피해 기관
'07년 10월 '08년 7월	美 랜드셋-7 지형분석 위성 사이버 공격 시도(12분 이상 지상통제소 통신 간섭 발생)	노르웨이 지상통제소
'08년 6월 '08년 10월	美 항공우주국(NASA)의 지형감시위성 사이버 공격(관제권 획득, 실제 관제 미수행)	美 항공우주국 (NASA)
'09년 '11년	사이버 공격으로 22GB 용량의 데이터가 중국 IP로 전송('09년)/ 18개 서버 접근('11년)	美 제트추진연구소 (JPL)
'14년 9월	위성정보 및 기상체계 사이버 공격 * 이틀간 체계 다운	美 국립해양대기국 (NOAA)
'17년 10월	정부 고위급 화상회의가 중국 해커의 공격에 노출(약 5분간 화상회의 통제)	인도의 사이버 보안대
'18년 6월	위성을 관제하는 컴퓨터를 감염	美 소프트웨어 기업

5) Todd Harrison 외 3명, 『Space Threat Assessment 2020』 (CSIS, 2020.3), pp.21~22 내용을 요약하여 정리함.

상기한 미·중의 우주 패권경쟁은 제2의 우주 시대를 건인하는 동인을 제공하고 있다. 1990년 중반에 미국이 우주왕복선 프로젝트 중단을 결정하였을 때 쏠 세계적 우주개발의 동력은 상실되고 있었다. 막대한 비용대비 경제적 효과가 미미한 상황에서 지속할 수 있는 논리와 대안이 필요하였다. 중국의 ‘우주굴기’와 미국 NASA의 공격적 민·군 우주협력 추진은 대표적인 논리이며 대안으로 등장하였다. 중국의 우주력 건설에 대응하여 미국의 우주우세 지속은 국가안보의 핵심적인 능력이라는 논리는 미국으로 하여금 최초로 ‘우주군’ 독립(2019.12)을 유도하였다. 반면, 미국은 제2의 우주경쟁에서 승리하기 위해 제1 우주시대에 추구했던 방식과는 다른 접근방법을 추구했다. 국가주도의 우주력 건설에서 민·군 우주협력으로 경쟁력과 지속성을 추구하는 방식으로 전환하였다.

결론적으로, 미·중의 제2의 우주 패권경쟁은 도전적 우주기술 개발을 유도하는 긍정적인 측면도 존재하나, 지나치게 우주력 건설을 국가안보의 핵심적인 수단으로 인식하여 급격한 우주의 무기화 및 군사화를 초래하는 부정적인 측면도 있다. 향후, 미·중의 우주패권경쟁은 더욱 격화될 것이며, 쏠 세계적 정치 및 경제적 패권과 연계되어 복잡하게 전개될 것이다. 과정에서 다양한 행위자들이 우주자산 개발과 우주력 이용에 참여할 것이며, 이는 우주의 평화적 이용을 위한 합의된 국제레짐과 협정이 없다면 우주이용 환경이 더욱 불확실하고 불안정하게 될 가능성이 높다는 것을 의미한다.

나. New Space 시대 도래(초소형 위성 개발 중심)

세계는 미·중의 우주 패권경쟁이 본격화되고 있는 2000년 이후 우주개발 환경을 New Space 시대라고 명명하고 있다. 이러한 명명은 기존 정부 주도의 우주개발과 차별화하기 위한

노력이다. 같은 논리로 New Space 시대의 우주개발 특징은 기존 Old Space 시대의 특징을 고찰함으로써 명확하게 드러낼 수 있을 것이다. Old Space 시대는 1950년대 시작된 냉전에서 파생된 미·소간 체제경쟁의 일환이다. 즉, 국가안보의 핵심 군사적 수단으로써 우주개발이 추진되었다. 대륙간탄도미사일 개발기술을 활용하여 우주발사체를 완성하였으며, 이는 우주자산을 지구 궤도상에 올려놓은 핵심 수단으로 발전하였다. 이러한 우주개발은 막대한 예산이 소모되는 대형 프로젝트로써 개인 혹은 민간기업이 주도하기에는 불가능한 사업이었다. 따라서, 정부 주도의 非 상업적 장기 대형 우주개발은 Old Space 시대의 대표적인 특징이다.

2000년 이후 시작된 New Space 시대는 4차 산업혁명의 핵심 기술을 융·복합한 기술의 시너지 효과로부터 유인되었다. 새로운 기술의 창출과 세계화에 따른 핵심 우주기술의 빠른 진과 및 협력은 우주기술의 융·복합 환경을 조성하였다. 이는 우주 기술개발 비용을 획기적으로 낮추어 개인 혹은 기업의 시장장벽을 획기적으로 낮추는 효과를 창출하였다. 기업은 이를 기반으로 우주 기술개발에 공격적으로 투자함으로써 혁신을 창출하는 선순환 구조를 조성하였다. 결과적으로, 과거에 비해 많은 개인 및 기업들이 우주개발에 참여할 수 있게 되었으며, 이들의 목적은 우주개발을 통해 개인적 혹은 기업적 이익을 창출하는 데 있다. 최대의 이익 창출을 위해서 사업가적인 마인드로 무장하였다. 장기적인 대형 우주 플랫폼 개발은 국가의 지원을 받아 공동으로 개발함으로써 개발 리스크를 줄이고, 소형 플랫폼은 시장의 요구에 즉각적으로 반응하기 위해서 기업이 주도하고, 우주개발의 지속성을 유지하기 위하여 기존 산업과 연계를 강화하는 조치는 대표적인 New Space 시대 특징이다.



<그림 3> Old Space Vs New Space 비교⁶⁾

민·군 우주협력은 또다른 New Space 시대 특징이다. New Space 시대를 맞이하여 우주개발의 시장장벽이 낮아졌다고 하지만, 여전히 우주개발은 리스크가 존재한다. 정부 혹은 국가기관의 초기 투자환경 조성 및 일정 수준의 소요제공은 혁신적 우주 기술개발에 필수적이다. 국가 혹은 정부기관은 민간의 혁신적인 기술을 활용함으로써 독자적 우주기술 개발 대비 비용을 절감할 수 있으며, 다양한 민간업체 기술을 지원함으로써 기술개발 실패의 리스크를 분산할 수 있었다. NASA와 민간 우주업체인 Space-X사의 우주개발 협력은 대표적인 사례로 이는 New Space 시대의 핵심 민·군 협력 '아이콘'으로 자리잡고 있다.

1990년대 중반 미국은 막대한 운용비용 문제로 유인 우주선 프로그램인 'Space Shuttle' 프로그램을 중단한다. 상기 유인 우주선은 국제 우주정거장(ISS)에 우주인과 물자를 공급하는 핵심 수단으로 이의 중단은 미국의 우주개발

주도권 유지를 어렵게 한다. 중국과 러시아의 추격을 허용할 수 없는 미국은 혁신적인 접근 방법으로 상기한 문제점을 해결한다. 민간기업의 혁신적 기술개발에 천문학적 예산을 지원하여 민간기업이 과거 국가가 수행했던 우주발사체 및 위성개발과 우주수송 임무를 성공적으로 대행하게 한다. Space-X사의 재사용 로켓개발, '오리온' 우주선 개발, 초소형 통신 위성군 (Star-link) 사업은 정부가 지원하고 민간기업이 개발한 대표적인 혁신 우주기술이다.

민·군 이중용도 우주자산 운용의 일상화와 다양화는 New Space를 대표하는 특징이다. 민간 우주기술의 급격한 발전과 평균화는 국가 및 군사 우주기술의 협력을 유도하였다. 과거 국가 및 군사용 인공위성의 센서와 성능은 민간 우주자산의 성능을 월등히 앞섰다. 막대한 예산을 투자하여 장기간 개발한 노력의 결과로써 군사용 인공위성 정보(감시정찰, 신호 등)는 보안상 민간 기관으로 공유가 엄격히 제한되었

6) 양태호, "New Space Paradigm을 적용한 저궤도 초소형 위성의 발전방향," 제2회 미래국방기술 및 전략 학술대회 발제문 (연세대학교 ASTI, 2021.11.30.), p.4쪽 그림을 저자의 의도에 맞게 재 편집함.

다. 민간 우주기술의 급격한 발전과 평균화는 상기한 정책을 더 이상 유지할 수 없게 만들었다. 더 많은 센서를 활용하여 더 자주 관찰함으로써 정보의 신뢰도는 증가하는 현실을 인정할 수 밖에 없었다. 또한, 기술의 혁신속도가 빠르게 진행됨에 따라 장기간 개발하여 수명이

오래가는 대형 우주 플랫폼 운용은 비용대 효과 차원에서 더 이상 용인될 수 없게 되었다. 수명은 짧지만 최신 기술개발을 신속하게 활용하여 개발 및 운용이 가능한 소형 우주 플랫폼은 비용대 효과 차원에서 유리하다는 것이다.

**무게 500kg이하의 위성을 소형위성으로 분류하며
최근 소형위성의 임무는 교육/실험용도에서 통신, 관측/정찰 등으로 확대**

부계에 따른 위성 분류						
위성 분류	조소형위성		소형위성	중형위성	대형위성	
	Pico Sat	Nano Sat	Micro Sat	Small Sat	Medium Sat	Large Sat
	칸셋	STEP Cube Lab	우리셀1호	차세대 응용위성1호	다목적실용위성 3A호	천리안 2A호
대표 위성						
무게	~1kg	~10kg	~500kg	500kg~	~2500kg	2500kg~
수명	~1시간	1년 미만	1년~2년	2~4년	3~6년	7년 이상
주요 임무	교육	교육, 과학실험	과학실험 지구관측	지구관측 기상관측	지구관측 기상관측	위성통신 기상관측

<그림 4> 위성의 분류 및 주요 제원 비교⁷⁾

결론적으로, New Space 시대는 4차 산업혁명 기술을 활용한 우주기술의 혁신으로 도래하였으며, 이는 개인 및 민간의 우주개발 시장의 문턱을 낮추었고, 다양한 우주개발 주체가 국가의 지원을 받아 상업적 우주개발에 참여함으로써 기존 산업체의 경쟁력을 증가시키고 있다.

다. 국가/국방우주력 건설 전망

우리나라는 1990년 초 과학위성 개발 및 발사로 위성개발을 시작하게 된다. 30여년의 노력으로 현재는 15기의 국가 위성을 운영하고

있으며 향후 다양한 종류의 위성을 발사할 예정이다. 현재 운영하고 있는 대부분의 인공위성은 국가에서 개발하여 민·군에 공공 서비스를 제공하는 형태로 개발에 장기간이 소요되며 위성의 사이즈는 대형이다. 따라서, 개발실패에 대한 리스크가 존재하며 빠르게 진보하는 우주기술을 반영하기에는 제한사항이 존재한다. 앞서 언급한 New Space 시대의 특징인 우주자산의 소형화, 다양화 및 민·군 우주자산의 이중용도의 일상화에는 다소 아쉬운 점이 있다.

7) 위의 글, 양태호(2021), p.8쪽 그림을 저자의 의도에 맞게 편집함.

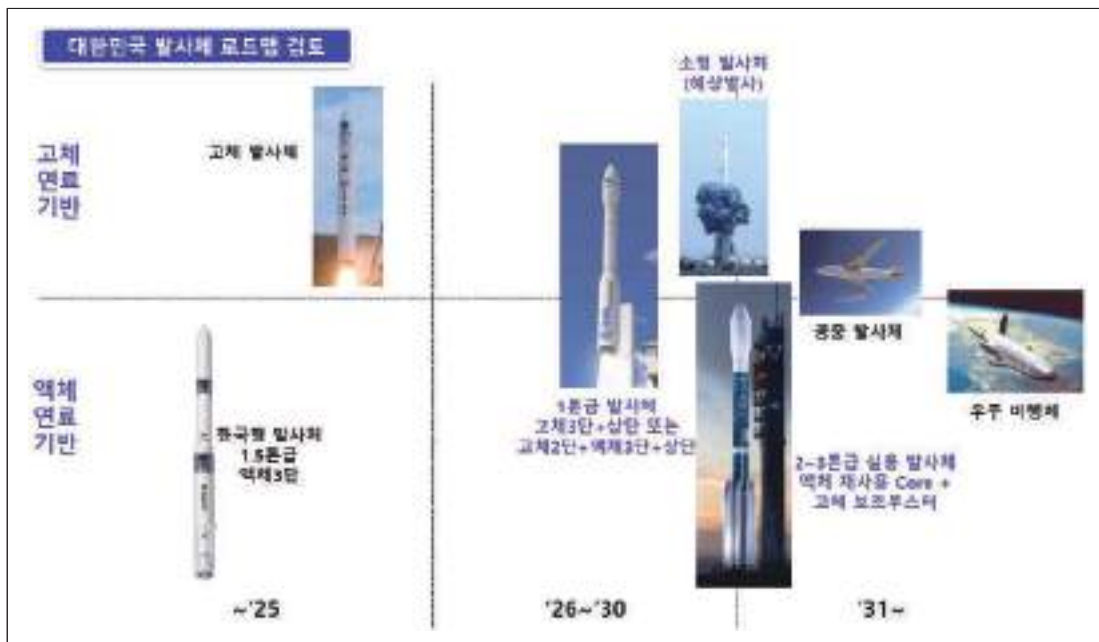


<그림 5> 국가 우주력 현황 및 향후 전망

이를 해소하기 위해서 단계별 국가 우주자산 발사계획을 수립하였다. 우주자산 플랫폼의 다양화를 위해서 향후 20년간 차세대 소형 및 중형위성을 개발하여 주기적으로 발사할 예정이다. 대형 위성은 기존 운용중인 수명이 다한 통신 및 기상위성을 대체하는 개념으로 개발중이며, 발전된 센서 및 연료탑재량 증가를 위한 기술력을 시현할 예정이다. 추가하여, New Space 시대의 대표적인 기술력인 초소형 통신 위성군 개발에도 예산을 투입하여 기술력을 확보할 예정이다. 상기 기술력은 우주 선진국인 미국과 유럽에서 이미 기술력을 확보하여 상용화를 진행하고 있어 조속한 개발로 경쟁력을 확보해야 상업화가 가능하다. 기술력에 있어서 경쟁력을 확보하지 못하면 기존 선진국과 서비스 경쟁에서 생존할 수 없게 될 것이고, 결국은 비용대 효과에서 유리한 선진국의 서비스를

받을 수 밖에 없는 처지에 놓이게 될 것이다. 국방 우주력은 국가 우주력 대비 발전속도가 더디다. 2021년 최초 군 통신위성이 발사되었고, 2025년까지 군 정찰위성이 발사되어 성공적으로 운용되면 우리군도 명실공히 독자적 우주자산을 보유하게 된다. 2022년 올 상반기에 시작되는 초소형 위성체계 전력화사업이 성공적으로 진행되면 2030년경 주변국 위협을 조기 경보하고 대응할 수 있는 감시정찰 위성체계를 완성하게 된다. 상기와 같은 장밋빛 전망에도 불구하고 우리 앞에 놓인 도전은 만만치 않다. 우주력은 기본적으로 우주공간 지구궤도상에 자산을 올려놓아야만 의미가 있다. 따라서, 독자적인 우주발사체 개발은 가장 중요한 우주력이다. 아쉽게도 우리는 독자적인 우주발사체 개발을 시도하고 있으나 아직까지 관련 기술력을 완성하지 못했다.

8) 과학기술부, 『제3차 우주개발 진흥 기본계획』(관계부처 협동, 2018.2), p.51 및 양태호(2021), p.17쪽 그림을 저자의 의도에 맞게 편집함.



<그림 6> 대한민국 우주발사체 개발전망⁹⁾

독자적 우주발사체 개발이야말로 도약적 국가/국가우주력 발전의 핵심이다. 우리가 20여년을 통해 개발중인 독자적 우주발사체(나로호)는 액체 발사체이다. 이는 지구 저궤도 500km 상공에 1.5톤의 위성체를 올려놓을 수 있는 발사체로 성공시 이를 기반으로 다양한 발사체가 파생될 수 있다. 차세대 소형 및 중형 발사체, 고체와 액체를 혼합한 ‘하이브리드’ 발사체, 고체발사체 등 다양한 발사체 개발을 고려할 수 있다. 그러나 상기한 발사체는 한반도가 위치한 지리적 제한점으로 다양한 목적의 우주 자산을 원하는 궤도에 올려놓을 수 없다. 나로우주센터에서 발사하는 로켓은 지상 안전구역(국내 및 주변국 민가 회피)을 확보하기 위해 발사 방위가 170도 방향으로 제한되어 있다. 이는 지구 자전축의 남북으로 형성된 태양 동기궤도로만 위성을 발사할 수 있음을 의미한다. 현재 우리나라 로켓 발사장에서 경사궤도

와 적도 상공에 형성된 정지궤도로의 위성 발사는 막대한 steering loss 발생으로 불가능해가깝다.

상기한 도전요소를 극복할 수 있는 대안으로 공중발사체 개발을 고려할 수 있다. 공중발사체는 항공기(전투기, 수송기 혹은 민간 대형 항공기)에 우주발사 플랫폼을 장착하고 발사 위치로 비행하여 속도와 고도의 이점을 활용하여 위성을 발사하는 로켓체계이다. 이는 지상 안전공간을 확보할 수 있는 공해로 비행하여 원하는 방향으로 비행하면서 발사하는 체계이므로 상기한 지상 발사체의 제한사항을 많은 부분 해소할 수 있다. 우리나라는 현재 공중발사체에 대한 기속 성숙도가 우주선진국 대비 상대적으로 낮은 상태이지만 장기적인 예산투자를 통해 관련 기술력을 확보한다면 도약적인 국가/국방우주력 발전의 Enabler로서 기능할 수 있을 것으로 판단된다.

9) 김경근, “국가우주안보-대한민국 국방우주 발전방향에 대한 의견,” 국방우주력 발전방향 세미나 발제문(국방우주학회, 2021.6.16.), p.32쪽 그림을 저자의 의도에 맞게 편집함.

2.2 공중발사체 개발 필요성

가. 우주발사체 종류

우주자산은 기본적으로 우주궤도상에 배치해야만 실질적 우주력으로써 가치가 있다. 이를 위해서는 지구 중력장을 벗어날 수 있는 막대한 추진력과 정밀한 궤도 조정이 가능한 우주로켓이 필요하다. 이는 과학기술의 총화로써 일부 우주 선진국만이 보유한 전략적인 능력이다. 우주로켓 기술은 탄도미사일 개발에 직접적으로 활용되는 기술로써 엄격하게 수출과 기술협력이 통제되는 항목이기도 하다.

대표적인 우주발사체로는 지상 발사체가 있다. 이는 액체 혹은 고체 추진제를 활용하는

로켓을 적절한 지상 발사장에서 발사하여 원하는 지구궤도에 위성을 올려놓는 발사체이다. 원하는 고도와 궤도상에 위성을 올려놓기 위해서는 적절한 추력 확보와 추가하여 지구 자전속도를 최대한 활용할 수 있는 발사장 위치 선정이 중요한 요소이다. 적절한 추력 확보는 추진제의 종류와 탑재연료량, 단 분기 기술 적용 등 기술적인 요구조건을 충족하면 가능할 것이다. 지구 자전속도를 최대한 활용하기 위해서는 발사장의 위치를 가급적 적도상에 가깝게 위치시키면 유리할 것이다. 상기한 이유 때문에 대부분의 우주선진국들은 발사장을 적도상에 가까운 위치에 건설하여 운영하고 있다.



<그림 7> 세계 우주로켓 발사장 현황

해상 발사체는 상기한 고체발사체를 선박에 탑재하여 적절한 해상으로 이동하여 원하는 발사방향으로 발사하는 로켓이다. 고정형 지상 발사장에 비해 지구 자전방향을 최대한 활용할 수 있는 위치로의 이동이 가능하기 때문에 추

가적인 추력을 확보할 수 있으며, 지상 발사장에 비해 안전구역 확보에 이점이 존재한다. 기상 악화시 지상발사장은 운용에 제한사항이 존재하나 해상 발사장은 기상이 양호한 지역으로 이동이 가능함으로써 요구되는 발사시각 윈도

우 층족에도 유리하다. 반면, 지상 고정 발사장 대비 선박의 움직임으로 발사 lift-off 단계에서 정밀한 조종에 불리할 수 있다. 또한, 액체 발사체를 해상에서 발사시에는 발사체 이동간에 선박의 움직임으로 액체 추진제 보관 및 관리에 애로사항이 존재한다.

반면, 공중발사체는 상기한 지상 및 해상 발사체의 제한사항을 상당 부분 해소할 수 있다. 먼저 항공기에 발사체를 탑재 후 원하는 발사 장소로 신속히 이동이 가능함으로써 기상 변화에 무관하게 로켓을 발사할 수 있어서 원하는 발사시간 윈도우를 언제든지 충족시킬 수 있다. 인적이 드문 공해상을 발사장소를 선택할 수 있어 안전공간을 충분히 확보할 수 있으며 원하는 발사 방향을 선택하는데 자율성을 확보할 수 있다. 따라서 다양한 궤도선정(극궤도, 경사궤도 및 정지궤도 등)이 가능하다. 추가하여 신속한 발사가 가능하여 필요한 전력을 적

기에 배치할 수 있고, 기존 구축된 전력을 신속하게 대체할 수 있어서 희소성이 높은 우주 전력 완전성 제고에도 큰 기여를 할 수 있다.

공중발사체의 단점으로는 탑재체(payload)의 중량을 대형화할 수 없다는 데 있다. 전투기 및 수송기 내·외부에 발사체를 탑재할 시 길이와 무게의 제한은 가장 큰 도전요소이다. 따라서, 공중발사체는 지상 발사체 대비 무게와 길이는 소형일수 밖에 없어 탑재체는 이에 비례하여 제작되어야만 한다. 이러한 이유로 공중발사체 탑재체는 중·대형 위성체보다는 소형 혹은 초소형 위성이 대부분을 차지한다. 그러나 상기한 New Space 시대의 특징을 반영한 우주 플랫폼은 초소형 위성으로 구성된 위성군(satellite constellation)이 큰 부분을 차지함으로써 공중발사체를 활용한 초소형 위성발사는 상업성과 전력의 완전성 제고에 기여할 수 있다.

<표 2> 공중발사체의 장/단점 분석¹⁰⁾

비교 분야 (payload 30kg 기준)	지상발사	공중발사
어민 보상	있음(최소 2일 기준)	없음
개발비용	중간 (500억원)	높음 (970억원)
발사 가능일수 (Launch Window)	180일/년 (날씨, 산란기 어족보호 등)	상시 가능
발사준비 시간	주 탑재체 발사시 1~2년, 부 탑재체 옵션시 3~5년 소요	수일 이내
기술난이도	보통 (지대지 미사일 수준 기술)	높음 (미사일 + 유도제어기술)

극, 수십 및 수백기의 초소형 위성으로 구성된 위성군이 제 역할을 수행하기 위해서는 원래 계획된 위성군이 유지되어야 하나, 지구 중력 및 여러 요인에 의해 일부 위성은 계획된

수명 대비 조기 임무를 종료할 수 있다. 이러한 경우 해당 초소형 위성을 교체해야 하는데 이를 위한 지상 발사체 활용은 비용대 효과 차원에서 수용할 수 없는 옵션이다. 지상발사체

10) 박상영, 『초소형 전술위성체계 공중발사체 운영방안 연구』 (공군 항공우주전투발전단, 2019.10), pp.253-173~253-179 내용을 요약하여 정리함.

를 활용하면 신속한 발사도 불가능하여 계획된 위성군 정상 작동까지 장기간이 소요된다. 신속하게 기능 고장난 위성만을 대체하기 위해서는 공중발사체가 유리하다. 현재는 상기와 같은 필요한 전력대체(gap filler)로서 역할이 크게 부각되고 있으나, 향후 추진체 능력향상을 통한 충분한 추력 확보와 탑재체 소형화가 현실화될 경우 gap filler의 역할을 뛰어넘어 main player가 될 수도 있을 것이다.

나. 우리나라 우주로켓 발사 여건

우리나라는 우주발사체 발사에 불리한 지리적 여건을 가지고 있다. 위도상으로 고위도에 위치해 있어 지구 자전력을 최대한 활용할 수 없고, 주변국으로 둘러싸여 있어 충분한 안전구역을 확보할 수 없다. 따라서, 발사방향 윈도(170±5°)가 극히 제한되어 있어 다양한 궤도

로 우주자산을 투사할 수 없다. 현재의 발사방향으로는 오로지 지구 자전축을 중심으로 남북 방향으로 궤도 비행하는 극궤도 혹은 태양 동기궤도만을 운용할 수밖에 없다. 이는 지구 자전력을 전혀 활용할 수 없어 오로지 로켓 자체 추진력으로만 원하는 고도까지 필요한 궤도속도로 가속해야 한다. 그만큼 로켓 추진력의 효율은 크게 떨어질 수밖에 없다. 즉, 로켓 추진체는 많이 탑재하지만 궤도에 올릴 수 있는 위성 혹은 장비(payload)의 무게는 작아 위성의 수명은 짧아지고 첨단 센서의 탑재가 제한된다. 반면, 대부분 우주선진국의 우주로켓 발사장은 적도부근 해상 인근에 위치하여 충분한 안전구역을 확보한 상태에서 모든 방향으로 로켓 발사가 가능하고 지구 자전력을 최대한 활용할 수 있다.



<그림 8> 국가별 우주센터 위치 비교

이러한 구조적 문제점은 우주력 건설에 큰 제한사항이다. 다양한 궤도비행을 시험할 수 없어 최첨단 우주 기술력 확보에 큰 장애로 기능할 것이다. 아시다시피, 우주기술은 국가 전략적 자산으로 수출입이 엄격히 통제되어 국제 협력을 통해 획득하기가 거의 불가능하다. 따라서, 국내 기술력을 총동원하여 다양한 실험을 통해 독자적으로 획득하여야 한다. 다양한 실험이 불가능하다면 관련 기술력 확보에 장기간이 소요될 것이고, 혹시 외국의 기술력을 확보하더라도 온전히 '자기화'할 때까지는 많은 노력과 예산이 소모될 것이다.

둘째는 제한된 우주자산만을 운영할 수밖에 없다. 앞서 언급한 추진력의 제한으로 저고도 소형 인공위성 위주의 전력만을 운영할 수밖에 없을 것이다. 이는 우주자산에서 제공하는 각종 공공 서비스의 질과 범위가 현격하게 축소되어 이를 활용하여 기존 산업체의 혁신을 유도하는 New Space 시대정신 구현에도 불리하게 작용할 것이다. 제한된 우주예산을 효율적으로 활용하여 최대의 효과를 창출하는데도 어려움이 있을 것이다. 전반적으로 소형 플랫폼만을 운영함으로써 위성의 수명은 짧아지고, 관련 서비스의 질은 떨어지기 때문이다.

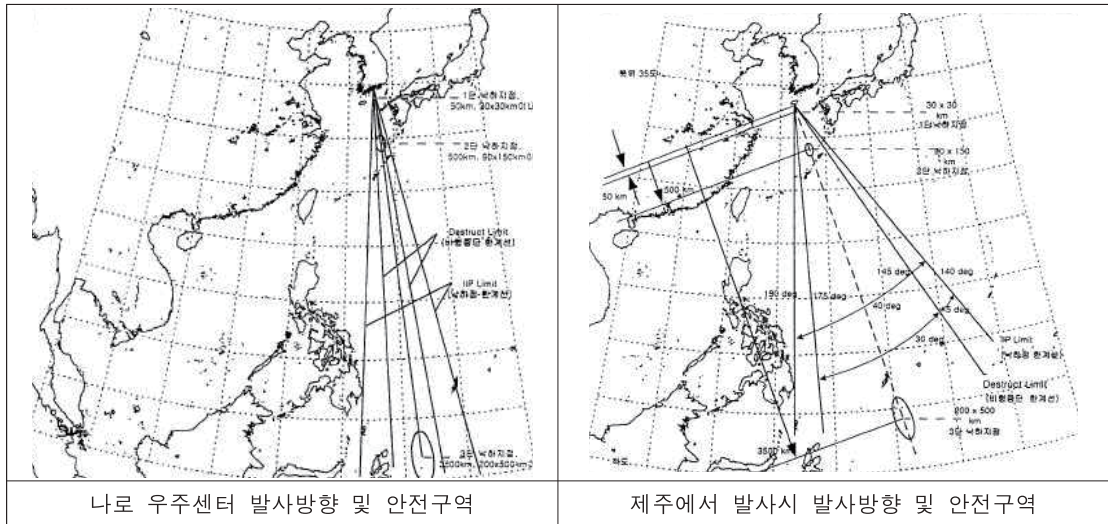
추가하여 다양한 우주개발에도 불리하게 작용한다. 최근 미국은 국제적인 컨소시엄을 구성하여 유인 달 탐사 프로그램을 출범시켰다. 인류는 1974년 아폴로 17호를 마지막으로 인간을 달에 보내지 않고 있다. 단순히 달에 인간을 착륙시키는 차원을 넘어 달에 인간의 영구 기지를 건설하고 이를 기반으로 화성까지 탐사하겠다는 계획이 '아르테미스' 프로젝트이다. 이는 지구궤도상에 단순히 인공위성을 띄우는 프로젝트와는 차원이 다른 Grand Project 이다. 이를 실현시키기 위해서는 대형 우주발사체(SLS, Space Launching System)개발이 필요하다. 달 궤도선, 착륙선, 탐사선을 포함하여 대용량의 탑재체(payload)를 탑재하여 지구궤

도를 벗어나 달궤도까지 진입할 수 있는 막강한 추진력과 정교한 궤도조정 기술은 필수적인 요구능력이다. 상기한 능력을 개발하고 테스트를 위해서는 적도상에 위치하고 주변 안전공간을 확보할 수 있는 입지를 가진 우주로켓 발사장은 필수적이다.

우리나라 유일의 우주발사체 발사장인 '나로' 우주센터는 상기한 입지조건을 전혀 만족시키지 못한 '최악'의 발사장이다. 1990년대 초 진행된 우주센터 부지선정 연구용역에서는 국내 4곳(제주, 고흥, 전남 서해안, 서해안)이 후보지로 선정되었다. 주변국과 국내의 민가를 회피하여 안전을 확보할 수 있는 최종 후보지가 선정되었는데 제1 후보지(제주도 대정 공군 관제 부대)가 아닌 제2 후보지(현 고흥 나로 우주센터)가 최종적인 우주센터 부지로 선정되었다. 발사방향 융통성과 지원시설 건설 편리성 차원에서 제1 후보지가 유리하였는데 지역 여론의 반대와 매입비용 차원에서 저렴한 제2 후보지가 선정되었다. 이를 통해 발사 방향의 융통성이 더욱 제한되는 결과를 초래하였고, 이는 상기한 구조적 문제를 더욱 악화시키는 결과를 초래하였다.

상기한 구조적 문제점을 해결할 수 있는 방안은 무엇이 있을까? 제한되지만 제2 우주센터를 건설하는 방법과 우주 발사체를 다양화하여 상기한 구조적인 문제를 해결할 수 있을 것으로 판단된다. 본고에서는 우주 발사체 개발을 다양화하여 구조적인 문제를 해결하는 방안 제시에 집중하고자 한다. 지상발사체 운용시 제한사항은 우리나라의 지정학적 위치 때문에 해결이 불가능 하지만, 공중발사체는 우리의 기술 개발을 통해 우리의 의지에 따라 해결할 수 있는 사안이기 때문이다.

한 국가의 우주력은 다양한 우주자산을 통해 총합적으로 평가된다. 소형, 중형 및 대형 우주 자산은 각각 특유의 운영개념과 장·단점을 보유하고 있다. 소형 우주자산은 사이즈는 작아



< 그림 9> 우리나라 우주센터 선정시 후보지 비교¹¹⁾

수명이 짧고 센서 탑재가 제한되어 있어 복잡적이고 고성능의 서비스 지원에는 제한사항이 있다. 반면, 신기술 적용이 빠르고 신속하게 기존 우주 자산을 대체할 수 있기 때문에 비용대 효과 차원에서 유리하다. 같은 맥락으로 소형 우주자산은 우주 복원력과 우주전력 완전성 제고 차원에서는 대형 우주자산을 압도한다. 따라서, 우리가 자력으로 할 수 있는 분야를 강화하면 우리가 취약한 분야를 보강할 수 있어 종합적인 국가 우주력은 향상될 수 있을 것이다. 이러한 논리를 실현시켜 줄 수 있는 능력이 공중발사체 기술을 확보하는 것이다.

2.3 공중발사체 개발 전략

가. 세계적 공중발사체 개발 현황

현재 공중발사체를 상업화에 성공한 나라는 서구 우주 선진국뿐이다. 대표적으로 미국은 1980년대 중반 공중발사체 연구를 개시하여 1990년 중반 개발에 성공하였다. Pegasus-XL 공중발사체는 지금까지 40여 차례 발사하여

90%의 성공률을 보유하고 있다. 발사 플랫폼은 민간 여객기를 개량한 L-1011(stargazer)기를 활용하고, 발사체는 2단 고체 추진체를 사용하며 항공기 날개에 장착한다. 미국의 경우 발사장 여건이 좋고 지상 발사체 활용한 각종 위성 투입이 가능하여 현재까지 Pegasus-XL 공중발사체의 활용도 및 경쟁력은 높지 않은 것으로 평가된다.

반면, 영국 Virgin Orbit사의 공중발사체인 Launcher-One의 경우 경쟁력이 있는 것으로 평가된다. Launcher-One은 2007년 초 개발이 시작되어 2019년 종료되었고, 2021년 2차례 시험비행을 통해 성공적으로 개발이 완료되었다. 이는 액체 추진체를 사용하는 공중발사체로써 앞선 Pegasus-XL 대비 추진력 및 발사효율(payload와 발사체간 무게비)이 향상되어 더 높은 궤도로 더 많은 초소형 위성을 투입할 수 있는 것으로 평가된다. 발사 플랫폼은 보잉의 747-400 여객기를 개조한 항공기를 활용하고, 발사체는 3단의 액체 추진 로켓이며 항공기 날개에 탑재한다. Virgin Orbit사는 同 공중발사

11) 우주로켓 발사를 지원하는 우주센터 입지조건 관련하여 “우주개발에 최악의 입지조건을 가진 우리나라의 위치-<https://wizardiron.tistory.com/m/994>”를 요약한 내용임.

<표 3> 미국의 공중발사체 상용화 및 개발현황¹²⁾

이름	Pegasus XL (미국)	Virgin Orbit (미국)	AEVUM RAVN-X (미국)
형상			
모형	Lockheed L-1011 기반 Starliner Wingspan 47m, MTOW 200 t	Boeing 747-400 기반 Cosmic Girl Wingspan 64m, MTOW 387 t	Raven-X 무인기 Wingspan 18.2m, MTOW 25 t
발사체	3단 고체발사체, Pegasus XL (Mass 23 t)	2단 액체발사체, LauncherOne (Mass 30 t)	2단 액체발사체
위성 Payload	443kg (LEO)	500kg (300km) 300kg (500km)	100kg (LEO)
현황	<ul style="list-style-type: none"> 1994년 개발 완료, 현재까지 44번 임무 완료 	<ul style="list-style-type: none"> '97년 개발 시작 '21년 1월/6월 발사 성공 총 개발비용: \$790M (8,400억원) 	<ul style="list-style-type: none"> '16년 시험, 재사용률 90% 목표 01 우주군과 \$1B (1.2조원) 계약 ('20.12), 현재 기상발주 시범 중
비용	\$28.1M (337억원) - 63,431 \$/kg	\$12M (144억원) - 24,000 \$/kg	-

체를 초소형 위성군의 완전성 제고를 위한 gap filler로서 활용할 계획을 가지고 있다.

전술한 바와 같이 New Space 시대의 가장 큰 특징은 우주개발 행위자가 획기적으로 증가하고 있다는 것이다. 이들 행위자들은 막대한 예산과 장기간의 개발 기간이 필요한 대형 우주자산보다는 손쉽게 개발할 수 있고 기술발전에 빠르게 적용할 수 있는 소형 우주자산 개발 및 운용을 선호하고 있다. 또한, 산업체의 우주 자산 플랫폼 개발도 대형 우주에서 중·소형으로 빠르게 전환되고 있다. 수천 혹은 수만기의 초소형 통신(감시/정찰) 위성으로 위성군을 구

축하여 쏘 세계 어디에서든 통신(감시/정찰)과 인터넷 서비스를 중단없이 제공한다는 개념인 Star-link(Spack-X사)와 Black-jack (美 국방부) 프로그램은 대표적인 사례이다. 반면, 상기한 초소형 위성은 대부분 저궤도에서 운용되며 연료량 탑재가 제한되어 수명이 짧고 기능 고장이 잦아 수시로 교체가 필요하다. 완전한 기능을 수행하는 위성군 구축에 수년이 소요되며, 이를 지속시키기 위해서는 주기적인 위성 교체가 필요한 상황에서 공중발사체를 활용한 제한된 초소형 위성교체는 비용대 효과 차원에서 지상 발사체 대비 유리하다.

12) 정진택 외 5명, 『국내 대형 민간항공기 활용 공중발사 가능성 분석 연구』(대한항공 항공우주사업본부, 2021.12), p.18쪽 그림을 저자의 의도에 맞게 편집함.

13) Blackjack-<https://www.darpa.mil/program/blackjack> 및 SpaceX's Starlink satellite-based internet services will be fast enough for competitive gaming/TechSpot-<https://www.techspot.com/amp/news/84343-spacex-satellite-based-internet-service>에서 그림을 인용함.



<그림 10> 미국의 초소형 위성군 종류 및 개념도¹³⁾

전투기를 활용한 공중발사체 연구는 美 공군에서 1980년 중반에 시작되었다. F-15 전폭기를 활용한 연구는 기본적으로 공대공 미사일을 활용하여 적 위성을 요격하는 ASAT 무기체계 개발 차원에서 진행되었다. ASM-135로 알려진 ASAT 무기체계는 1985년 최초 시험발사를 수행하였고, 해당 기술력은 공중 발사체로 개발로 이어졌다. 아쉽게도 본 공중발사체는 F-15 항공기의 추력 제한과 외장제한으로 요구되는 공중발사체를 탑재할 수 없어 연구개발이 전력화로 이어지지 못하고 사장되었다.

현재 전투기를 활용한 공중발사체 연구는 프랑스가 유일하다. 프랑스는 라팔 전폭기를 활용하여 초소형 위성을 궤도에 올려놓는 기술을 개발하고 있다. 전투기는 민항기 및 수송기 대비 다양한 장점이 존재한다. 초소형 위성의 교체가 필요할 시 빠르게 전력을 투사할 수 있는 즉응성 차원에서 수송기 대비 장점이 존재한다. 추가하여 전투기의 빠른 속도와 높은 비행 고도를 활용하면 추가적인 ‘지구탈출’ 속도를 확보할 수 있다. 반면, 전투기의 추력과 외장의 제한으로 대형 공중발사체를 전투기에 탑재할 수 없다. 이는 탑재체(payload) 무게의 제한으로 연결되어 탑재체 운영의 융통성 확보에 문제가 있을 수 있다. 프랑스는 상기 제한사항을

해결하기 위해 ‘하이브리드’ 추진제를 개발하고 있다. 추진제는 액체와 고체 추진제를 혼합하여 사용하고, 라팔 전폭기 좌우 날개와 동체로켓을 장착함으로써 추진력을 강화하였다. 현재는 연구개발중이고 성공시 우리나라에도 많은 동기부여를 제공할 것으로 기대된다.

기타 무인기를 활용한 공중발사체 연구도 진행중이다. 美 우주군은 AEVUM사와 계약(1.2조원)을 맺고 RAVN-X 무인 공중발사체 연구를 진행중이다. 이는 무인기 동체에 공중발사체를 장착하고 이를 원하는 위치와 고도에서 발사하며, 무인기는 착륙후 재사용되는 개념이다. 공중발사체 모션인 RAVN-X는 wingspan 18.5m이고 최대 이륙중량은 25ton이다. 발사체는 2단 액체 발사체를 사용하며, 저궤도에 100kg의 payload를 올려놓을 수 있다. AEVUM사는 2020년 12월에 美 우주군과 1.2조원의 계약을 체결하고 현재 RAVN-X 무인기를 지상활주 실험중이다.¹⁴⁾ 美 우주군은 더 나아가 무인 우주선을 활용하여 우주자산을 궤도에 투입하는 임무를 수행하였다. X-37B 무인 우주선은 유인 space shuttle 개념으로 개발되었으나 막대한 생명유지 장치 비용 문제로 무인으로 전환되었다. 美 우주군은 이를 활용하여 우주자산(인공위성) 투사, 우주자산 수리

14) 자세한 내용은 Ravn-X Autonomous Launch Vehicles(AuLV), USA-
<https://www.aerospace-technology.com/projects/ravn-x-autonomous-launch-vehicle-aulv/>를 참조할 것.



<그림 11> 美 우주군 X-37 우주선(B:무인, C: 유인) 구성 및 작전 개념도¹⁵⁾

혹은 궤도전을 수행할 예정이다.

나. 우리나라 공중발사체 연구 : 공군을 중심으로 개념연구 진행

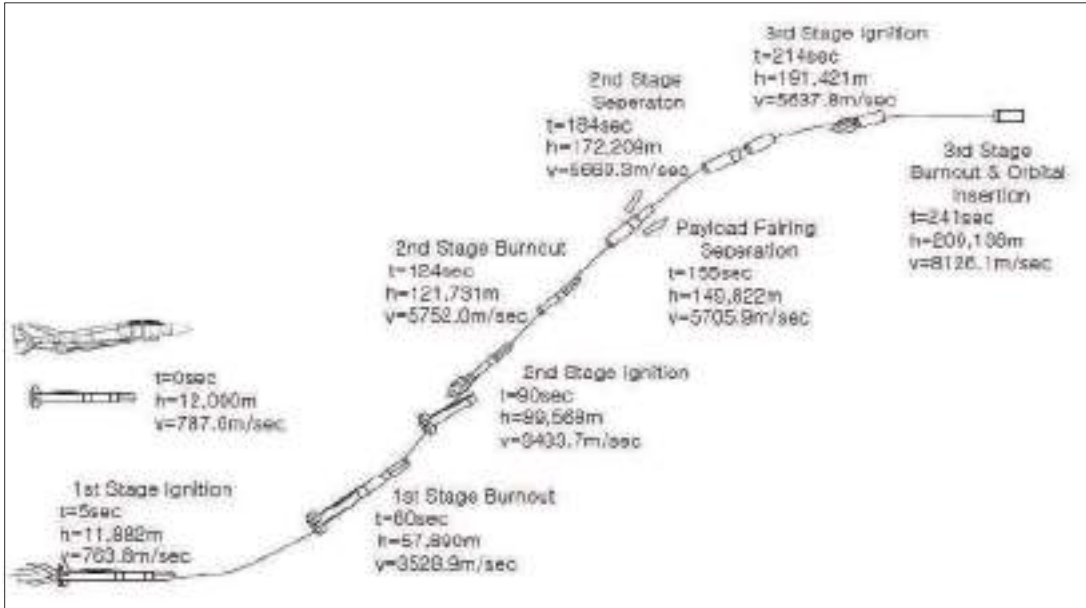
우리나라의 공중발사체 연구는 2000년대 초반에 시작되었으나 현재까지 많은 발전을 이룩하지 못했다. 서구 우주 선진국 대비 기술 성숙도가 낮은 것이 하나의 요인일 수 있으나 국가 및 국방 차원의 관심도 저하가 가장 큰 사유라고 판단된다. 관련 기술개발에 천문학적 예산과 장기간 시간이 소요되는 상황에서 기술개발 실패의 리스크를 감당할 수 없었던 것이다. 그만한 국가 및 국방예산을 지원할 여건도 안 되었다. 최근 미·중의 우주 패권경쟁 격화와 북한의 핵·미사일 위협 증대로 국가·국방 우주력 건설에 관심이 높아지고 있다.

우리군은 북한의 핵·미사일 위협에 대응하기 위해 4D 작전 개념을 수립하였다. 본 작전개념 수행에 가장 중요한 첫 단계는 북한의 핵미사일 전력을 조기에 식별하여 가급적 발사前 무력화하는 것이다. 조기 식별을 위해서는 북한 전역을 빠른 재방문 주기를 유지하면서 24시간

감시 및 정찰할 수 있는 능력 구축이 필요하다. 이를 위해 우리군은 초소형 위성체계 능력을 구축중에 있는데 가장 중요한 발사체 형태는 아직 결정하지 못하고 있다. 애초 공군은 상기한 한반도 지리적 제한사항으로 지상 발사체보다는 공중발사체를 활용하여 초소형 위성을 저궤도에 투사하려는 개념을 제시하였다. 그러나 공중발사체에 대한 기술력 확보를 확신할 수 없는 상황에서 단정적으로 특정 발사체를 적시할 수 없는 상황이 발생하였다.

현재는 다양한 발사체 옵션(지상, 해상, 공중 발사체 등)을 유지하면서 우리군의 초소형 위성체계 사업이 진행중이다. 공군은 우리나라의 지리적 발사 제한과 초소형 위성체계의 운영개념을 고려하여 공중발사체 개발이 필요하다는 입장이다. 상기한 우리나라의 지리적 제한사항으로 지상 발사체를 활용한 우리군에서 요구하는 경사궤도 진입은 불가능한 상황이다. 경사궤도는 지구 적도를 중심으로 45도~50도 경사각을 유지하면서 지구궤도를 비행하는 것으로 재방문 주기 단축에 유리한 궤도이다. 현재 우리나라에서 개발된 발사체를 활용하여 우리나라에서 발사시에는 오직 지구 자전축을 중심으

15) Mike Wall, "The US Space Force's secretive X-37B space plane: 10 surprising facts", Space News- <https://www.space.com/x-37b-military-space-plane-surprising-facts>에서 저자의 의도의 맞게 그림을 재 편집함.



<그림 12> 전투기를 활용한 공중발사체 발사 개념도¹⁶⁾

로 남북으로 비행하는 극궤도만 가능함으로 원래 계획된 경사궤도를 구현할 수 없다. 이를 위해서는 값비싼 해외 지/해상 발사체를 활용하여 해외에서 발사하여야만 한다.

상기한 해외 발사체를 활용하여 초소형 위성을 발사하는 것은 여러 사유로 수용이 불가할 것으로 판단된다. 먼저, 우리의 군사보안이 노출될 우려가 있다. 우리의 초소형 위성을 해외 발사체에 탑재하여 발사하기 위해서는 관련 위성 정보를 해당 발사체 회사에 알려주어야만 한다. 두 번째로 신속한 발사가 불가하다. 초소형 위성체계는 수십기의 초소형 위성으로 위성군을 구축해야만 성능이 보장된다. 초소형 위성의 수명이 짧아 신속한 위성군 구축이 필요하다. 해외 발사를 위해서는 발사 일정 조정에 어려움이 존재한다. 막대한 발사 비용으로 발사 업체는 통상 다양한 나라 혹은 업체의 초소형 위성을 섞어서 발사한다. 따라서 발사 일정은 수년을 통해 조정된다. 이는 우리가 필요한

시간과 장소에서 신속한 위성발사를 불가능하게 할 것이다. 주기적인 초소형 위성체계 대체도 어려움이 존재할 것이다. 상기한 사유로 독자적인 공중발사체 기술개발이 필요한 것이다.

공중발사체에 대한 연구는 현재 공군을 중심으로 진행되고 있다. 우리군의 초소형 위성체계가 2019년 장기소요로 확정된 이후 공군은 최근 3차례 공중발사체에 대한 정책 혹은 전투 실험을 진행하였다. 2021년에는 군용기를 활용한 연구와 민간 여객기를 활용한 연구를 진행하였다. 외국에서 도입한 군용기(F-15K, C-130, MRTT)의 경우 기체 외장변경을 위한 감항인증의 어려움이 존재한 것으로 분석되었다. 수송기보다는 전투기를 활용하는 것이 추진 효율 차원에서 유리한 것으로도 확인되었다. 수송기의 경우 발사체를 내부에 탑재하여 발사시 후미로 낙하시켜 점화시키는 방식으로 자유 낙하 과정에서 속도와 고도의 이점을 상실한 반면, 전투기는 공중발사체를 외부 파일

16) 앞의 글, 박상영(2019), p.253-213쪽 그림을 재 편집함.

구 분			
	C-130J-30	F-15K	KF-21
탑재방식	내부 탑재	하부 탑재	하부 탑재
발사체 중량	16.5ton	6.6ton	6ton
발사가능 위성 * Pegasus XL성능 * 500km 저궤도	80kg 이하	60kg 이하	50kg 이하
평 가	<ul style="list-style-type: none"> • 사출-점화까지 소요시간 과다 • 점화시 속도/고도 과다 손실 발생 • 발사중량에 비해 발사가능 위성 질량 작음 • 전투기 대비 효율 낮음 	<ul style="list-style-type: none"> • 발사체 점화시 투하 고도/속도/자세 유지 가능 <ul style="list-style-type: none"> - 공중발사의 이점을 최대한 활용가능 - 수송기에 비해 효율이 우수 • 전투기의 특성으로 인한 탑재 제한 <ul style="list-style-type: none"> - 1개의 파일런에 장착하므로 탑재하중 작음 - 항공기 형상에 의해 발사체 크기 제한 * 날개 파일런이 아닌 동체에 발사체 탑재방안 필요 	
* 발사체의 성능이 낮을수록, 위성의 궤도가 높을수록 수송기보다는 전투기가 유리 * 로켓 엔진 성능과 발사체 소형화 기술은 발전하고 있어 발사가능 위성질량 증가 예상			

<그림 13> 군용기 종류별 공중발사체 자원 및 발사가능 위성중량 비교¹⁷⁾

론에 장착하여 발사시켜 속도와 고도의 이점을 그대로 활용하기 때문이다.

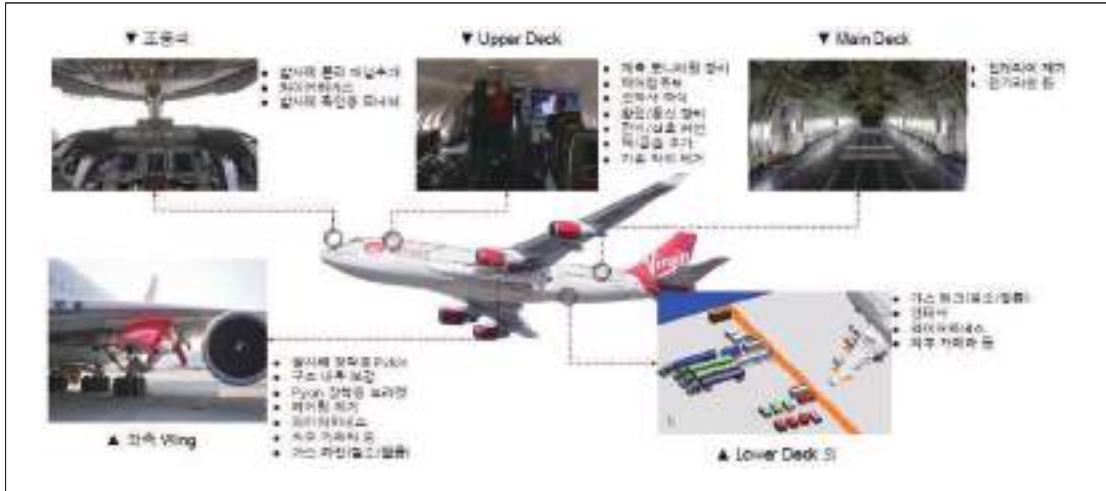
개발중인 우리의 국산 전투기(KF-21)의 경우 도입한 외국 군용기에 비해 다양한 분야에서 장점이 있는 것으로 분석되었다. KF-21의 경우 국내에서 독자적으로 개발되는 전투기로 공중발사체 장착을 위한 외장변경시 감항인증이 상대적으로 용이하고, 공중발사체 하중 지지를 위한 날개 혹은 동체 파일런 제작에 비용이 상대적으로 적게 소요된다는 것이다. 반면, 요구되는 초소형 위성체 탑재 중량(100kg 이상)을 원하는 궤도에 올릴 수 있는 공중발사 로켓 개발과 KF-21 전투기의 공중발사체 지지하중 제한이 해결해야 할 과제로 식별되었다. 향후 기술개발로 위성체 중량이 감소하고, ‘하

이브리드’ 추진제 등 성능이 향상된 로켓이 개발된다면 KF-21 전투기를 활용한 초소형 위성체 발사는 가능하리라 판단된다.

다. 공중발사체 개발 전략 : 민항기 및 전투기 활용 Dual Track 연구 진행 필요

한반도의 지리적 발사여건, 초소형 위성체계의 운용개념, 공중발사체의 기술성숙도 등을 고려하여 공중발사체는 도약적 국가 및 국방우주력 발전을 선도할 핵심 능력이다. 한반도의 발사여건 제한은 우리가 수정할 수 없는 상수이다. 반면, 초소형 위성체 및 공중발사체 개발은 우리의 노력으로 극복할 수 있는 변수이다. 그러나 상기 우주 자산 전력화를 위한 기술성숙도는 우리가 직면한 현실이므로 이를 무시할

17) 박상영, 『군용 항공기의 공중발사체 운용방안 연구』 (연세대 ASTI, 2021.10), p.61쪽 도표를 저자의 의도에 맞게 요약 정리한 내용임.



<그림 14> 보잉 747-400 항공기를 개조한 Cosmic Girl 공중발사체 항공기¹⁸⁾

수 없다. 따라서 현 수준에서 가능한 기술력을 활용하여 초기 전력화를 시작하고, 부족한 기술력은 지속적으로 개발하여 장기적인 전력유지를 지원함이 현실적이고 합리적인 것이다.

앞서 설명한 것처럼 우주 선진국들은 민항기를 활용한 공중발사체 상업화에 성공하였다. 1980년대 중반부터 개발이 시작되어 기술성숙도는 높은 수준에 이르렀다. 더욱이, 탑재체(초소형 위성), 추진제 및 로켓 엔진의 성능은 빠른 속도로 발전하고 있다. 따라서, 충분한 하중을 감당할 수 있는 대형 항공기(민항기 및 수송기 등)를 활용한 공중발사체는 현재 제한적인 상용화에서 조만간 전면적인 상용화로 발전하여 초소형 위성체계 시장에서 gap filler의 역할을 넘어 main player가 될 것이다. 우리도 관련 기술력 개발에 예산과 정책적인 지원을 시작해야 할 것으로 판단된다. 첨단 기술력 격차는 시간의 경과에 따라 기하급수적으로 발전되기 때문이다. 지금 시작하지 않으면 내일에는

추격이 불가능한 상황이 도래하기 때문이다.

공군은 2021년 전투실험을 통해 국내 민항기를 활용한 공중발사체 개발 가능성을 연구하였다. 본 연구는 기본적인 연구였다. 대한항공은 자사 보유 민항기(보잉 747-400)를 형상 변경하였을 경우 연간 운용비용을 산출하였고, 식별하였다. 항공기 개조 비용을 산출하기 위해 현재 상업화에 성공한 Virgin Orbit사의 Cosmic Girl 공중발사 민항기 사례를 적용하였다. Cosmic Girl 항공기는 공중발사체를 날개 파일런에 장착하는 형태로 보잉 747-400 항공기를 개조하였다. 주요 개조 부분은 조종석, upper deck, main deck, 발사체를 장착할 좌측 wing 및 lower deck 등을 개조하였으며, 상기 개조비용을 포함하여 총 체계개발 비용은 8,000억원에 이르는 것으로 알려지고 있다.¹⁹⁾ 공중발사 항공기의 연간 운용비는 연 공중발사를 15회로 가정하였을 경우 대략 100억원에 이르는 것으로 분석되었다.

18) 위의 글, p.53쪽 그림을 저자의 의도에 맞게 재 편집함.

19) 정진택의 5명, 『국내 대형 민간항공기 활용 공중발사 가능성 분석 연구』(대한항공 항공우주사업본부, 2021.12), pp.51~53 내용을 정리함.

서울대학교 항공공학과는 공중발사체를 보잉 747-400 항공기 날개에 장착하였을 경우 발생하는 공력변화 및 안전분리 여부를 분석하였다. 또한, 국내 비행장에서 발사지점(서남부 KADIZ 외곽 공역)까지 비행시 소요시간을 중심으로 지상 발사체 대비 공중발사체의 즉응성 여부를 분석하였다. 비행경로각, 발사체 무게중심에 따른 분리 시뮬레이션 기반으로 분석한 결과 공중발사체 낙하, 안전분리가 가능한 것으로 판단되었다. 이는 상대적으로 낮은 공중발사체 분리 기술을 고려할 때 공력특성 분석 및 궤적 예측 기술의 시연을 통해 국내 대형 민간 항공기와 공중발사체 분리 기술의 구현 가능성을 확인하였다는 측면에서 본 연구의 의의가 있다.

추가하여, 국내 위성 발사환경에서 지상 대비 공중발사체는 지상 소형 발사체에 근접한 payload 궤도 투입 성능을 확인하였고, 부가적인 공중발사의 장점을 고려시 국내 대형 민간 항공기를 활용한 공중발사체는 500kg이하 위성의 궤도투입에 매우 효과적인 발사수단으로 역할이 가능할 것으로 판단된다.

민항기를 이용한 공중발사체는 해외에서 이미 상용화가 검증되었기 때문에 이번 전투실험에서는 감항인증과 항공기 개조비용에 초점이 맞추어져 있었다. 향후 심화연구에서는 직접 항공기를 개조 후 공중발사체(터미)를 장착하여 공중에서 투하하면서 안전분리 여부를 일차적으로 확인하고, 이후 국내 개발 공중발사체 장착 후 직접 발사하는 실험이 이어져야 할 것이다.

또 다른 트랙으로 전투기를 활용한 공중발사체 연구도 진행되어야 한다. 전투기는 민항기 대비 즉응성과 운영 유지비 차원에서 유리하다. 본 연구는 또한 다른 무기체계 연구에도 활용될 수 있다. 공중발사 초음속 미사일 체계는 현재 전쟁의 판도를 바꿀 수 있는 ‘game Changer’로 인식되고 있다. 오늘날 전장에서 탄도미사일과 미사일 방어체계는 ‘창과 방패’로

서 전쟁의 흐름을 바꿀 수 있는 전략무기이다. 서방이 그간 미사일 방어체계 개발에 몰두했다면 러시아를 포함해 공산권들은 서방의 미사일 방어체계를 뚫을 수 있는 초음속 미사일 체계 개발에 집중하였다. 현재 북한은 러시아의 이스칸데르 탄도미사일을 역설계한 화성-13 탄도미사일로 한·미 미사일 방어체계를 무력화하려는 시도를 하고 있다. 시험비행을 통해 성능을 확인하고 향후 본 무기체계 전력화에 노력을 집중할 것이다. 이에 대한 대응으로 우리도 관련 기술력을 실험하고 있어, 이를 활용한 공중발사체 개발은 제한된 자원의 효율적인 차원에서 지지를 받을 수 있을 것이다.

반면, 전투기를 활용한 공중발사체 개발은 난이도가 가장 높은 첨단 기술력으로 전력화에 상당한 시간이 필요할 것이다. 따라서, 장기간의 예산투자를 통한 연구개발이 필요하다. 그러나, 개발 성공시 우리는 한반도의 우주 발사체 발사여건의 제한을 극복하면서 일순간에 우주 선진국으로 도약할 수 있는 기반을 마련할 수 있을 것이다. 해당 기술력은 무인 항공기를 이용한 공중발사체 연구와 향후 유·무인 우주선 개발에도 활용될 수 있을 것이다. 현재 독자적인 KF-21 전투기 개발이 진행되고 있어 이를 개량한 공중발사체 개발은 여러 가지 차원에서 장기적인 투자 가치가 있다. 현재 개발되고 있는 KF-21 항공기 기본형은 여러 가지 개량형으로 발전될 수 있는 동체 여유 공간을 보유하고 있다. 국내에서 독자적으로 개발하고 있으므로 공중발사체 장착을 위한 감항인증 수행에 융통성이 있을 것이며, 현재 개발중이므로 공중발사체 장착을 위한 하중보강 장치 구축에도 예산을 절감할 수 있을 것이다. 공군에게 납품할 총 120대 제작이후 KF-21 생산라인 유지에도 도움이 될 것이며, 이는 해외 수출에도 유리하게 작용할 것이다. 상기한 이유로 2021년 진행된 전투기를 활용한 공중발사체 연구는 후속 연구를 통해 지속되어야 한다.

3. 결 론(정책제언)

이상에서 공중발사체 개발 필요성과 개발전략을 제시하였다. 공중발사체는 한반도의 우주발사체 발사여건 제한을 극복할 수 있는 game changer라고 주장하였다. 한반도 발사여건 제한은 우리가 감내할 수 밖에 없는 상수이나, 공중발사체 기술개발은 우리의 노력으로 극복할 수 있는 변수라고 주장하였다. 1960년대 미·소간 우주경쟁이 체제의 우월성을 대변하는 상황에서 미국의 케네디 대통령은 다음과 같은 대국민 연설을 하였다. “우리가 달에 가려는 것은 그것이 쉬워서가 아니다. 어렵기 때문이며, 그러한 목표는 우리의 최고 에너지와 기술을 측정하고 조직화하는 데 도움을 주기 때문이다. (We choose to go to the moon in this decade and do the other things, not because they are easy, but because they are hard, because that goal will serve to organize and measure the best of our energies and skills)”

전술한 바와 같이 공중발사체 연구는 최고 난도의 기술력이다. 우주 선진국 대비 우리의 기술 성숙도는 낮은 편이다. 어렵기 때문에 포기하기보다는 이를 통해 우리의 우주 기술력을 고양시키는 계기로 활용해야 한다. 계획된 우주 자산의 적기 진력화라는 현실적인 문제도 있기 때문에 현 단계에서 반드시 공중발사체만을 고집할 수 없다. 점진적이고 진화적인 접근방법이 필요하다. 초기에는 기술력이 검증되고 신뢰성이 확보된 지·해상 발사체와 해외 업체를 활용하여 우리의 우주 자산을 우주공간에 투사해야 할 것이다. 그러나, 이러한 접근방법이 일상화되어서는 안된다. 이러한 접근방법으로는 첨단 우주기술을 확보할 수 없으며 영구적으로 해외 업체 및 기술력에 종속될 것이기 때문이다. 따라서, 독자적인 공중발사체 개발은 장기적인 호흡으로 지속적으로 진행되어야 한

다. 이를 위해 듀얼 트랙 접근방법이 필요함을 제시하였다. 단기적으로는, 상업화에 성공한 민간항기를 활용한 기술력 개발에 집중하고, 중·장기적으로는 국산 전투기를 활용한 공중발사체 개발에도 예산과 정책지원이 필요하다.

공중발사체에 대한 연구는 과거 사례도 미미하였고, 최근 공군을 중심으로만 진행되었다. 미·중 우주패권경쟁의 심화와 한·미 미사일 지침 종료 등 도약적 국가·국방 우주력 발전을 위한 계기를 활용하여 공중발사체에 대한 연구는 향후 국가 차원에서 진행될 필요가 있다. 해당 기술력은 최첨단 기술력으로 국가 과학기술의 총체적인 지원으로 가능하기 때문이다. 액체발사체, 고체발사체, 로켓 엔진, 위성체, 항공기 플랫폼 등 모든 과학기술이 종합되어 공중발사체는 완성이 된다. 국가적인 차원에서 공중발사체 연구가 진행되어야 할 이유이다.

참고 문헌

- 공군본부. 『국가 우주력 및 우주선진국 동향』 (전발단 우주처, 2017.5).
- 공군본부. 『공군 우주력발전 기본 계획서』 (공군본부 우주센터, 2021.6).
- 과학기술부. 『제3차 우주개발 진흥 기본계획』 (관계부처 합동, 2018.2).
- 김경근. “국가우주안보-대한민국 국방우주 발전방향에 대한 의견,” 국방우주력 발전방향 세미나 발제문(국방우주학회, 2021.6.16).
- 박기태. “미국의 미사일 방어정책이 한반도 안보에 미치는 함의,” 『참지』, 제85호 (2020.10).
- 박기태. “바이든 행정부 출범과 북핵문제 전망,” 『항공우주력연구』, 제9집 (2021.11).
- 박기태. “미·중 우주 패권경쟁과 국방우주력 발전방향,” 『대전환시기의 국방우주력』, 연세대 항공우주력 연구총서-20 (2021.9).
- 박기태. “성공적 한국형 항법위성체계 구축의 조건,” 『국방과 기술』, 제516호(2022.2).
- 박상영. 『초소형 전술위성체계 공중발사체 운영방안 연구』 (연세대 인공위성센터, 2019.10).
- 박상영. 『군용 항공기의 공중발사체 운용방안 연구』 (연세대 ASTI, 2021.10).
- 양태호. “New Space Paradigm을 적용한 저궤도 초소형 위성의 발전방향,” 제2회 미래국방기술 및 전략 학술대회 발제문 (연세대학교 ASTI, 2021.11.30).
- 정진택 외 5명. 『국내 대형 민간항공기 활용 공중발사 가능성 분석 연구』 (대한항공 항공우주 사업본부, 2021.12).
- 황영민. “국방우주력 강화를 위한 공군 우주력 발전전략,” 제2회 미래국방기술 및 전략 학술대회 발제문 (연세대학교 ASTI, 2021.11.30).
- Brian Warden and Victoria Samson. 『Global Counterspace Capability』 (Secure World Foundation, 2021.4).
- Todd Harrison 외 3명, 『Space Threat Assessment 2020』 (CSIS, 2020.3).
- Ravn-X Autonomous Launch Vehicles(AuLV). USA-
<https://www.aerospace-technology.com/projects/ravn-x-autonomous-launch-vehicle-aulv/>.

Mike Wall. “The US Space Force’s secretive X-37B space plane: 10 surprising facts”, Space News-
<https://www.space.com/x-37b-military-space-plane-surprising-facts>.

저자 소개



박기태 (E-mail: park50881011@gmail.com)
현 공군본부 전투발전단 근무
국가 및 국방우주 정책, 전략 및 전력건설

군사목적의 합성 데이터셋 제작을 통한 객체인식 효율성 제고 방안

A Study on Improvement of Object Recognition Efficiency by Generating Synthetic Datasets for Military Purpose

변재현¹⁾

Jaehyun Byeon

ABSTRACT

Object recognition requires manual work to collect and annotate actual data, which requires lots of time and money. In the case of artificial intelligence in the defense field, it is difficult to secure high-quality learning data, and there is a problem of the absence of robustness. Synthetic data can be configured by machine learning experts and enables fast, data-intensive development. Synthetic data also helps solve privacy and security problems, and plays an important role in reducing bias by securing data diversity. This paper examines the problems of object recognition in the defense field and proposes a plan to improve the efficiency of object recognition through the generation of synthetic data as an alternative. To this end, a commercial open-source unity3d simulator was used to generate simple military-purpose synthetic data, and similar research cases are examined.

Keywords : synthetic data, object recognition, unity3d

1. 서론

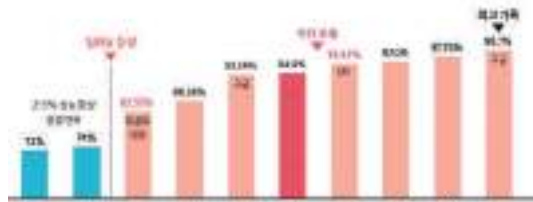
객체인식은 실제 데이터를 수집 후 주석을 첨부하는 수작업이 요구되며, 이는 많은 시간과 비용이 필요하다. 국방 분야 인공 지능의 경우 고품질의 학습용 데이터의 확보가 어려우며, 강건성(Robust) 부재하는 문제가 상존한다. 성공적인 인공지능 객체인식을 위해서는 인공지능의 하위 분야인 기계학습(ML)을 통한 전문적인 컴퓨터 활용이 필수적이다. 합성데이터(Synthetic Data)는 머신러닝 전문가가 구성할 수 있으며, 빠르고 데이터에 집중한 개발을 가능하게 한다. 실제 데이터가 아닌 인공적으로 만들어진 자료를 사용하는 것은 혁신적 전환이기에 합성데이터는 4차 산업혁명의 기름과 같다. 또한 합성 데이터는 개인정보와 보안 문제 해결에 도움을 주며, 데이터의 다양성을 확보해 주어 편향(bias)을 줄이는데 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 국방 분야 객체인식의 문제점을 살피고 이를 해결하기 위한 대안으로 합성데이터 생성을 통한 객체인식을 효율성 제고 방안을 제안한다. 이를 위해 상용 오픈소스 유니티(Unity) 시뮬레이터 활용하여 간단한 군사 목적 합성데이터를 생성해보았으며, 유사 연구 사례 등을 살핀다.

2. 현 상황 및 문제점

2.1 객체인식 기술

객체 인식(Object Recognition)은 이미지나 비디오의 객체를 식별하는 컴퓨터 비전 기술이다. 객체 인식은 딥 러닝 및 머신 러닝 알고리즘을 통해 계산된 핵심 기술이다. 사람은 사진이나 비디오를 볼 때 사람, 물체, 장면, 시각적 세부 사항을 쉽게 인식할 수 있다. 컴퓨터를 이용한 객체 인식의 목표는 컴퓨터가 이미지에

포함된 것을 이해하는 능력과 같이 인간이 자연스럽게 할 수 있는 것을 하도록 가르치는 것이다. 특히 딥러닝을 활용한 인공지능 객체인식 기술은 대규모 이미지 인식 경진대회에서(ILSVRC) 2015년 인간의 인식률(94.90%)를 추월하여 2020년에는 98.7%가 넘는 정확도를 선보이고 있다.



<그림 1> 이미지인식 대회 정확도 향상[1]

객체인식은 4차 산업혁명을 이끄는 핵심 기술 중 하나로 다양한 분야에서 활용되고 있다. 예를 들어 무인자동차가 정지신호를 인식해 보행자와 가로등을 구분할 수 있도록 하고, 바이오이미징에 질병 식별, 산업점검, 로봇비전 등 다양한 분야에 활용된다.

국방 분야에서도 인공지능 물체 인식이 결합된 최신 기술을 도입하기 위한 다양한 노력이 진행되고 있다. 최근 육군 교육사령부는 군사용 AI 이미지 데이터를 수집·처리할 수 있는 '군사 이미지넷' 플랫폼을 구축해 이년부터 지휘·군사학교용으로 운영한다고 밝혔다. 밀리터리 이미지넷은 이미지 세트를 만드는 프로젝트로 구축된 데이터 세트는 인트라넷을 중심으로 공유되며 보안규정에 저촉되지 않는 범위 내에서 산학관들과 공유된다. 육군이 별도 예산으로 이들 사업을 시행한 배경에는 인터넷상에 수많은 이미지가 있지만, 이대로는 군에 적용하기 어렵기 때문이다. 군 내부 인트라넷 내에 인터넷의 이미지넷과 유사한 시스템을 구축해 이미지를 수집하려는 프로젝트가 밀리터리 이미지넷 사업이다.

이 사업을 통해 지능형 식별모델을 개발, 컴



<그림 2> 밀리터리 이미지넷 사업

퓨터로 처리·분석할 수 있는 관련 정보 모음인 데이터 세트와 군사용 AI 개발 환경이 조성됐다. 이미지 분석을 통해 아군과 적의 무기 시스템을 인식할 수 있으며 적의 침투(침략), 로밍 탐지, 테러/재난 및 이상 탐지, 동료 정체성 및 움직임 탐지 등 탐지부터 타격에 이르는 전체 군사 의사 결정 과정을 지원한다. 육군은 앞으로 인터페이스 수집 범위를 적의 영상·위성·음성데이터·해상신호 등으로 확대할 계획이다.

하지만, 밀리터리 이미지넷 사업의 경우 합성데이터가 아닌 실물을 촬영한 데이터로 프로그램을 구축하는 데 상당한 시간이 걸렸고, 현재 보유중인 군장비 이미지 자료도 부족하다. 현재 우리 군은 국방개혁 추진의 기본방향으로는 무인화·지능화를 우선시하고 있다. 이는 카메라 센서를 통해 입력되는 데이터를 인식하고 결정하는 것으로 시작한다. 그만큼 인공지능 물체 인식은 한국군의 선진화를 이끌 핵심 기술임을

알 수 있다. 다만 인공지능을 이용해 인공지능 사물을 인식하는 데는 분명한 한계가 있다.

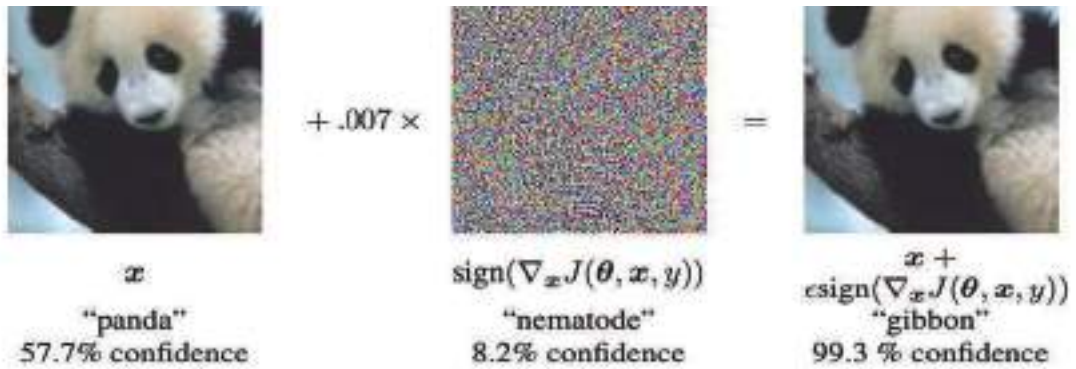
2.2 문제점

2.2.1 고품질 훈련자료 확보 어려움

딥러닝 모델은 주어진 입력에 대해 기대하는 결과를 출력하는 방법을 학습한다. 지도학습에서 레이블링이란 주어진 데이터에 정답지를 만들어주는 작업이고, 이때 정답지를 레이블이라고 한다. 레이블은 딥 러닝이 입력 공간의 연쇄 미분 변환으로 대상공간으로 사상하기 위한 가장 중요한 조건이다. 다만 실제 머신러닝 환경에서는 이 정도 수준의 학습 데이터를 준비하는데 많은 비용과 시간이 소요되고, 더 큰 문제는 라벨을 붙일 수 없는 AI 문제가 증가하고 있다는 점이다. 또한 지도 학습 기반 딥 러닝 기술을 사용하는 이미지 인식은 수 백장에서 수 백



<그림 3> 이미지 레이블링 예시



<그림 4> Adversarial Noise 사례 [3]

만장까지의 많은 학습 데이터를 필요로 한다.

전문가들은 국방 분야 AI 기술 활용 증가로 인한 '데이터 확보에 따른 보안 문제'를 가장 유력한 관심사로 꼽으며 향후 국방 AI 전력 향상에 필수적인 데이터 확보를 위해 까다로운 보안 절차에 대한 규제가 필요할 것으로 내다봤다.[2]

2.2.2 인공지능의 강건성(Robust) 부재

2018년 자율주행중인 테슬라 차량의 오작동으로 사망사고가 발생했다. 보행자 인식과 차선 인식에 각각 오류가 발생하면서 촉발된 사고였다. 인공지능의 활용도가 높아지면서 기술의 안정성과 신뢰성 확보가 선택이 아닌 필수다. 특히 딥러닝을 활용한 인공지능 객체 인식은 적대적인 예제(Adversarial Examples)라 불리는 이미지를 판단하는데 기술적인 한계가 존재한다. 누구나 이미지에 악의적인 적대적 노이즈를 임의로 주입하여 적대적 사례를 생성할 수 있다. 이러한 적대적 사례는 인간이 판단하는 데 문제가 없지만 인공 신경망의 판단을 방해한다. 이를 악용하는 것도 문제가 될 수 있지만, 이미 인공 신경망이 적대적 사례를 악용해 교통 표지판이나 사람을 정확하게 인식하지 못하는 사례를 찾을 수 있다.

<그림 4>의 경우에서 볼 수 있듯이 처음에

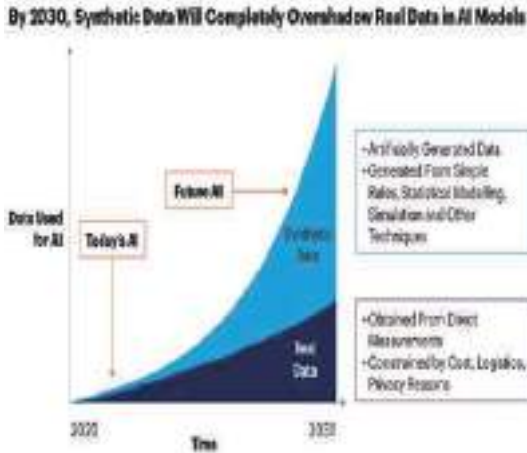
는 보통 57.7% 이상의 판다로 인식되던 인공신경망에 적대적 소음을 임의로 할당한 결과 긴 팔원숭이로 판정된다. 이와 같은 환경외란에 의한 변동요인(noise)에 취약한 문제를 개선하기 위해 앞으로 많은 강건한 인공지능(Robust AI) 연구들이 필요하다. 그리고 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 합성 데이터를 생성하고 학습 데이터로 활용하는 대안이 있다.

3. 합성데이터 및 관련연구 소개

3.1 합성 데이터

오늘날의 인공지능(AI) 시대에 데이터는 새로운 석유 자원과 같다. 그러나 데이터 소스는 최근 저작권, 지적재산권 보호 및 보안과 같은 소수의 영역에서만 자유롭게 사용할 수 있다. 그래서 최근 인공지능분야에서는 합성 데이터(Synthetic Data)라 부르는 저비용으로 효과적인 연료를 자체 생산하려는 노력이 이루어지고 있다.

합성데이터는 컴퓨터 시뮬레이션이나 알고리즘에 의해 생성된 정보를 실제 데이터를 대체하는 것이다. 즉, 합성 데이터는 실제 환경에서 수집되거나 측정되지 않고 디지털 환경에서 생성된다. 실제 사물, 사건, 사람을 기반으로 얻은 데이터보다 합성 데이터가 AI 모델 훈련에 더

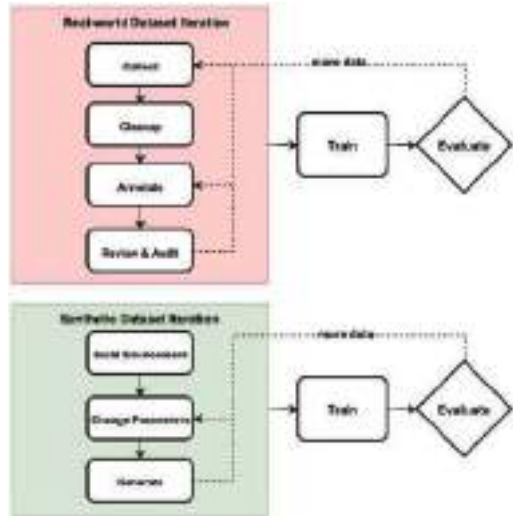


<그림 5> 합성데이터가 주도하는 AI시장 [5]

적합하다는 해외연구 결과가 나왔다.[4] 미국 정보기술(IT) 연구·자문업체 가트너는 2030년이면 AI에 사용되는 데이터 대부분이 시뮬레이션 등을 통해 인공적으로 만들어 합성데이터가 차지할 것으로 전망했다. 보고서는 “합성 데이터를 사용하지 않고서 고품질의 고부가가치 AI 모델을 만들 수는 없을 것”이라고 밝혔다.

합성데이터의 중요성은 이제 막 사람들의 인식에 각인되었고, 미 육군 역시 이러한 최신 추세를 쫓고있다. U.S Army SBIR|STTR은 미 육군이 운영하는 연구기관으로 육군을 현대화하고 생명을 구하는 기술을 병사들에게 이전하기 위해 중요한 우선 사항을 충족하기 위한 가장 새로운 기술 솔루션을 연구하고 있다. U.S Army SBIR|STTR는 최근 공개합성데이터 생성을 위한 연구 용역금액 20억원 규모의 모집 공고를 인터넷에 공지하였다.[6]

<그림 6>의 상단에서 볼 수 있듯이 실제 데이터 집합에는 최소한 수집, 정리, 주석 달기, 마지막으로 검토 및 감사 단계가 필요하다. 이러한 단계에는 비용과 시간이 많이 소요되는 인적 노력이 수반된다. 반면 하단의 합성 데이터 세트를 사용하려면 3D 자산으로 구축된 환경, 랜덤화 매개 변수 설정 또는 변경 및 새로운 데이터 생성을 위한 환경 실행이 필요하다.



<그림 6> 데이터 수집방안 비교 [7]

데이터셋에는 정확한 주석이 포함되어 있으며 자동으로 검증되므로 시간이 많이 걸리는 대부분의 단계가 필요하지 않아 경제적이다.

3.2 연구사례

최근 몇 년간 합성데이터 (Synthetic-Data)를 국방분야에 적용하고자 하는 시도가 있었다. 양훈민(2019)은[8] 적대적 훈련 신경망에 대한 기술적 분석을 수행하고 경쟁 벤치마크 데이터 세트를 사용하여 탱크, 항공모함, 적외선 이미지 등의 방어 복합 이미지 데이터를 생성하는 실험을 수행했다. 해당 연구에서 생성된 합성 이미지는 머신러닝을 이용하여 국방 R&D 분야의 학습 자료로 활용될 수 있음을 확인하였다. 또한 아울러 초대용량의 학습용 데이터를 효율적으로 처리하기 위한 빅데이터 분산 저장 및 처리 기술을 적절히 활용하면, 대규모 머신러닝용 데이터 처리시스템 구축도 가능함을 확인하였다.

조선영(2021)은 [9] 불명확한 데이터를 합성·생성하여 부분적으로 가려진 물체를 감지하는 모델을 학습하는 방법을 제안했다. 다양한 가려짐의 상황을 고려하기 위해, 일정부분 식별이

제한된 특이점을 가진 데이터를 합성하고 생성하고, 이를 이용한 모델 학습을 통해 부분적으로 가려진 물체의 감지 성능을 향상시키는 방법을 제안하였다. 다양한 애매한 상황을 고려하기 위해 수준과 유형에 따라 합성 데이터가 생성되었다. 성능을 평가하기 위해 실제 군용 차량에 대한 데이터 세트를 수집하고, 합성 데이터를 생성하여 모델 학습에 사용했다. <그림 7>에서 보는 바와 같이, 다양한 실험을 통해 합성 데이터를 사용하여 학습한 모델은 부분적인 가려진 물체 감지성능을 향상시키는 것으로 나타났다.



<그림 7> 합성데이터를 통한 강건성 확보

인공지능(AI) 연구가 발전하려면 현재의 AI 모델 학습용 벤치마크를 사용하여 기존 환경에 존재하는 어려운 문제를 해결해야 한다. 하지만 이러한 문제가 '해결'되고 나면 새로운 환경의 필요성이 대두되곤 한다. 하지만 그러한 환경을 조성하려면 많은 시간과 전문적이고 특별한 지식이 필요한 경우가 많다. 인공지능 연구의 핵심이 되는 '환경구축'의 문제를 해결 할 수 있는 하나의 대안이 유니티(Unity)다.

4. 합성데이터 구현

4.1 상용 프로그램 '유니티'

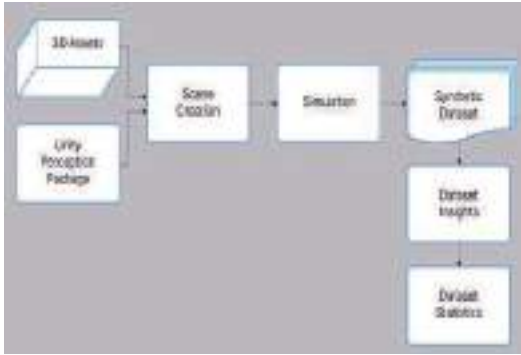
인공지능 분야를 크게 발전시킨 머신러닝(ML)을 통해 수많은 혁신 제품을 상용화되었다. 그러나 여전히 지도학습에서 머신러닝은 수집 비용이 많이 드는 크고 복잡한 데이터 세트를 필요로 한다. 라벨링 품질을 보장하고, 훈련 데이터가 프로덕션 데이터를 대표 하도록 해야 하는 등 여러 가지 문제도 상존한다. 이 문제는 대규모 합성 데이터 세트를 생성하여 해결할 수 있으며 특히 객체 감지 작업에서 효과적이다. 유니티 리얼엔진 시뮬레이션 툴을 활용하면 이러한 장점을 가진 합성데이터 세트를 생성하기 위한 좋은 환경을 구축할 수 있다.

유니티는 3D와 2D 비디오 게임의 개발 환경을 제공하는 게임 엔진이다. 주로 3D 애니메이션, 건축 시각화, 가상현실(vr) 등 대화형 콘텐츠 제작에 활용되고 있으며, 4차 산업혁명 시대 화두인 디지털-트윈을 구현하기 좋은 프로그램이다. 게임업계 뿐만 아니라 업계와 학계에서도 큰 인기를 끌고 있다. 게임 엔진 시장의 45% 이상을 차지하고 있으며, 등록 개발자 수만 500만명이 넘는다. 유니티는 물리 법칙을 구현 하고 다양한 3D 모델과 기능을 구매하며 비교적 단순하게 환경을 조성할 수 있다는 장점이 있다.



<그림 8> 프로그램 소개(좌), 예시(좌)

그리고 유니티는 기계학습을 개발하기 위한 훌륭한 패키지를 무료로 제공하고 있으며, 이미 산업현장 및 학계에서 뜨거운 관심을 받고 있다. 유니티 머신 러닝 에이전트를 활용하여 구



<그림 9> 유니티 Perception 패키지

현된 환경에 기계학습의 다양한 알고리즘을 적용할 수 있다. Unity와 ML-Agents 툴킷을 사용하면 풍부한 물리적, 시각적, 인지적 요소를 갖춘 AI 환경을 조성할 수 있다. 새로운 알고리즘과 메서드의 연구는 물론이고 벤치마킹에도 이러한 환경을 사용할 수 있다.

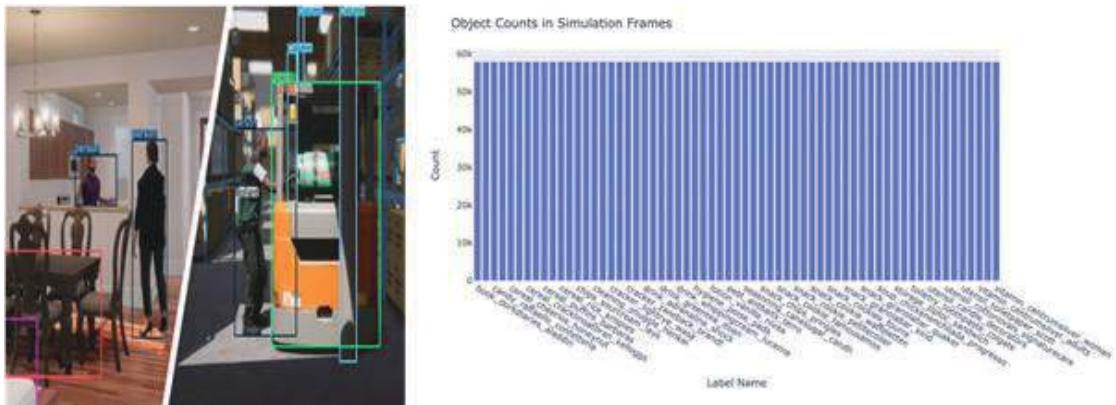
앞서 합성 데이터의 장점이 충분히 열거하였지만, 이를 도입하여 기계 학습 모델을 훈련시킬 수 있는 데이터 세트를 생산하기 위해서는 몇 가지 중간 단계가 필요하다. 이 과정에서 프로그래머들은 공통문제에 직면하여, 기계학습 모델을 훈련시키기 위해 대체로 품질이 떨어지는 일회성 맞춤형 솔루션을 활용을 강요받는 상황에 봉착한다. Unity는 불필요한 단계를 거

치지 않고도 고품질 합성 데이터 세트를 쉽게 생성하고 분석할 수 있는 통합 인식 패키지 및 데이터 세트 분석의 인사이트를 제공한다.

4.2 시뮬레이션 활용의 장점

유니티의 컴퓨터 비전 데이터 세트는 도메인-랜덤화 기술을 사용하여 애플리케이션의 품질을 개선하고 편견을 제어하는 다양한 데이터 세트를 생성한다. 이 프로세스를 통해 대상 물체의 위치 및 방향, 조명 및 카메라 각도 등 조합할 수 있는 수많은 구성 순열을 유니티 환경으로 출력할 수 있다. 이를 통해 인터넷에서 촬영한 실제 인물·장소 이미지를 직접 촬영하거나 포함하는 과정에서 발생할 수 있는 개인정보 침해와 예방이 어려운 편향 문제도 피할 수 있다.

유니티 Perception 패키지를 이용하면 가상 데이터 세트를 생성하는 워크플로우를 구현할 수 있다. 2D 바운딩 박스나 시멘틱 세그멘테이션 마스크와 같은 실측데이터를 생성한다. 생성된 실측 데이터는 관련 매트릭스와 함께 JSON 파일로 캡처된다. 또한 데이터 분석 툴도 함께 제공하는 것은 또 다른 장점이다.

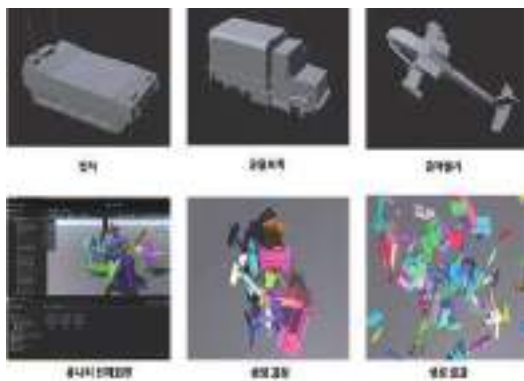


<그림 10> 합성데이터 생성 (좌), 분석 (우)

성공적인 이미지 객체 인식을 위해 기계학습 전문가의 주요 과제는 레이블이 지정된 데이터를 연구하고 분석하는 동시에 데이터 세트를 구축하는 것이다. 다만 합성 데이터로 작업할 경우 클라우드기반 시뮬레이션 실행을 통해 수만 개의 이미지가 생성되어 컴퓨터 자원의 소모가 빠르게 커질 수 있다. 유니티는 Python 패키지인 Dataset Insights를 제공하여 통계를 단순하고 효율적으로 계산하고, 대규모 합성 데이터 세트에서 필요한 정보를 추출하고, 전체 데이터 세트에 걸쳐 집계된 통계를 시각화하는데 용이하다.

4.3 군사목적 합성데이터 생성

유니티의 asset store에서 프로그래밍의 목적에 맞게 획득하여 사용함으로써 직접 에셋을 개발하는데 들어가는 시간을 줄일 수 있다. 이를 활용하여 <그림 11>과 같이 비교적 간단한 합성데이터 생성을 실시하였다.



<그림 11> 합성데이터 생성의 예시

<그림 11> 상단과 같이 3개를 생성한다. 그리고 3개의 에셋에 대해서 작성한 스크립트의 알고리즘으로 다양한 색깔 및 카메라 각도에서 생성한다. 이는 유니티에서 합성데이터 생성의 기본적인 이해를 돕기 위해서 준비한 자료로

물론 더 복잡한 환경에서 더 많은 객체들을 생성할 수 있다.²⁾

이 방법 외에도 무료로 다양한 이미지를 제공하는 사이트를 활용하여 기초 데이터를 생성할 수 있다. 다운받은 자료로 위에서 제시한 방법과 동일하게 합성데이터를 생성하면 된다.



<그림 12> 무료 T-계열 전차 Asset [10]

합성데이터를 생성하여 경제성을 제고시키고자 하는 관련 연구들이 진행중에 있으며 <그림 13>은 전차 객체를 3D로 생성하여서 다양한 환경에서 접목시킨 예시이다. 해당연구는 합성 데이터에 FastPhotoStyle을 적용하였으며, (a) 스타일 이미지(실제 데이터), (b) 콘텐츠 이미지(원래 합성 데이터), (c) 스타일화된 이미지(FastPhotoStyle)를 나타낸다.



<그림 13> 군사목적 합성데이터 해외 논문 [11]

2) 보다 자세한 내용은 붙임1,2에 첨부한 C#스크립트를 참고

합성 데이터가 보다 사실적으로 스타일화된 방식으로 변환되면 데이터 분포가 충분히 실제 데이터와 가까운지 여부를 조사할 수 있다. 이처럼 합성 탱크 이미지의 분산범위를 넓히기 위하여 다양한 산만기(distractor)를 활용할 수 있다. 각 장면은 카메라의 여러 거리, 각도 및 높이에서 촬영된다.

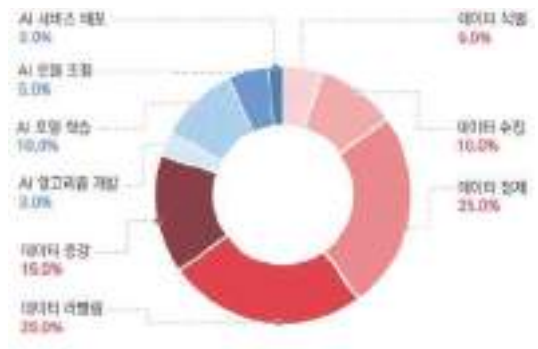
4.4 기대효과

이미지 객체 인식을 위한 신경망을 훈련하려면 신중하게 레이블링된 대규모 데이터가 필요하다. 데이터를 다양하게 훈련할수록 더 정확한 AI 모델을 만들 수 있다. 하지만 수천에서 수만개의 요소를 포함하는 데이터 세트를 수집하고 레이블을 지정하는 데 시간이 오래 걸리며, 많은 비용이 소요된다. 반면에, 추정치에 따르면, 라벨링 서비스가 3달러의 비용이 드는 단일 이미지를 인위적으로 생성하는 경우, 복합 데이터는 \$0.0072의 비용으로 충분하다.

또한 합성 데이터는 개인정보보호 문제를 해결하고, 현실을 잘 대변할 수 있는 데이터의 다양성을 확보해 편향(bias)을 줄이는 데 중요한 역할을 할 수 있다. 더욱이 합성데이터는 자동으로 레이블링 되어 인간의 수작업보다 훨씬 더 빠르게 데이터셋을 조작할 수 있다.

이처럼 실제 데이터가 아닌 합성데이터를 이용하여 컴퓨터 비전 시스템을 구축하는 시도는 혁신적인 방법이다. 실제 데이터는 수집하고 주석을 다는 등 번거로운 작업을 해야 확보할 수 있는 반면, 합성 데이터 세트는 머신러닝 엔지니어가 (군 전문특기 장교 등) 홀로 몇 분 이내에 구성할 수 있으며, 더 빠르고 데이터에 집중한 개발 주기를 가능하다.

AI기술이 접목된 프로젝트에 소요되는 대부분의 시간은 수집, 정리, 분석, 시각화, 데이터 구축과 정제까지가 주요 병목 현상을 만들고 있다. <그림 15>에서 확인할 수 있듯이, AI-데이터 기업에서는 데이터 구축 시 데이터의 종류에 따라 다르지만, 수집-정제 및 라벨링 작업에 30%~80%의 비용이 소요됨을 알 수 있다. 평균 75%의 비용이 데이터 수집·정제·라벨링에 소요되고 있다. 이 문제는 합성데이터의 장점으로 인공지능(AI) 프로젝트 작업시간을 단축하여 해결할 수 있다.



<그림 15> AI프로젝트에 소요되는 시간 [13]

	Synthetic	Real World
Dataset Size	1,000,000+	1,500
Dataset Preparation Time	Acquisition: 5 hours Content: 70 hours Annotation: 8 hours Simulation: 13 hours	Acquisition: 10 hours Content: 0 hours Annotation: 110 hours Simulation: 0 hours
Total Dataset Cost	\$7,200	\$4,800
Cost per Image	\$0.0072	\$3.20

<그림 14> 합성데이터의 경제적 이익성 [12]

4.5 제한사항 및 극복방안

하지만 여전히 데이터 수집은 어려운 과제로 남겨져 있다. 수천 개의 이미지와 주석 대신, 수십 또는 수백 개의 3D 에셋(Mesh, Texture, Animation 등)을 확보하는 노력이 요구된다. 즉 데이터 생성 최초 단계에 학습 대상물의



<그림 16> 3D이미지 생성의 예시



<그림 17> 상용 APP을 활용 3D에셋 획득

3D데이터 원본이 필요하다. 물론 인터넷상에서 이미 구축된 자료를 사용할 수 있지만 우리 군에서 바로 적용하기 위한 북한군 전투장비 및 시설 등에 대한 자료는 별도로 제작해야 할 것이다. 합성데이터를 구축을 위한 3D 에셋을 확보에 창의적인 수집이 필요한 이유다.

이를 해결하기 위한 몇 가지 방법이 있는데, 한 가지 예는 만약 현실세계에 존재하는 사물을 직접 볼 수 있다면 훨씬 정밀한 3D객체를 만들 수 있다. 군사목적의 합성데이터 생성을 위해서는 이처럼 해결해야 하는 과제가 남아있다. 가상의 환경에서 바로 3D객체를 생성할 수 있다면 좋겠지만, 조금더 정밀하며 효율적인 이미지 객체 인식을 위해서는 위 방법처럼 직접 실물객체의 사진을 촬영하여 이를 3D화 시키는 방법을 사용하면 효과적이다.

또는 상용화되어 있는 3D스캐너 앱을 통해 사진을 촬영하면 <그림 17>에서 보듯이 입체적인 3D에셋을 얻을 수 있다. 이렇게 획득한 최초의 데이터를 앞서 기술한 합성데이터 생성 방법을 통해서 다양한 환경에서 다양한 각도, 채광, 음영 조건을 변경하여 생성할 수 있다.

5. 결론

합성데이터는 인공지능 시대의 ‘새로운 석유’라는 찬사처럼 그 활용분야는 무궁무진하다. 그리고 이를 자유롭게 생성하고 변형 및 응용할 수 있는 원천기술은 곧 향후 방위력개선사업의 진행에 반드시 필요한 핵심기술이 될 것이다. 밀리터리 이미지넷 사업의 경우 합성데이터가 아닌 실제 현실의 객체를 촬영한 데이터로 프로그램을 구축하느라 전력화까지 상당한 시간이 소요되었고, 현재 보유중인 군사장비 이미지의 데이터도 현격히 부족한 실정이다.

한국군의 무기체계개발은 [모방생산-역설계-추격형-독자개발]의 과정을 거치면서 발전하였다. 핵심기술을 자체적으로 개발한 것은 2000년대 이후부터이다. 향후 펼쳐질 전장환경에서는 새로운 형태의 핵심기술들이 적용되고 무기체계로 전개될 것이다. 이러한 전장환경에서는 남의 것을 뒤따라 하는 무기체계의 개발 방식으로는 기대하는 방위력을 확보하기란 지극히 어렵다.[14]

새롭고 혁신적인 무기체계를 개발하기 위해서는 기존의 무기체계가 기반하고 있는 핵심기술보다 더 새롭고 그래서 기존 기술을 훨씬 뛰

어넘거나 왜해시키는 수준의 핵심기술 확보가 필수적이다. 그런 의미에서 합성데이터를 활용한 인공지능 객체인식 기술은 향후 전장의 판도를 좌우할 게임체인저(Game-Changer) 기술이다.

본 연구에서는 국방 분야 객체인식의 문제점을 살피고 이를 해결 하기 위한 대안으로 합성데이터 생성을 통한 객체인식을 효율성 제고 방안을 제안하였다. 합성데이터의 장점을 극대화하려면 이를 잘 생성해야 한다. 그리고 연구에서 제시한 상용 오픈소스 유니티(Unity) 시뮬레이터 활용하면 충분히 의미 있는 군사목적 합성데이터를 생성할 수 있을 것이다.

합성데이터(Synthetic-Data) 활용에 대한 본격적으로 산·학·연의 관심을 받기 시작한 것은 10여년의 짧은 기간이다. 그 이후 해당 기술은 눈부신 속도로 발전하고 있으며, 앞으로 더 그러할 것이다. 이런 최신킨기술을 접목한 무기체계의 경우 소요제기 후 구매/양산까지의 긴 시간이 지나면 곧 시대에 뒤떨어진 골동품으로 전락할 수 있다. 하지만 밀리터리 이미지넷과 같이 소프트웨어를 기반으로 하는 경우 ‘진화적 ROC’의 적용이 가능하다.

이처럼 합성데이터를 접목한 무기체계가 개발된다면, 현 작전운용성능의 경직성 문제를 탈피하고 신기술을 무기체계에 용이하게 적용 가능하며, 소요군이 장비를 운용하면서 경험을 환류시켜 최종 요구능력을 점진적으로 달성할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 이주열, 인공지능 이미지 인식 기술동향, TTA 저널 187호 ('20.2)
- [2] 윤정현, 국방 분야의 인공지능 활용성 제고 방안과 시사점 과학기술정책연구원 FUTURE HORIZON :2020 제48호('20.12.)R. Bellman. Introduction to Matrix Analysis, 2nd Ed., pp. 234. McGraw-Hill, New York, 1979.
- [3] Ian J. Goodfellow et al, Explaining and Harnessing Adversarial Examples (Published as a conference paper at ICLR 2015)
- [4] Jonathan Tremblay, Deep Object Pose Estimation for Semantic Robotic Grasping of Household Objects (Conference on Robot Learning (CoRL),2018)
- [5] Leinar Ramos, Forget About Your Real Data - Synthetic Data Is the Future of AI (Gartner Research, '21.6.24.)
- [6] 출처 : U.S Army SBIR/STTR (<https://www.armysbir.army.mil/topics/sensor-synthetic-data-generation/>)
- [7] Steve Borkman et al. Unity Perception: Generate Synthetic Data for Computer Vision (Unity Technologies, '21.7.)
- [8] 양훈민, 국방용 합성이미지 데이터셋 생성을 위한 대립훈련신경망 기술 적용 연구, Journal of the KIMST, Vol. 22, No. 1, pp. 49-59, 2019.
- [9] 조선영, 합성 데이터를 통한 부분 가려짐에 강인한 군용 차량 검출, KIISE Transactions on Computing Practices, Vol. 27, No. 11, pp. 519-530, 2021. 11
- [10] 출처 : <https://free3d.com>
- [11] Agency for Defense Development, Applying FastPhotoStyle to Synthetic Data for Military Vehicle Detection (ICCAS 2020)
- [12] 출처 : Nvidia 공식홈페이지 (<https://blogs.nvidia.co.kr/2021/08/30/what-is-synthetic-data/>)
- [13] Chanju Park, Dongsu Kang, "A DOM-Based Fuzzing Method for Analyzing Seogwang

Document Processing System in North
Korea," KIPS Trans. Comp. and Comm. Sys.
Vol.8, No.5 pp.119~126, 2019.

[14] 양희승, 국방R&D정책 (피앤씨미디어 | 2020년
08월 20일)

저 자 소 개



변재현 (E-mail: uce03211@gmail.com)

2014 육군사관학교 지역연구 졸업(학사)

현재 국방대학교 군사운영분석 석사과정

관심분야: 강화학습, 객체인식, 시뮬레이션

붙임#1 : 씬컨트롤러 C#스크립트

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class SceneController : MonoBehaviour {
    public ImageSynthesis synth;
    public GameObject[] prefabs;
    public int minObjects = 10;
    public int maxObjects = 50;
    public int trainingImages;
    public int valImages;
    public bool grayscale = false;
    public bool save = false;

    private ShapePool pool;
    private int frameCount = 0;

    // Start is called before the first frame update
    void Start() {
        pool = ShapePool.Create(prefabs);
    }

    // Update is called once per frame
    void Update() {
        if (frameCount < trainingImages + valImages) {
            if (frameCount % 30 == 0) {
                GenerateRandom();
                Debug.Log($"FrameCount: {frameCount}");
            }
            frameCount++;
            if (save) {
                if (frameCount < trainingImages) {
                    string filename = $"image_{frameCount.ToString().PadLeft(5, '0')}";
                    synth.Save(filename, 512, 512, "captures/train", 2);
                }
                else if (frameCount < trainingImages + valImages) {
                    int valFrameCount = frameCount - trainingImages;
                    string filename = $"image_{valFrameCount.ToString().PadLeft(5, '0')}";
                    synth.Save(filename, 512, 512, "captures/val", 2);
                }
            }
        }
    }
}

```

```
void GenerateRandom() {
    pool.ReclaimAll();
    int objectsThisTime = Random.Range(minObjects, maxObjects);
    for (int i = 0; i < objectsThisTime; i++) {
        // Pick out a prefab
        int prefabIndx = Random.Range(0, prefabs.Length);
        GameObject prefab = prefabs[prefabIndx];

        // Position
        float newX, newY, newZ;
        newX = Random.Range(-10.0f, 10.0f);
        newY = Random.Range(2.0f, 10.0f);
        newZ = Random.Range(-10.0f, 10.0f);
        Vector3 newPos = new Vector3(newX, newY, newZ);

        // Rotation
        var newRot = Random.rotation;

        var shape = pool.Get((ShapeLabel)prefabIndx);
        var newObj = shape.obj;
        newObj.transform.position = newPos;
        newObj.transform.rotation = newRot;

        // Scale
        float sx = Random.Range(0.5f, 4.0f);
        Vector3 newScale = new Vector3(sx, sx, sx);
        newObj.transform.localScale = newScale;

        // Color
        float newR, newG, newB;
        newR = Random.Range(0.0f, 1.0f);
        newG = Random.Range(0.0f, 1.0f);
        newB = Random.Range(0.0f, 1.0f);
        var newColor = new Color(newR, newG, newB);
        newObj.GetComponent<Renderer>().material.color = newColor;
    }
    synth.OnSceneChange(grayscale);
}
}
```

붙임#2 : ShapePool C#스크립트

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public enum ShapeLabel { Cube, Sphere, Cylinder };

public class Shape {
    public ShapeLabel label;
    public GameObject obj;
}

public class ShapePool : ScriptableObject
{
    private GameObject[] prefabs;
    private Dictionary<ShapeLabel, List<Shape>> pools;
    private List<Shape> active;

    public static ShapePool Create(GameObject[] prefabs) {
        var p = ScriptableObject.CreateInstance<ShapePool>();
        p.prefabs = prefabs;
        p.pools = new Dictionary<ShapeLabel, List<Shape>>();
        for (int i = 0; i < prefabs.Length; i++) {
            p.pools[(ShapeLabel)i] = new List<Shape>();
        }
        p.active = new List<Shape>();
        return p;
    }

    public Shape Get(ShapeLabel label) {
        var pool = pools[label];
        int lastIndex = pool.Count - 1;
        Shape retShape;
        if (lastIndex <= 0) {
            var obj = Instantiate(prefabs[(int)label]);
            retShape = new Shape() { label = label, obj = obj };
        } else {
            retShape = pool[lastIndex];
            retShape.obj.SetActive(true);
            pool.RemoveAt(lastIndex);
        }
        active.Add(retShape);
        return retShape;
    }

    public void ReclaimAll() {

```

```
    foreach (var shape in active) {  
        shape.obj.SetActive(false);  
        pools[shape.label].Add(shape);  
    }  
    active.Clear();  
}  
}
```

한 글 제 목(굴림 16)

(12)

이센터¹⁾ · 김센터²⁾(굴림 11)

Cen-Ter Lee · Cen-Ter Kim (11)

ABSTRACT(견명조 10)

abstract abstract abstract abstract abstract abstract(10)

Keywords : Keywords, Keywords, Keywords, Keywords, Keywords, Keywords,
Keywords,

1) 00대학교 0000전공 석사과정(바탕 9)
2) 00대학교 0000전공 교수

5.3 00000

(HY 13)

~~~~~ 3)~~~~~

~~~~~ .

6.

~~~~~

~~~~~ .

~~~~~

~~~~~ .



참 고 문 헌(휴먼고딕 16)

- [1] , 『2007 () 4 』 , , 2012
- [2] , “ ” ; 47 , 2007
- [3] , 『 』 , , 2005
- [4] , “Knowledge Map ” , , 2006
- [5] , “ ” ; STEPI, 2003

000(E - mail: 0000000@naver.com)

2000 0000000 졸업(문학사)
현재 00대학교 0000전공 석사과정
관심분야 : 데이터마이닝, OR/SA,



000(E - mail: 0000000000@000000)

1991 00000학교 졸업(이학사)
1997 미국 UC. Berkeley 졸업(0000 석사)
2005 KDI 00대학원 졸업(000000 석사)
2006 00 (0000)
관심분야 :

| 발행인 |

정해일(국방대학교 총장)

| 편집인 |

강동수(국가안보문제연구소 군사과학센터장)

군사과학연구

제15권 제1호

2022년 6월 30일 인쇄

2022년 6월 30일 발행

발행처 : 국방대학교 국가안전보장문제연구소

TEL. (041) 831-6414

E-mail. rinsakj@kndu.ac.kr / kndu212@kndu.ac.kr

인 쇄 : 청 맥 기 획 (042) 487-2589

ISSN 1975-3888



Research Papers

Development Direction and Operator Awareness on GOP Science Guard System
/ **Taewoon Park · Taeho Kim**

A Study on Improvement Direction and Recognition Analysis of
appropriate force support equipment's supply companies by using DEA
/ **Jung-Taek LIM · Moon-Gul Lee**

Research on the necessity of Air-launched Space Rockets for
Breakthrough Development of R.O.K National Space Power
/ **Park, Ki-tae**

A Study on Improvement of Object Recognition Efficiency by
Generating Synthetic Datasets for Military Purpose
/ **Jaehyun Byeon**

