

# Risk Management for R&D Projects in the Military Aircraft Systems

Sung Hun Kim\* · Hyun Cheol Lee\*\*†

\*Intranational Cooperation Bureau, Defense Acquisition Program Administration

\*\*School of Business, Korea Aerospace University

## 군용항공기 연구개발 사업의 리스크 관리

김성훈\* · 이현철\*\*†

\*방위사업청 국제협력관실

\*\*한국항공대학교 경영학부

Military aircraft R&D projects require large-scale investment in cost and time, and involve a complex coordination process in decision-making. The R&D project manager should determine the development management priorities as accurately as possible and focus on R&D capabilities, thereby reducing the risks of the aircraft R&D project. To this end, this study aims to reduce R&D risk by prioritizing cost, schedule, and performance, which are basic management factors used in R&D project management in defense project management regulations. Analytic Hierarchy Process (AHP) is applied using a questionnaire for managers in charge of aviation R&D under the Defense Acquisition Program Administration. As a primary result, the importance of the factors that the aircraft R&D project manager should consider was derived in the order of performance, cost, and schedule, and the priorities of performance and cost in the lower layer were also identified. In addition, in order to provide practical risk management measures to aircraft R&D project managers, the results of analyzing 28 cases of US National Transportation Safety Board accidents were compared and analyzed with the AHP analysis results, and management measures suitable for the situation were specified.

**Keywords :** Analytic Hierarchy Process, Military Aircraft, R&D, Risk Management

### 1. 서론

국내 항공기 개발 사업은 민간 분야보다 군수 분야에 대한 의존도가 높다[31]. 군수 분야에서 추진하는 항공기 개발 프로젝트는 소요군의 요구에서부터 시작하여 방위력 개선 사업을 통해 수행된다[27]. 항공기는 공중을 비행하는 비행체로서 각종 시스템과 수많은 부품이 유기적으로 작

동하는 하나의 복잡한 체계이다. 이에 항공기 개발 프로젝트는 대규모 비용 투자가 필요하고 개발에 장기간이 소요된다[1]. 기술적으로는 핵심 기술 성숙도와 제작기술 확보 여부 등 사업에 필요한 기본적인 사항이 검토되고 산업·경제적 파급효과를 포함하여 최종적으로 사업 타당성 검토를 거쳐야 한다. 또한 장기간의 개발 과정에서는 재정 지원이 필수적이므로 국회, 기획재정부 등 관련 기관의 동의하에 예산을 안정적으로 확보하여야 한다. 여러 기관과 논의를 거쳐 항공기 개발 사업이 시작된다 하더라도 사업 진행 중에는 수많은 위험 요소가 존재한다. 최근 보잉사의 개발 항공기인 737 MAX의 사고로 수많은 인명 피해

Received 9 November 2021; Finally Revised 13 December 2021;  
Accepted 14 December 2021

† Corresponding Author : hlee@kau.ac.kr

와 주문 취소 등 약 32조 원에 상응하는 손실이 발생하였다[29]. 이처럼 항공기 개발 사업은 위험이 큰 프로젝트로 연구개발 과정에서부터 중점적으로 위험 관리를 수행해야 한다. 따라서 사업 관리자는 우선순위를 정해 역량을 집중할 필요가 있다. 방위사업 관리 규정 67조의 연구개발 사업 관리 측면에서 언급하고 있는 비용, 일정, 성능에 대한 관리 개념을 사업 관리자가 항공기 개발의 특수성에 맞게 우선순위화하여 위험 관리에 집중함으로써 리스크를 감소할 필요가 있다.

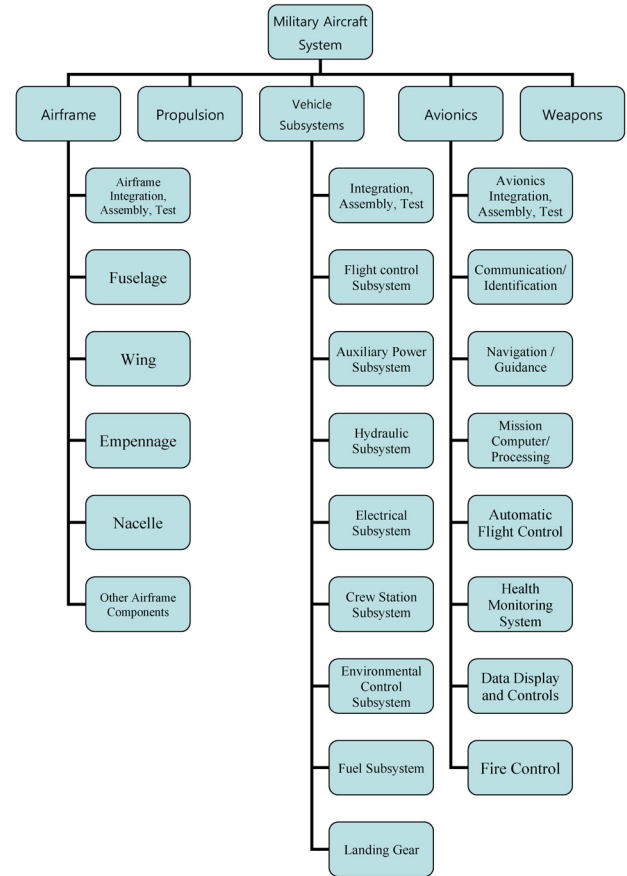
본 연구의 범위는 방위사업청에서 추진하는 항공무기 체계 연구개발 사업으로, 사업 기간은 항공무기 체계가 국내 연구개발로 확정된 후 사업 관리자가 사업 시작 부분인 계획 수립 단계부터 항공기 연구개발 시험평가 종료 후 전투형 항공기로 적합 판정을 받는 기간까지로 한정한다. 연구 대상은 앞서 언급한 방위사업관리규정에서 언급하고 있는 관리 대상인 비용, 일정, 성능 요인 중 항공무기 체계 연구개발 사업 담당자가 사업을 진행하는 동안 리스크 감소를 위해 3가지 요인 중에서 어떤 우선순위와 중요도를 바탕으로 사업을 관리해야 하는지를 AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석을 통해 찾고자 한다. 전문가(군용 항공 사업 관리 경력 3년 이상) 설문과 AHP 분석 결과를 바탕으로 우선순위가 가장 높은 항목을 식별하고 구체적인 관리 방안을 제시하기 위해 사례 조사를 추가하여 분석한다. 이는 리스크를 찾아냄과 동시에 항공무기 체계 연구개발 사업의 리스크 감소에 관한 실용적인 시사점과 결론을 도출하기 위함이다. 사용된 전문가 데이터를 통한 연구는 군용 항공기 연구개발 속성상 빈번하게 수행되지 못하는 점과 해당 인력의 희소성에 의해 관련한 기존 연구가 거의 존재하지 않아 본 연구 주제에 대한 기초적인 연구 결과로서 후행 연구에 상당한 의미를 가질 것으로 기대한다.

## 2. 관련 문헌 연구

### 2.1 항공무기 체계 개발 요소

기본적으로 항공무기 체계는 항공기로 구성되며, 항공전에 필요한 무기 구성품이 운용되는 것을 말한다. 항공기 개발에는 <Figure 1>과 같이 기체, 엔진, 항공기를 작동하게 하는 서브시스템과 항공전자 계통이 필요하다. 최근에는 연합·합동 작전을 위한 네트워크의 전장 환경 변화와 맞물려 소프트웨어로 구현되는 체계가 많아지고 있다[23]. 이렇게 복잡하고 다양한 구성 시스템이 최상위의 항공기 체계에 모두 통합·운영되고, 다양한 시스템만큼이나 고장으로 인한 항공기 추락 등 사고 원인으로 작용할 수 있다[15]. 반면, 최근 항공기에는 안전관리시스템, 비행

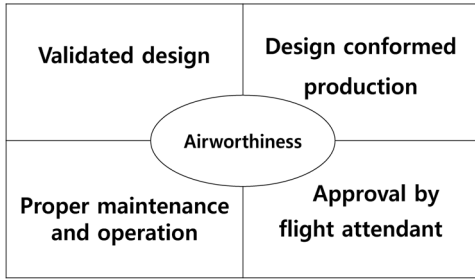
자료 분석, 위험 관리 기술 등이 적용되어 항공기를 안전하게 운용하는 데 도움을 주고 있다[28].



<Figure 1> Work Breakdown Structure of Military Aircraft

### 2.2 항공기 감항 인증

항공기는 공중 공간을 비행하므로 사고가 발생하면 많은 인명과 재산 피해 그리고 국제적인 문제가 발생할 수 있으므로 항공무기 체계 개발 사업은 안전성 확보에 대한 중요도가 매우 큰 분야라고 할 수 있다. 따라서 안전성을 확보하기 위한 법, 규정·절차에 따른 인증이 수행되어야 하고, 항공기에 대한 인증 기술은 개발 항공기와 부품에 대해 동시에 확보해야 하는 기술로 경제성과 함께 안전성에 대한 보장이 필요하다. 이에 감항 체계가 마련되어 있는 각 국가는 감항 당국이 항공기와 부품의 법적 인증 제도와 자국의 실정에 맞추어 제도화하고 있다[18]. 항공기 안전을 담보하기 위해 군용 항공기는 개발 과정에서 「군용항공기 비행안전성 인증에 관한 법률」로 인증 과정을 진행하고, 설계 부적정 등으로 인한 사고를 방지하기 위해 설계 검증 등 관련 인증을 수행하고 있다.



<Figure 2> Conceptual Map of Airworthiness Certification [12]

<Figure 2>와 같이 우리나라의 『군용항공기 비행안전성 인증에 관한 업무 규정』에서는 감항성 원칙을 “① 항공기 시스템 설계는 승인된 감항 인증 기준을 충족해야 한다. ② 항공기 체계가 승인된 설계에 따라 제작되어야 한다. ③ 항공기 체계가 승인된 문서 및 절차에 따라서 자격이 있는 정비사 및 비행승무원에 의해 유지·운영되어야 한다. ④ 항공기 체계가 안전한 운용 상태에 있음을 비행승무원이 수락하여야 한다.”와 같이 규정하고 있으며, 비행 안전성 확보를 위해 감항 주관 기관 등을 두고 있다.

### 2.3 연구개발 리스크 관리

위험 관리에서는 단순히 위험을 관리하는 것이 아니라 위험을 제거함으로써 기회를 얻을 수 있다[10]. 프로젝트 관리에서 위험 관리를 언급하고 있지만 일반적인 내용으로 실무자가 활용하기에는 부족한 측면이 있다. 위험 관리 접근 방식 목표는 불확실성을 관리하고 군에서 요구하는 능력을 제공할 수 있도록 하는 데 있다[10]. 비판적 사고를 통한 프로그램 내의 기술 구현 가능성 등 위험 관리를 어떻게 수행할지는 프로젝트 매니저 능력에 달려 있다. 리스크 관리는 프로젝트 관리와 시스템엔지니어링의 필수적인 부분으로 프로젝트 매니저는 리스크를 관리하여 제한된 자원으로도 최대의 효과를 거둘 수 있도록 조직의 역량을 집중시켜야 한다[11].

방위사업의 리스크 관리는 요구 사항의 수립 및 정립과 평가로 시작하는데 이는 기술적 리스크 감소 단계의 계획과 실행을 포함한다. 능동적인 리스크 관리는 리스크를 미리 식별하여, 부족한 자원을 필요한 곳에 미리 투자하는 것이다. 프로젝트 매니저는 리스크를 식별하고 통제해야 하며, 단순히 리스크를 관찰하고 발생한 리스크에 대해 반응해서는 안 된다. 발생할 수 있는 부작용을 예측하고, 발생 확률을 평가하므로 비용 및 일정 영향을 이해하고 미리 행동을 취하는 것이 효과적인 위험 관리의 핵심이다. 위험 관리는 프로그램의 수명 전체에 걸쳐 수행되어야 하며, 위

험의 양상에 따라 전략을 조정해야 한다. 제약된 실행 과정 내에서 리스크 관리에 성공하려면 계획 수립과 더불어 재원이 필요하며, 운용·획득·기술 커뮤니티 간의 초기 협업을 바탕으로 선행연구 단계 또는 그 이전 단계부터 초기에 구현해야 한다. 목표는 구조와 내용에 대한 위험을 식별하고 완화 전략을 개발하는 것이다. 리스크 관리의 실천은 프로그램 관리의 중요한 측면을 담당하며, 시스템 엔지니어링, 모델 및 시뮬레이션, 요구 사항 정의, 개발 및 운영 테스트, 획득 가치 관리, 생산 계획, 품질 보증 및 물류 등 모든 분야에서 도출된다. 리스크 관리에 성공하려면 톱다운(프로그램 리더십)과 바텀업(실무 직원 출신)이 모두 필요하며, 프로젝트 매니저들은 자신의 프로그램에 참여하는 모든 사람이 위험 관리 프로그램에 대한 주인의식을 갖도록 독려해야 한다. 일방적 전달 문화가 형성되지 않도록 주의해야 하며, 모든 직원은 위험, 문제 및 기회를 식별하고, 적절한 경우 분석, 완화 및 모니터링 활동을 지원할 것을 권장해야 한다[24]. 아울러 기업 관리자가 수립한 목표와 지원 조직은 작업 조직에서 발생할 수 있는 갈등, 의사소통 및 관리 문제를 최소화해야 한다. 의사소통 문제는 최근 모든 재난의 특징이며 정보는 두 방향으로 흘러야 한다. 정책, 기대, 우선순위 등에 대한 정보가 모든 다양한 수준으로 전달되어야 하며, 성능 모니터링을 위한 피드백 정보는 시스템의 다양한 방법을 통해 기업 상부 조직으로 다시 돌아와야 한다[7].

프로세스에 따라 리스크 관리 작업을 수행하는 것은 다르지만, 중요한 것은 목적물에 대해 관련 지식과 경험을 가진 담당자가 프로그램을 성공적으로 달성하기 위해 리스크를 식별하려는 노력이 필요하다. 또한 객관적인 관점에서 독립적인 검토자들이 설계 검토를 수행한다면, 프로그램 위험 관리의 효율성을 강화할 수 있으며 잘 이해된 요구 사항이 가치 있는 제품이 되고 통합된 일정과 획득 가치 관리, 독립적인 비용 추정, 그리고 문제를 드러내어 실마리를 파고드는 집념 등이 모두 성공 가능성을 높이는 데 기여한다[25]. 가장 중요한 것은 프로그램 위험 완화 계획의 효과와 프로세스 자체가 아니라 프로그램 목표 실현을 위해 실제 위험을 감소시키는 것이다. 위험 관리 프로세스의 단계는 일반적으로 라이프사이클에서 여러 위험 요소와 이슈 관리에 적용할 수 있으며, 일반적으로 각 단계에 취해지는 구체적 내용은 프로그램에 따라 달라진다. 특정 조치에 대한 차이는 개별 위험의 유형, 이용할 수 있는 정보와 도구, 달성해야 하는 결과, 입증해야 하는 성숙도와 안전성, 완화 노력 이후 감내할 수 있는 잔류 위험의 변화로 인해 발생한다[10, 13].

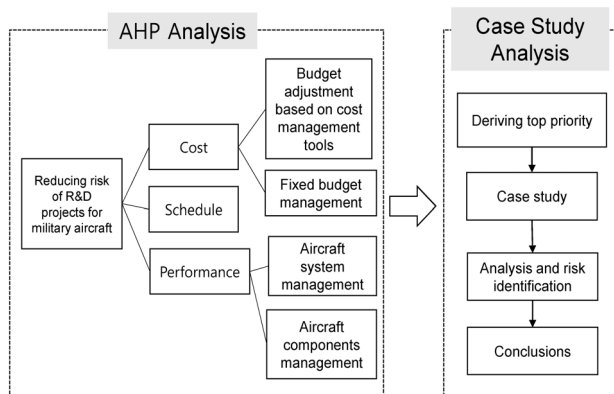
새로운 품목을 개발하는 프로젝트에서 리스크 관리가 성공하기 위해서는 체계적이고 형식화된 과정, 전체적인 것을 기능적으로 교차 검토, 시의적절하고 반복적인 리스

크 관리, 유연하면서 프로젝트에 맞춤형 리스크를 포괄적이고 투명한 관리 등을 실현하는 문화가 일상화되어야 한다[2]. 이러한 단계를 통한 효과적인 리스크 관리는 정확하고 완벽한 위험 식별이다. 위험 관리의 중요한 절차는 프로젝트 매니저가 마주하고 있는 실질적인 위험요인이 무엇인지를 인지하여 식별하는 것이다. 위험요인을 시나리오화해 식별·파악하고 이것을 세밀하고 정확하게 관리할수록 사업 실패는 최소화될 것이다[19, 33]. 또한, 기술적 달성 여부에 대한 리스크를 성공적으로 처리하려면 진화하는 리스크 관리 도구와 함께 구조화된 프로세스를 사용하여 모니터링과 대응적 접근을 지속적으로 수행하여야 한다. 프로젝트에서 과학적이고 기술적인 중요도가 높을수록, 내재된 리스크가 커질수록 관리적인 관점에서 성공적으로 관리될 가능성이 높다[4].

### 3. 연구 설계

#### 3.1 연구 절차 설정

본 연구는 <Figure 3>과 같이 AHP 기법의 활용을 위해 군용 항공 전문가(관련 항공 사업 관리 경력 3년 이상)를 상대로 설문 조사를 수행한다[26]. AHP 분석을 통하여 가중치와 중요도에서 가장 우선시되는 항목을 선별하고, 추가로 실질적 리스크를 식별하기 위해 사례 조사를 수행하며, 리스크 요소 분석 및 실제 사례를 통해 리스크 관리 방안을 제시하고자 한다.



<Figure 3> Research Procedure

AHP 분석기법은 정성적으로 의사결정 사항이 다수일 때 우선시되는 개체를 계층화한 후 각 계층의 중요도를 결정해가는 다기준 의사결정 기법이며, 평가자는 고도의 전문성이 필요하다[32]. 따라서 항공무기체계 연구개발 사업의 리스크 관리를 위해 가중치가 높은 요소를 파악

하고 제시하는 데 가장 적합한 연구 방법 중의 하나라고 할 수 있다.

AHP 분석을 위해 <Table 1>과 같이 최상위 1계층 달성 목표는 ‘항공무기 체계 연구개발 사업 리스크 감소’로 설정하였다. 2계층은 방위사업관리규정, 국방전력발전업무 훈령, 시스템 엔지니어링 기반의 위험 관리에서 사업 관리 주요 요소로 제시하는 비용, 일정, 성능으로 설정하였다[6, 8, 16]. 3계층은 방위사업청 항공 전문가 인터뷰 결과를 반영하여 일정 요소를 제외한 비용과 성능 요소만으로 하위 계층을 구성하였다.

<Table 1> AHP Hierarchical Structure

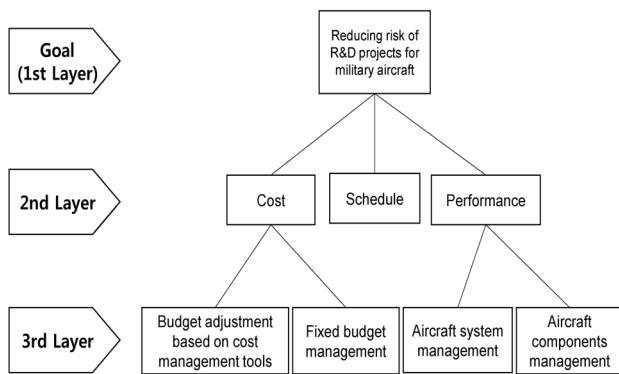
Layer	content	basis for application
1st Layer	Reducing risk of R&D projects for military aircraft	Goal to achieve
2nd Layer	Cost, Schedule, Performance	Defense project management regulations Order for defense force enhancement System engineering (SE) (US DoD Systems management college,) SE-based risk management (Defense Acquisition Program Administration(DAPA), 2018)
3rd Layer	Cost - Budget adjustment based on cost management tools - Fixed budget management Performance - Aircraft system management - Aircraft components management	Finding detailed elements through interviews with aviation experts at DAPA

계층적 분석 방법의 설문 대상은 군용항공 전문가로 구성하였으며, 조사의 전문성을 확보하기 위해 군용 항공 사업 관리 경력 3년 이상인 항공 전문가 11명을 대상으로 하였다. 설문 조사 대상 인원은 모두 방위사업청에서 근무 중인 인원으로 구성하였으며, 담당 직무는 항공 사업 관련 분야 중 연구개발 사업, 구매 사업, 항공기 개조개발 사업, 항공기 감항 인증에 대한 전문적인 지식과 경험을 가지고 있는 관련자로 선정하였다. 항공 관련 사업 근무 연수의 분포는 3~6년 5명(45%), 7~10년 3명(27%), 14~17년 3명(27%)으로 나타났다. 항목으로 9점 척도를 사용하여 상대적인 중요도 판단을 할 수 있도록 하였다. AHP 설문에 대한 신뢰도를 판단하기 위해 설문의 오차를 측정할 수 있는 일관성 비율을 본 연구에서는 0.2 이하로 적용하였다[17].

## 4. 결과 분석

### 4.1 AHP 분석 결과

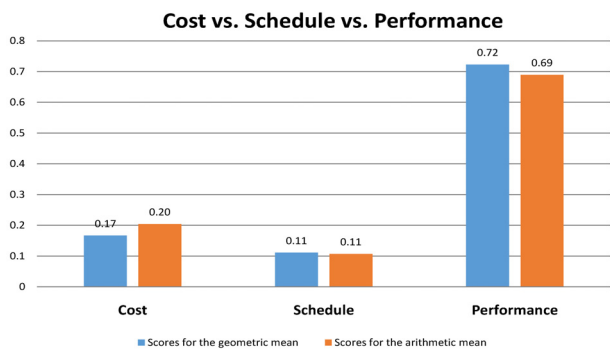
AHP 분석은 <Figure 4>와 같이 첫 번째 쌍대비교인 2계층에서는 우선순위와 중요도 분석 결과를 <Table 2>와 같이 도출 하였다. 이는 항공기 연구개발 사업 담당자가 비용, 일정, 성능 중에서 성능을 가장 우선시하고, 연구개발 사업 진행 과정에서 리스크를 줄이기 위해 성능을 집중적으로 관리해야 함을 의미한다(<Figure 5> 참조).



<Figure 4> AHP Hierarchy

<Table 2> AHP Result of cost, Schedule, and Performance

Evaluation factor	Priority	Importance
Cost	2	0.17
Schedule	3	0.11
Performance	1	0.72



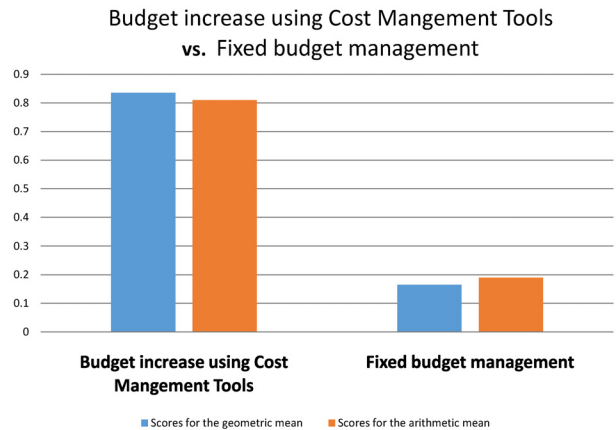
<Figure 5> Relative Importance among Cost, Schedule and Performance

3계층에서 비용에 대해 세부적으로 우선순위와 중요도를 분석한 결과 <Table 3>과 같이 도출하였으며, ‘비용 관리 도구를 사용한 예산 관리 및 증액’, ‘최초 계획된

예산 사용’의 순서로 중요도를 파악하였다. <Figure 6>에서 상대적인 중요도를 도식화하여 비교하였다. 표현한 바와 같이 비용 관리 도구를 사용한 예산 관리 및 증액이 최초 계획된 예산 사용보다 중요함을 나타내었다. 이처럼 예산 관리 측면에서 소극적인 계획 예산 사용보다는 연구개발의 특수성을 고려하여 실패하거나 재제작이 필요할 경우 재개발 비용의 투입 등 예산 증액 요소에 대한 적극적인 비용 관리를 통해 사업을 관리해야 한다는 것을 의미한다.

<Table 3> AHP Result of 3rd Layer of Cost

Evaluation factor	Priority	Importance
Budget adjustment based on cost management tools	1	0.84
Fixed budget management	2	0.16

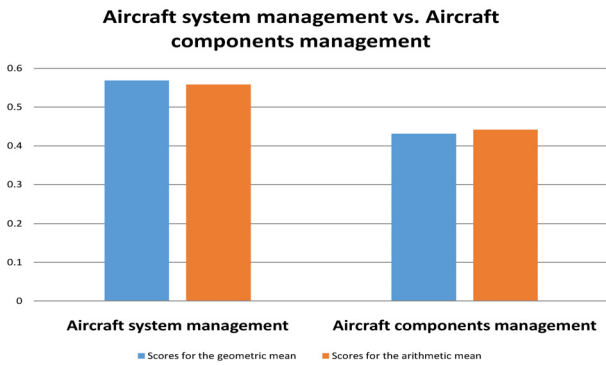


<Figure 6> The Relative Importance of Cost

3계층의 성능에 대한 우선순위와 중요도를 분석한 결과를 <Table 4>와 같이 도출하였으며, ‘군용항공기 상위 시스템 측면 관리’, ‘군용항공기 구성품 단위 관리’의 순서로 중요도를 파악하였다. 이는 항공기 연구개발 사업 담당자가 성능 부분에서 기술적으로 항공기 상위 시스템 관리를 우선시한다는 것을 의미하나, 중요도의 차이가 크지 않으므로 항공기 구성품 관리도 거의 비슷한 중요도로 병행 관리해야 함을 의미한다.

<Table 4> AHP Result of 3rd Layer of Performance

Evaluation factor	Priority	Importance
Aircraft system management	1	0.57
Aircraft components management	2	0.43



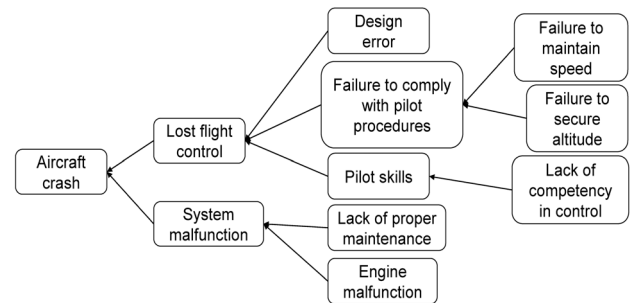
<Figure 7> Aircraft System Management vs. Component Unit Relative Importance

4.2 성능 관련 사고 사례조사

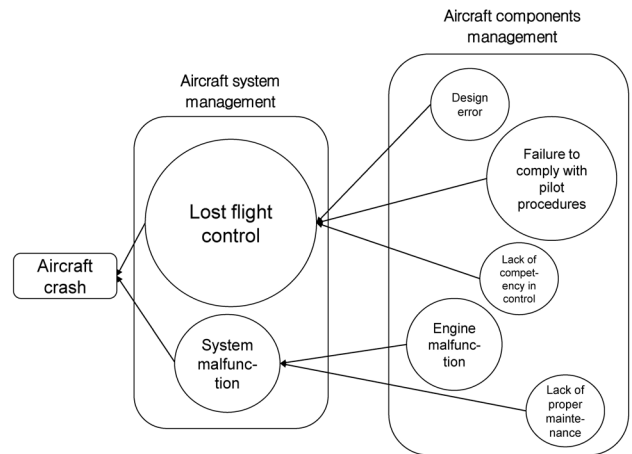
AHP 분석의 우선순위를 제시하는 것으로는 실무에서 직접적인 관리가 쉽지 않다. 이를 보완하고자 최우선 리스크 관리 요인으로 파악된 성능 측면의 실제 비행시험 사례 조사를 통해 사업 진행 과정에서 적용할 수 있는 리스크 식별 방안을 제시하기 위해 추가적인 사례 조사를 수행하였다. 항공기에서 비행 안전은 최우선으로 고려해야 할 부분이며[21], 항공무기 체계 연구개발 사업 중에서 가장 큰 리스크는 항공기 추락 사고로 볼 수 있다. 국외의 경우까지 포함하더라도 군용항공기 연구개발 사고 사례를 현실적으로 참조하기는 어렵다. 이에 대한 대안으로 미국의 상업용 항공기 개발 프로젝트의 비행시험 과정에서 발생한 사고 사례를 조사하였다. 비행 시험의 목적은 모든 항공기 기동을 통하여 항공기의 조종 가능 범위를 결정하고 위험 비행 특성이나 설계 특성을 찾아내는 것이다. 이 데이터를 사용하여 항공기의 성능을 지정하고 운용 범위를 정의하는 비행 교범을 개발한다[5, 14]. 조사 방법은 미국의 연방 교통안전위원회(National Transportation Safety Board, NTSB)의 자료를 바탕으로 검색한 결과 미국의 개발 과정에서 발생한 항공기 사고 28건을 파악하였고 이에 대한 사례를 조사·분석하였다. 분석 결과 추락으로 발생하는 상위 개념과 시스템적으로 상관관계가 있는 하위 요소를 도출할 수 있었다. <Figure 8>과 같이 두 가지 상위 추락 요인으로는 비행 제어 상실과 시스템 오작동으로 구분할 수 있다. 비행 제어 상실은 28건의 사고 중 17건으로 가장 많은 사고 요인으로 조사되었으며, 시스템 오작동은 6건으로 조사되었다.

비행 제어 상실 부분을 분석한 결과 설계 부적정 요인과 조종사의 절차 미준수로 인한 요인 그리고 조종사 역량 요인으로 조사되었다. 또한 상업용 항공기의 경우 국제민간항공기에서도 사고 발생 카테고리에 비행 제어 상실 분야를 고위험군으로 식별하고 있다[20]. 아울러, 조종사

의 절차 미준수에는 항공기 속도 부적정과 고도 미확보로 나눌 수 있다[3, 9, 13]. 항공기 속도를 부적정하게 유지하여 사고를 유발한 건수는 7건으로 단일 원인으로 가장 많았으며, 고도 부적정으로 인한 사고 건수도 3건으로 조사되었다. 시스템 오작동은 엔진 고장 3건 정비 부적정 1건 등으로 엔진 고장이 시스템 오작동에서 가장 큰 비중을 차지하였다. <Figure 9>는 사고 사례 비율을 원의 크기에 비례하여 나타내었으며, 조사된 항공기 상위시스템 관리는 비행 제어 상실 부분과 시스템 오작동에 관련된 분야로 구분할 수 있고, 하위 구성품 관리 측면에서는 조종사 절차 미준수, 설계 부적정, 조종사 역량 부족, 엔진 고장, 정비 부적정 등으로 나눌 수 있다.



<Figure 8> Accident Structure of NTSB Cases



<Figure 9> System Management at Top Level and Component Management at Bottom Level

4.3 사례 조사 분석 및 리스크 식별

AHP 분석 결과에서 최우선순위인 성능 측면에 해당하는 사고 사례 조사 분석을 통해 아래와 같이 주요 세 가지 리스크로 식별하였고, 리스크별 구체적인 관리 방안을 제안한다.



#### 4.3.1 비행 제어 상실 리스크

비행 제어 상실 분야는 하드웨어와 소프트웨어 및 인적 요인으로 구분할 수 있다. 하드웨어 비행 제어는 2장에서 언급한 WBS 상 날개와 꼬리날개에 해당하며, 날개와 꼬리날개에 장착된 에어론, 러더, 엘리베이터가 항공기 3축 운동을 제어한다. 비행 제어 계통은 항공기를 제어하는 중요하고 필수적인 계통으로 고장으로 인한 비행 제어 상실을 방지하고자 설계 당시부터 2중 안전설계를 고려하고 있다. 유압 계통, 전기 계통, 센서 계통이 이에 해당한다. 여기에서 주목할 점은 비행시험을 통해서만 발견되는 문제점일 것이다[30]. 각 항공기 개발 특성에 따라 다르겠지만, 특히 중요한 조종면 계통은 지상에서도 검증될 수 있도록 사업 관리자가 직접 확인해 나가야 한다. 비행시험을 통해서만 확인 가능한 항목을 식별했다면 꾸준히 관리하여 검토에 대한 피드백을 받아야 한다. 둘째, 소프트웨어 비행 제어는 항공기 임무 컴퓨터의 자동조종 기능이다. 소프트웨어를 통해 항공기가 자동으로 조종되는 기능으로 조종사 또는 작동 자가 고도, 속도, 방향 또는 도착지점 등을 설정하여 작동한다. 항공기는 바람의 방향, 온도, 공기밀도 정보 등을 센서를 통해 받아 자동으로 조종 계통을 조종한다. 아울러 현대의 항공기로 갈수록 항공전자 장비의 대부분은 소프트웨어가 통제하는 방식으로 발전되고 있다. 장비의 소프트웨어 사용 부분은 계속해서 늘어나고 있는데, 개발 과정에서 소프트웨어 검증이나, 인증되지 않은 소프트웨어 사용은 항공기 안전에 치명적인 결과를 초래하므로 사업 관리자는 사업에서 소프트웨어 개발 과정을 리스크 관리 항목으로 식별하여 관리해야 한다. 마지막으로 항공 사고의 인적 오류에 의한 사고는 75~85%를 차지하고 있으며, 개발 과정에서의 시험비행은 일반 비행보다 더 어렵고 신중해야 하는 부분이다. 비행 정보의 부족뿐만 아니라, 예기치 않은 상황에서의 대처 능력까지 필요하므로 충분한 역량을 보유해야 한다. 사업 관리자는 고도와 속도를 유지하지 못하는 분야를 파악하고, 능력 있고 경험이 풍부한 시험비행 조종사를 선발할 수 있도록 노력해야 한다. 더불어 개발 항공기에 대한 충분한 훈련이 될 수 있도록 보장해야 하며, 비정상 상황 발생 시 대응 절차가 수립되었는지 확인하고, 수립되어 있지 않다면 그 절차를 수립하도록 지시하여야 한다. 개발 항공기에서 가장 큰 리스크로 작용하는 만큼 인적 오류에 대한 문제점들을 우선순위화하여 리스크를 관리해야 한다.

#### 4.3.2 시스템 오작동 리스크

시스템 오작동은 시스템이 원래의 목적대로 작동하지 않는 것으로 오작동을 방지하기 위해 항공기 관리 시스템은 계획적인 주기로 정비 및 점검을 수행한다. 그러나 개발하고 있는 항공기는 유지보수 계획을 만들어 가는 과정

으로, 연료, 오일시스템, 전기 시스템 등 비행체의 세부 요소를 정밀하게 점검해야 한다. 개발 중에는 명백한 정비 절차 수립 전이라는 리스크를 식별한 후 어떤 시스템에서 고장 징후가 발생하는지와 그 원인은 무엇인지를 명백하게 밝혀서 이차적인 문제로 확산하지 않도록 해야 한다. 불확실한 원인 규명은 2차 피해로 이어져 더 큰 사고로 확산될 가능성이 크므로 개발 중 결함은 목표 일정 계획 등의 이유로 무시되지 않도록 사업 관리자가 원칙을 설정하여 모두의 동의하에 결함을 확실히 종료 처리하고 다음 단계로 진행해야 한다.

#### 4.3.3 하위 구성품 리스크

항공무기 체계 연구개발 사업 관리자가 모든 리스크 요소를 관리하는 것은 불가능하므로 하위 구성품 측면은 제조사 등 협력 업체에서 적극적인 관심을 가지고 리스크를 관리해야 한다. 리스크 요인 중 설계 부적정은 광범위하게 발생할 수 있는 리스크로서 항공기에서는 감항 인증을 통해 이 부분을 보완하려고 하고 있다. 그러나 리스크 관리 관점에서 비행 제어 상실 부분이 발생할 수 있는 액츄에이터, 전기 구동기 등 부품 단위에서 발생할 수 있는 세부적인 설계 문제점 등은 사업 관리자가 식별하고 관리할 수 없으므로 제조사에서 특별히 관리해야 할 것이다. 특히 엔진 고장이나 정비 요소 발생 시 협력 업체가 정비를 수행하므로, 제조사별 사업 관리자가 리스크를 관리할 수 있도록 해야 한다. 또한, 조종사 관련 리스크는 굉장히 중요한 문제로 정부 측 사업 관리자와 협력 업체가 모두 관심을 가지고 성능 관점에서 비행 경험이 많고 기술적으로 유능한 인력을 확보할 수 있도록 노력하고 훈련될 수 있도록 하여야 한다[22].

## 5. 결 론

본 연구의 학술적 의의는 항공무기 체계 연구개발 사업과 관련하여 중요성과 우선순위 관점에서 비용, 일정, 성능과의 관계를 AHP 분석을 통해 정량적으로 정립했다는 점이다. 이는 기존 항공무기 체계 연구개발 사업 관리자가 사업의 중요 관리변수에 대한 우선순위를 정성적으로 결정하는 방식에서 벗어나 사업 성공의 주요 변수에 대한 중요도와 우선순위를 데이터에 기반한 객관적인 방법으로 결정하고, 사업 관리자가 계획 및 리스크 관리를 어떻게 바라보고 준비해야 하는지에 대한 토대를 제공했다는 것을 의미한다. 특히 본 연구에서 사용된 설문데이터는 관련 인력의 회소성과 연구 주제의 속성상 관련 데이터가 비공개되는 경우가 많아 선행 연구 결과를 찾기가 쉽지 않다. 본 연구는 AHP를 활용한 체계적인 연구 방법으로 연구

결과를 도출하고 구체적인 관리 방안을 제언한 연구로서 향후 관련 연구에 대한 기초적인 연구의 자료로서 활용될 수 있을 것이다.

본 연구의 실무적 의의는 AHP 기법을 통해 사업 리스크 관리에 대한 주요 변수의 우선순위와 중요도만을 도출한 것이 아니라 실제 비행 사고 사례를 바탕으로 구체적인 리스크 식별 항목을 파악하여, 실질적인 리스크 관리 방안을 제시했다는 데 있다. 이는 사업 관리자가 사업 관리 방법적 측면인 프로젝트 매니지먼트와 시스템엔지니어링을 성능 관점에서 계획하고, 리스크 식별 항목들을 관리한다면 실질적으로 성공적인 사업으로 가는 데 의미 있는 효과가 있을 것으로 예상된다.

결론적으로 항공무기 체계 연구개발 사업 관리자는 리스크 감소를 위해 일정, 비용, 성능 중 성능에 약 70%의 우선순위와 중요도를 바탕으로 사업 관리를 위한 인원 및 자원을 할당해야 하며, 항공기 상위시스템 측면의 비행 제어 상실과 시스템 오작동 분야의 리스크를 효율적으로 관리해 간다면 항공기 연구개발 사업의 리스크를 의미 있는 수준으로 감소시키고 성공적인 사업을 관리해 나아가는 데 상당한 도움이 될 것으로 기대한다.

## References

- [1] Ahn, O., A Study on the Distinct Feature of Aircraft Industry and the Industrial Environment - Initial Study, *Current Industrial and Technological Trends in Aerospace*, 2012, Vol. 10, No. 1, pp. 49-66.
- [2] Akram, M. and Pilbeam, C., Critical success factors for effective risk management in new product development, *Proceedings of 2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management*, IEEE IESM 2015, pp. 1205-1212.
- [3] Alligier, R. and Gianazza, D., Learning Aircraft Operational Factors to Improve Aircraft Climb Prediction: A Large Scale Multi-Airport Study. *Transportation Research Part C Emerging Technologies*, 2018, Vol. 96, pp. 72-95.
- [4] Archer, T., Ventresca, C., Dehoff, B., Rapson, B., Enghausser, B., Kesling, B., and Rx, A., A Fresh Look at Risk in S & T A Systems Engineering Approach, The Air Force Research Laboratory, *14th NDIA Systems Engineering Conference*, San Diego, 2011, 88.
- [5] Aviation Safety Policy Division of the Ministry of Land, *Infrastructure and Transport*, Flight Theory, 2016.12.
- [6] Bond, C. A., Mayer, L. A., McMahon, M. E., Kallimani, J. G., and Sanchez, R., Developing a Methodology for Risk- Informed Trade-Space Analysis in Acquisition, *RAND Corporation*, 2015.
- [7] Burrage, K., Risk management in safety critical areas, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 1995, Vol. 61, No. 2-3, pp. 229-256.
- [8] Choi, M.J., Na, H.Y., and Lee, S.H., A Study on Performance Risk Measurement for the Defense R&D Program, *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, 2009, Vol. 12, No. 3, pp. 309-316.
- [9] Daidzic, N. E., Optimization of Takeoffs on Unbalanced Fields using Takeoff Performance Tool, *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 2016, Vol. 3, No. 3.
- [10] Defense Acquisition Program Administration, SE-based risk management guidebook, 2018.
- [11] Defense Acquisition Program Administration, System Engineering Guidebook, 2007.
- [12] Department Of Defense, Operational Safety, Suitability, & Effectiveness for the Aeronautical Enterprise, MIL-HDBK-514(USAF), 2003.
- [13] Egbert Torenbeek, Cruise performance and range prediction reconsidered, *Progress in Aerospace Sciences*, 1997, Vol. 33, No. 5-6, pp. 285-321.
- [14] FAA, Advisory Circular (AC90-89B), In Advisory Circular (AC90-89B), 2015.
- [15] FAA, Aviation Maintenance Technician Handbook - Airframe Volume 1. Aviation Maintenance Technician Handbook - Airframe, 2018, 1-588.
- [16] Han Changhwan, A Study on the Process of NASA Technical Risk Management for System Development, *Current Industrial and Technological Trends in Aerospace*, 2015, Vol. 13, No. 2, pp. 92-106.
- [17] Hong, J.M., A Study on the Evaluation Items of New and Renewable Energy of Private Companies Applying AHP Techniques, *Korean Energy Economic Review*, 2011, Vol. 10 No. 1, pp. 115-142.
- [18] Hong Seungtaek., A Study on Airworthiness Certification System for Aircraft Development [dissertation], [Seoul, Korea]: Korea Aerospace University, 2012.
- [19] Hwang SungHwan, Ahn TeaHo, An Empirical Study on Risk factors in Defense R&D Projects, *Journal of the Korea Management Engineers Society*, 2014, Vol. 19, No. 3, pp. 71-85.
- [20] ICAO, A Coordinated, Risk-based Approach to Improving Global Aviation Safety, 2014.



- [21] ICAO, Doc.10004 Global Aviation Safety Plan 2020-2022 EN. In Icao. 2019.
- [22] Jang Youngbae, A Study on the Effect of External Risk Factors of Military Aircraft R&D Projects on the Performance of Project Management [dissertation], [Seoul, Korea]: Soongsil University, 2018.
- [23] Ju seong man., Introduction of aviation weapon system software and direction of development, *Journal of The Defense science & Technology Information*, 2014, Vol. 45, No. 3/4, pp. 6-18.
- [24] Kasap, D. and Kaymak, M., Risk identification step of the project risk management, *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology*, 2007, pp. 2116-2120.
- [25] Kendall, F., Department of Defense Risk, Issue, and Opportunity Management Guide for Defense Acquisition Programs/F. Kendall-Washington, DC, 2017 January, 20301-23030.
- [26] Korea the Department of Labor, A feasibility study on the comprehensive evaluation of the electronic card pilot project and the expansion of the business, Korea Labor Institute 2006.
- [27] Korea's Ministry of National Defense., Order for Defense Development, 2539(20210406).
- [28] Na, S.H., Sung, Y.Y., Chae Seonghee, Kim Misook, Jung Hyunsuk, Kim Kwanyeon, Kim Maengseon, Han Sanggil, Cheondubong., Air Accident Case Study 2007, A research report by the Korea Aviation Promotion Association, 2007.12, pp. 1-362.
- [29] Naor, M., Adler, N., Pinto, G.D., and Dumanis, A., Psychological safety in aviation new product development teams: Case study of 737 max airplane, *Sustainability (Switzerland)*, 2020, Vol. 12, No. 21, pp. 1-15.
- [30] Olson, Wayne M., Air Force Flight Test Center Edwards AFB CA, Aircraft Performance Flight Testing, Final rept., 2000.9.1.
- [31] Park, K.A., Optimization of aircraft industry structure and industrial development, *The Journal of Aerospace Industry*, 1999.12, Vol. 52, pp. 29-41.
- [32] Park. S.H., Oh, J.T., and Lee, S.Y., An AHP-based Assessment Criteria Decision System for National Research and Development Tasks, *Journal of Digital Convergence*, 2020, Vol. 18. No. 5, pp. 405-410.
- [33] Sage, A. P., Risk Management for Systems Engineering Risk Management, *Journal of Systems and Software*, 2004, Vol. 30, No. 1-2, pp. 3-25.

#### ORCID

Sung Hun Kim | <http://orcid.org/0000-0001-6126-3611>

Hyun Cheol Lee | <http://orcid.org/0000-0003-4698-065X>