

KUH-1 헬기의 상태감시시스템(HUMS) 안정화를 위한 요소와 우선순위 연구

박은영¹, 마정목^{2*}

¹국방대학교 국방사업관리학과, ²국방대학교 국방과학학과

A Study on the Factors and Priorities for Stabilizing Helicopter Health and Usage Monitoring System(HUMS) of KUH-1 Helicopter

EunYoung Park¹, Jungmok Ma^{2*}

¹Department of Defense Operations Management, Korea National Defense University

²Department of Defense Science, Korea National Defense University

요약 HUMS(Health and Usage Monitoring System)는 KUH-1 헬기에 장착된 최첨단 장비들을 실시간으로 모니터링하고 진단하는 시스템이다. 이 상태감시시스템은 품목 결함 및 잔여 수명주기를 즉시 알려주면서 정비효율성과 비행안전성의 신뢰성을 확보하는데 기여하고 있다. 그럼에도 불구하고 상태감시시스템을 효율적으로 활용하기 위한 연구가 부족함에 따라 본 연구는 상태감시시스템의 안정화에 영향을 미치는 요소를 도출하고 우선순위를 제시하는 것을 목표로 하였다. 특히, 신뢰할 수 있고 객관적인 우선순위를 제시하기 위하여 KUH-1 상태감시시스템과 관련된 업무를 직접 수행하는 담당자를 대상으로 구조화된 설문 조사를 실시하고, Analytic Hierarchy Process(AHP)를 활용하여 분석하였다. 본 논문의 결과는 향후 상태감시시스템의 사용 증가에 따른 관리 및 운영 시스템 구축에 중요한 영향을 미칠 것으로 판단된다. 그리고 후속 연구에서는 상태감시시스템의 안정화에 영향을 미치는 요인과 우선순위를 중심으로 상태감시시스템의 안정화 수준을 측정하여 제시하는 연구를 할 것을 제언한다.

Abstract A HUMS (Health and Usage Monitoring System) monitors and diagnoses the latest equipment installed in the KUH-1 helicopter in real-time. This system has contributed to the reliability of maintenance efficiency and flight safety by immediately notifying defects and remaining life cycles of items. Nevertheless, there has been little research on the efficient use of HUMS. This paper presents the factors that affect the stabilization of HUMS and their priorities. For reliable and objective priorities, a structured survey was conducted on those in charge of directly performing the tasks related to HUMS, and Analytic Hierarchy Process (AHP) was used for the analysis. The priority result can be used to establish management and operating systems to increase the use of HUMS in the future. A follow-up study will be needed to measure the stabilization level of HUMS, focusing on the factors and priorities that affect the stabilization of HUMS.

Keywords : Health and Usage Monitoring System, Stabilization Factors, Priority, KUH-1, Flight Safety

*Corresponding Author : Jungmok Ma(Korea National Defense Univ.)

email: jxm1023@gmail.com

Received March 22, 2022

Accepted July 7, 2022

Revised April 22, 2022

Published July 31, 2022

1. 서론

1.1 연구배경

우리나라는 한국형 헬기 개발 사업을 통해 KUH-1 (Korean Utility Helicopter) 헬기를 개발하면서 세계 11번째로 헬기를 자체 개발하고 생산하는 국가가 되었다. KUH-1 헬기는 디지털 항법 장비, 자동조종 비행장치, 최첨단 생존 장비 등을 장착하고 있으며, 주야간 및 약천후에도 군의 병력수송, 공중강습 등 각종 항공작전 임무를 수행하면서 우수한 성능을 입증하였다. 특히, 최첨단 장비들에 대한 결함과 잔여 수명주기를 실시간으로 알려주는 상태감시시스템(HUMS : Health And Usage Monitoring System)을 국내 최초로 장착하였다. 이 상태감시시스템은 KUH-1 헬기의 정비 효율성 및 비행 안전성의 신뢰성을 확보하면서 그 중요성은 점점 더 강조되고 있다.

상태감시시스템은 항공기의 상태와 운용 정보를 감시, 획득, 처리 및 저장하고, 주의, 초과사항 및 항공기 운용 이력을 조종실 내의 시현장치에 시현한다. 그리고 동력 전달 계통, 엔진 및 기체 진동 데이터와 로터 트랙 및 균형 제어 데이터를 활용하여 지상 분석 장비에서 진동 분석을 실시하고 이상 징후를 발견할 수 있다. 따라서 국내에서 유일하게 회전익 항공기의 안전성과 신뢰성을 확보할 수 있는 획기적인 기술이 되었다. 그러나 KUH-1 헬기 전력화 이후 10여 년이 지난 지금까지도 상태감시시스템의 활용에 대한 전문성과 정비 운용 및 관리체계 구축은 현저히 부족한 실태이다. 상태감시시스템을 전문적으로 분석 및 관리하는 담당자와 이를 위한 교육시스템도 구비되어 있지 않다. 또한 최초 도입된 이후로 시스템의 업그레이드 및 데이터 분석을 위한 자료수집 시스템도 구축되지 않아 효율적 활용에 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 따라서 상태감시시스템의 안정화를 위한 요소를 도출하고 우선순위를 분석하는 것이 필요하다. 그러나 지금까지는 상태감시시스템의 안정화에 영향을 미치는 요소를 체계적으로 도출하여 제시한 연구는 거의 이루어지지 않았으며, 기존 연구들은 상태감시시스템의 헬기 정비 관리 발전방안, 효율적 운용방안에 중점을 두었다[1,2].

따라서 본 연구에서는 상태감시시스템의 안정화에 영향을 미치는 요소를 도출하고, 우선순위를 제시하여 상태감시시스템의 전문성과 정비 운용 및 관리체계 구축에 도움이 될 수 있는 실증적 연구를 목표로 한다. 이를 위

해, 먼저 상태감시시스템과 관련된 선행연구를 통해 안정화에 영향을 미칠 수 있는 요소를 체계적으로 파악하고자 한다. 그리고 안정화 요소를 재구성하여 구조화된 설문지를 통해 10년 이상 직접적으로 상태감시시스템 관련 업무를 수행한 30명의 전문가에게 설문조사를 실시하고자 한다.

1.2 이론적 배경: 계층적 의사결정방법론(AHP)

AHP(Analytic Hierarchy Process)는 Thomas L. Saaty 교수에 의해 인간의 뇌가 의사결정을 할 때 계층적 분석이나 단계적 과정을 활용한다는 것에 착안되어 개발되었으며, 의사결정을 할 때 계층적 구조화 및 논리적 일관성, 상대적 중요도 산정으로 일관성을 유지한다[3]. AHP는 의사결정의 문제가 다수의 평가 기준으로 그룹화되어 있을 때 평가 기준을 구조적으로 계층화하여 층계에 따른 중요도를 선정해 나가는 방식이며, 보통 소수의 전문가 집단을 대상으로 조사가 진행된다[4].

AHP의 논리적 일관성은 평가하는 사람의 판단에 따른 유의성을 측정하는 것이다[5]. 의사결정 이론에서 전이성(transitivity)이라는 개념을 보면, 비교해야 할 ⑦, ⑧, ⑨의 세 개 요소가 있을 때 평가하는 사람이 ⑦>⑧ 또는 ⑧>⑨라고 응답하면 AHP 분석자는 ⑦>⑨라고 판단해야 한다. 그러나 ⑧>⑦라는 모순된 결과가 나타날 수 있는데 이런 전이적 모순을 측정하고 삭제 또는 재검토하는 것이 AHP 일관성의 개념이다. 일관성비율(CR: Consistency Ratio)의 측정 방법은 일관성지수(CI: Consistency Index)를 무작위지수(RI: Random Index)로 나누어 산출하여 검정한다. 흔히 일관성지수 값이 0.1(10%)이내에 있으면 쌍대비교 값이 일관성이 있다고 판단하고, 0.2(20%)이내의 경우는 허용이 가능한 수준이다. 그러나 그 이상이면 일관성이 떨어지는 것으로 판단하고 재평가를 실시하는 것이 일반적이다.

1.3 기존연구 고찰

상태감시시스템 안정화에 영향을 주는 요인으로 정비 기술, 설계, 비행안전, 운용 측면에서 선행연구가 이루어졌다.

먼저 정비기술 강화 측면에서 송재훈 등 6명[6]은 항공기의 고장진단과 고장검출 및 공탄성 해석으로 진동 심화영역 분석 등 기술을 개발하여 상태감시시스템 시제품 제작, 시험평가 수행하는 것을 설명하였고, 임형장[7]은 다양한 센싱 기술과 저장장치를 통해 항공기에 최적

화할 수 있다고 강조하였다. 정해승[2]은 시간 도달 예방 정비 개념이 아닌 실시간 상태 감시를 통한 신뢰성을 기반으로 예측 정비의 개념을 가진다고 보고하였으며, 김용간[8]은 상태감시시스템 체계를 활용한 항공기 이력 관리와 정비 결산 관리를 철저히 해야 한다고 강조하였다.

설계적인 강화 측면에서는 송재훈 등 6명[6]은 항공기 데이터 획득과 처리 관련 알고리즘, 하중 이력 예측방안 등의 기술을 개발하여 상태감시시스템 시제품 제작과 시험평가를 수행하는 것을 설명하였으며, 최영록[9]은 KUH 전기체 정하중 시험에서 변위 측정 센서 위치 변경 설치로 오차를 최대한 줄이고, 좀 더 정확한 결과 획득 및 데이터 신뢰도 향상에 도움이 될 것이라고 강조하였고, 모니터링 시스템 구축으로 시험하중 증가 변화에 따른 변화 값을 기록 감시할 수 있다고 주장하였다. 윤정용[1]은 해외의 상태감시시스템 적용 우수사례를 발췌하여 상태감시시스템의 핵심기술 알고리즘 및 진동특성에 따른 분석기술에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 보고하였다.

비행안전 강화 측면에서 송재훈 등 6명[6]은 항공기 피로 스펙트럼 해석 등의 기술을 개발하여 상태감시시스템의 시제품 제작과 시험평가를 수행하는 것을 강조하고, 실시간 상태감시를 위한 알고리즘 개발 및 주요 사고 원인 파라미터를 선정하여 항공기 사고 예방을 위한 기술 인프라를 구축하는 것을 설명하였다. 임형장[7]은 비행 시마다 주요 구성품 상태를 항상 모니터링하여 항공기의 임계 상황을 예방하고, 상태감시시스템의 소모성 부품의 피로 진행 여부 수준을 가늠해 주는 것을 확인하였으며, 김용간[8]은 조종사는 비행중 발생한 오류와 경고에 대한 사항을 공유하고 상황 발생시 조치사항을 꾸준히 연구해야 한다고 강조하였다.

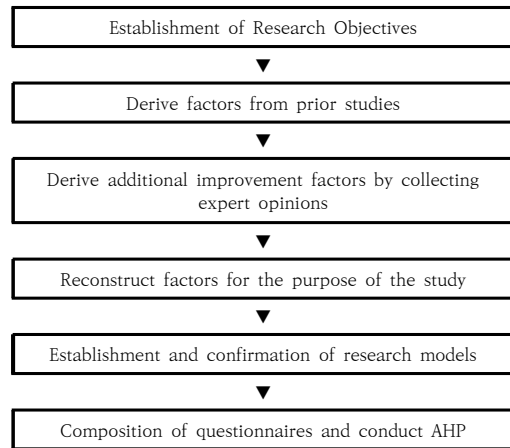
운용적인 강화 측면에서는 윤정용[1]은 상태감시시스템의 안정화를 위한 장시간 동안의 데이터 획득을 통하여 기술자료의 업그레이드와 다양한 분석의 장치가 개발되어야 한다고 강조하였으며, 김재수[10]는 경제적, 기술적인 파급효과는 상당히 크다고 보기 때문에 연구 연속성과 차기 모델 개발은 지속적으로 시행되어야 한다고 주장하였다. 김정래[11]는 수명주기 간 완벽한 운영유지를 위한 3단계(부대/야전/창)의 정비체계를 설명하였고, 최윤식[12]은 실시간으로 안전진단시스템 역할을 충분히 수행할 수 있도록 전문적인 분석 요원을 양성함으로써 데이터의 정확한 분석을 통하여 결함 발견이 용이할 수 있다고 결론지었다.

2. 본론

2.1 연구모형 설계과정

본 연구의 목적은 KUH-1 헬기의 상태감시시스템 안정화에 영향을 미치는 요소들 간의 우선순위를 평가하기 위함이다. 이를 위해 다수의 대안들 중 우선순위를 제공하는데 주로 사용되는 AHP기법을 활용하였다. 연구 모형의 설계 과정은 Table 1과 같다.

Table 1. Research flow



첫째, 연구목표를 수립하고 안정화에 영향을 주는 요인을 도출하고자 상태감시시스템의 설계, 정비기술과 정비관리 및 시스템 안정화 운용에 관련 선행연구를 고찰하였다. 둘째, 선행연구를 통해 도출된 안정화에 영향을 주는 요인을 바탕으로 관련 전문가의 의견을 수렴하였다. 이를 통해 추가적인 내용과 연구관리 업무에 부합하는 역량들을 추가로 도출할 수 있었다. 셋째, 연구자가 연구목적에 맞게 요인을 재구성하여 연구 모형을 수립하였다. 마지막으로 연구 모형을 기반으로 구성된 설문지를 최종확정하고 설문조사를 실시하였다.

2.2 평가요인 설계

본 연구는 육군항공부대와 개발업체(KAI)의 전문가 의견 수렴을 통해 실효성 있는 현장 중심의 실무적인 의사결정에 도움이 되고자 하였다. 연구모형 설계를 위한 요인 도출은 상태감시시스템의 설계, 정비기술과 정비관리 및 시스템 안정화 운용방안 관련된 선행연구들을 참고하였으며, 육군항공의 특성이 반영되도록 일부 재구성하였다.

AHP의 1계층으로는 정비기술, 설계, 비행안전, 운용 측면으로 범주화하였다. 2계층은 1계층 주요 요인의 하위요인으로써 각 5개씩 총 20개의 평가요인으로 구성하였다.

정비기술 측면의 하위요인 5가지와 그 개념화는 다음과 같다. 항공기의 고장진단과 고장검출은 “항공기의 고장진단과 고장검출 등 기술을 개발하여 상태감시시스템 시제품 제작, 시험평가 수행하는 것”으로, 공탄성 해석으로 진동 심화영역 분석은 “항공기 공탄성 해석으로 진동 심화영역 분석 기술을 개발하여 상태감시시스템 시제품 제작, 시험평가 수행하는 것”으로, 다양한 센싱 기술과 저장장치 항공기 최적화는 “다양한 센싱 기술과 저장장치를 통해 항공기에 최적화하여 항공기 기체 결함 및 구성품을 진단하여 조종사와 정비사에게 제공하는 것”으로, 시간 도달 예방 정비가 아닌 신뢰성 바탕 예측 정비는 “이전의 시간 도달 예방 정비 개념이 아니고 실시간 상태 감시로 신뢰성을 기반으로 부품 고장 전에 교체 가능한 예측 정비의 개념을 가지는 것”으로, 항공기 이력관리 및 정비 결산은 “상태감시시스템 체계를 활용한 항공기 이력관리와 정비 결산 관리를 철저히 하는 것”으로 개념화하였다.

설계적인 측면의 하위요인 5가지와 그 개념화는 다음과 같다. 데이터 취득과 처리 관련 알고리즘은 “항공기 데이터 취득과 처리 관련 알고리즘 등 기술을 개발하여 상태감시시스템 시제품 제작, 시험평가 수행하는 것”으로, 변위 측정 센서 설치로 정확한 결과 및 신뢰도 향상은 “KUH 전기체 정하중 시험에서 변위 측정 센서 위치 변경 설치로 오차를 최대한 줄이고, 더 정확한 결과 획득과 데이터 신뢰도 향상에 도움이 되는 것”으로, 핵심기술 알고리즘과 진동특성 분석기술 개발은 “해외 상태감시시스템의 적용 우수사례를 발취하여 상태 감시시스템의 핵심기술 알고리즘과 진동특성에 따른 분석 기술을 연구하는 것”으로, 하중이력 예측방안은 “항공기의 하중이력 예측방안 등 기술을 개발하여 상태감시시스템 시제품 제작, 시험평가 수행하는 것”으로, 전기체 정하중 시험 증가 변화 값 기록감시는 “전기체 정하중 시험으로 모니터링 시스템을 구축함으로써 시험하중 증가 변화에 따른 변화 값을 기록 및 감시하는 것”으로 개념화하였다.

비행안전 측면의 하위요인 5가지와 그 개념화는 다음과 같다. 항공기 피로 스펙트럼 해석은 “항공기의 피로 스펙트럼 해석 등 기술을 개발하여 상태감시시스템 시제품 제작, 시험평가 수행하는 것”으로, 비행 중 발생 오류 및 경고 공유와 조치 사항은 “조종사는 비행 중 발생한

오류와 경고에 대한 사항을 공유하고 상황발생시 조치 사항을 꾸준히 연구하는 것”으로, 주요사고 원인의 파라미터 선정은 “실시간 상태감시를 위한 알고리즘 개발 및 주요사고 원인 파라미터를 선정하여 항공기 사고 예방을 위한 기술 인프라를 구축하는 것”으로, 비행 시 모든 기록을 통한 임계상황 예방은 “비행 시마다 주요 구성품 상태를 항상 기록하고 모니터링하여 항공기의 임계상황을 예방하는 것”으로, 소모성 부품 피로 진행 수준 확인의 기능성 감시는 “상태감시시스템의 소모성 부품의 피로 진행 여부 수준을 가능해 주는 것”으로 개념화하였다.

운용적인 측면의 하위요인 5가지와 그 개념화는 다음과 같다. 상태감시시스템 실시간 전문 분석 요원 양성은 “실시간으로 안전진단시스템 역할을 충분히 수행할 수 있도록 전문적인 분석 요원을 양성함으로써 데이터의 정확한 분석을 통하여 결함 발견에 용이한 것”으로, 연구 연속성과 차기 모델 개발 지속 시행은 “회전의 항공기를 개발함으로써 경제적, 기술적인 파급효과는 상당히 크다고 보기 때문에 연구의 연속성과 차기 모델 개발은 지속적으로 시행되어야 하는 것”으로, 상태감시시스템 분석 창정비 정비체계 구축은 “수명주기 간 완벽한 운영유지를 위해 3단계(부대/야전/창)의 정비체계 구축하는 것”으로, 실시간 안전진단을 위한 기술 인프라 구축은 “실시간 상태감시를 위한 알고리즘 개발 및 주요사고 원인 파라미터를 선정하여 항공기 사고예방을 위한 기술인프라를 구축하는 것”으로, 장시간 데이터획득 기술자료의 업그레이드는 “상태감시시스템의 안정화를 위한 장시간 동안의 데이터 획득을 통하여 기술자료의 업그레이드와 다양한 분석의 장치가 개발되는 것”으로 개념화하였다.

2.3 설문조사 방법

설문지에는 AHP 방법론의 간단한 개념 및 평가 방법을 설명하였으며, 쌍대비교 평가를 적용한 설문지에 익숙하지 않은 설문 대상자를 위해 예시를 삽입하였다. 설문은 7점 척도를 사용하였다.

설문조사는 2021년 5월 10일부터 6월 20일까지 실시하였고, 육군 항공부대에서 직접 상태감시시스템 관련 업무를 수행한 담당자 총 30명을 대상으로 진행하였다. 설문 대상자에는 크게 헬기 정비사, 조종사, 기술검사관, 정비 관리소대장, 개발업체(KAI) 담당자가 포함되었다.

조사 방법은 설문지를 직접 배포하고 회수하는 방식으로 이루어졌다. 조사 대상자의 설문지에 대한 이해도를 높이고 신뢰성 및 일관성이 확보될 수 있도록 꾸준히 피드백을 제공하였다. 조사 결과 전문성 확보 및 추후 실

무적인 활용도를 고려하여 KUH-1 헬기의 상태감시시스템 관련 업무 전체경력 기간이 7년 이하인 1명을 제외하였다. 또한 분석도구로는 Expert choice 11을 활용하였다.

2.4 설문 응답자 빈도 분석

설문지의 인구통계학적 구성은 성별, 연령, 신분, 경력, 직책으로 구분하였으며 분석 결과는 아래의 Table 2와 같다.

Table 2. Demographic Characteristics of Survey Respondents

Category		CI Before removal (N=25)	
		Respondent	Ratio(%)
Gender	Man	25	100.0
	Woman	0	0.0
age	30s	13	52.0
	40s	11	44.0
	50s	1	4.0
	60s	0	0.0
Identity	Civilian worker in the military	4	16.0
	Noncommissioned officer	4	16.0
	Engineer	3	12.0
	Officer	6	24.0
	aassociate officer	8	32.0
Career	Less than 10 years	8	32.0
	10~20 years	6	24.0
	more than 20 years	11	44.0
one's post	technical inspector	8	32.0
	Engineer	3	12.0
	helicopter pilot	14	56.0

본 연구를 위해 회수한 설문은 30부였으나, 전체경력이 7년 미만인 1명과 일관성(CI)이 0.1 이상인 4명을 제외한 25부로 분석을 진행하였다. 분석대상자의 인구통계학적 구성별 세부 결과는 다음과 같다. 첫째, 25명을 기준으로 살펴보면 성별은 모두 남성이었다. 이는 군 특성상 그리고 헬기 정비 및 조종업무 종사자가 남성 비율이 대다수인 점이 본 연구 대상의 성비 구성에도 반영된 것으로 볼 수 있다. 둘째, 설문 응답자의 연령은 30대 13명(52%), 40대 13명(44%), 50대 이상이 1명(4%)으로 분석되었다. 설문지 조사가 육군항공부대의 헬기 정비사, 기술검사관, 정비관리소대장과 개발업체(KAI) 소속의 엔지니어 등 관련 분야의 전문가로 구성이 되었다는 것을 알 수 있다. 셋째, 설문지 응답자의 신분을 살펴보면, 군무원 4명 (16%), 부사관 4명(16%), 엔지니어 3명(12%),

장교 6명(24%), 준사관 8명(32%)으로 다양한 계층으로 확인되었다. 넷째, 회전의 항공기 정비 및 조종업무 관련 근무연수를 묻는 항목에서는 10년 미만 8명(32%), 10년에서 20년 6명(24%), 20년 이상 11명(44%)이 각각 응답하였다. 이는 본 연구의 조사 대상자가 KUH-1 헬기의 상태감시시스템 안정화 방안에 대한 이해도가 높고 실무 능력과 전문성을 두루 갖추고 있는 것으로 해석될 수 있다. 다섯째, 주요 담당업무 직책으로는 기술검사관 8명(32%), 엔지니어 3명(12%), 헬기 조종사 14명(56%)으로 나타났다.

2.5 요인별 중요도 및 우선순위 분석

요인별 중요도와 우선순위를 종합한 결과는 Table 3과 같다. 먼저 상위요인에 대한 우선순위를 확인하기 전에 일관성 비율(CR)을 확인한 결과 0.005로 0.1이하로 확인되어 적합함을 알 수 있었다. 중요도의 우선순위는 상위요인 단계에서 비행안전 측면(0.361), 운영적 측면(0.275), 정비기술 측면(0.233), 설계적 측면(0.131) 순으로 분석되었다. 1위가 비행안전 측면으로 나온 이유는 KUH-1 헬기 전력화 이후 다양한 항공작전 비행 임무를 수행하면서 최첨단 장비들의 다양한 기능에 대한 운용 경험을 쌓아가는 환경에서 무엇보다도 사고 없이 안전하게 비행 임무를 수행하는 것이 가장 중요하다는 것을 의미한다.

하위요인별 우선순위 분석 결과 중에서 정비기술 측면을 살펴보면 일관성 비율(CR)이 0.01로 적합한 것으로 분석되었다. 중요도는 항공기의 고장진단과 고장검출(0.309), 상태감시시스템 활용 항공기 이력관리 및 정비결산(0.218), 다양한 센싱 기술과 저장장치 항공기 최적화(0.173), 공탄성 해석을 통한 진동 심화영역 분석(0.155), 시간 도달 예방정비가 아닌 신뢰성 바탕 예측정비(0.145) 순으로 나타났다. 항공기 고장진단과 고장검출이 다른 요소들에 비해 상대적으로 높게 평가된 점은 정비기술 측면에서 고장진단과 고장검출의 체계적인 기술 개발이 상태감시시스템 안정화에 미치는 영향이 크다는 것을 의미한다.

설계적 측면에 대한 세부 결과를 살펴보면 일관성 비율(CR)이 0.007로 적합하였다. 중요도는 변위 측정 센서 설치로 정확한 결과 및 신뢰도 향상(0.292), 데이터 취득 및 처리에 관한 알고리즘(0.253), 핵심기술 알고리즘과 진동특성 분석기술 개발(0.243), 하중이력 예측방안(0.114), 전기체 정하중 시험 증가 변화 값 기록 감시(0.098) 순으로 나타났다. 변위 측정 센서 설치로 정확한

Table 3. Comprehensive Analysis Results

Category (Importance)	Subcategory	Importance	Total weight	Ranking
Maintenance technology (.233)	Aircraft fault diagnosis and detection	.309	.069	5
	Analysis of vibration intensification area by coelastic analysis	.155	.034	14
	Aircraft optimization using various sensing technologies and storage	.173	.038	11
	Reliability-based predictive maintenance	.145	.032	17
	Aircraft management and maintenance history using HUMS	.218	.049	9
Design (.131)	Algorithms for data acquisition and processing	.253	.033	15
	Installation of displacement measurement sensors and improve results and reliability	.292	.038	11
	Development of core technology and vibration characteristics analysis technologies	.243	.032	17
	Load history prediction	.114	.015	19
	Monitoring of changes in the increase in the electric static load	.098	.013	20
Flight safety (.361)	Aircraft fatigue spectrum analysis	.153	.060	7
	In-flight errors and mis-warning sharing	.272	.106	1
	Selection of parameters for major accidents	.232	.091	2
	Prevent critical situations with all recordings	.188	.074	4
	Functional monitoring of fatigue progression level of consumable parts	.156	.061	6
Operational (.275)	Training of professional analysts	.172	.044	10
	Continuous development of next model	.149	.038	11
	Establishment of depot level maintenance system	.131	.033	15
	Construction of technical infrastructure for real-time safety diagnosis	.316	.081	3
	Upgrade long-term data acquisition	.232	.059	8

결과 및 신뢰도 향상이 가장 높은 순위로 나타난 것은 변화된 측정값의 정확한 결과와 데이터의 신뢰도 향상이 설계적인 측면에서 상태감시시스템 안정화를 위해 중요하다는 것을 의미한다.

비행안전 측면에 대한 세부 결과를 살펴보면 일관성 비율(CR)이 0.003으로 적합하였다. 중요도는 비행 중 발생 오류 및 오경고 공유와 조치사항(0.272), 주요사고 원인의 파라미터 선정(0.232), 매 비행 시 모든 기록을 통한 임계상황 예방(0.188), 소모성 부품 피로 진행 수준 확인의 가능성 감시(0.156), 항공기 피로 스펙트럼 해석(0.153) 순으로 확인되었다. 비행 중 발생 오류 및 오경고의 공유와 조치사항이 상대적으로 높은 중요도와 순위를 차지하였다. 이는 상태감시시스템 활용의 비행안전 측면에서 볼 때, 오류 및 오경고 사항에 대한 데이터 공유와 조치사항에 대한 꾸준한 연구 환경 조성을 강조한 점에서 의미가 있다고 할 수 있다. 더불어 총 가중치 분석 결과에서도 비행 중 발생 오류 및 오경고의 공유와 조치사항이 가장 중요한 것으로 확인 되었으며, 이러한 분석 결과는 선행연구[8]에서 정비사는 상태감시시스템 체계를 활용한 항공기 이력관리 및 정비 결산관리를 철저

히 하고, 조종사는 비행 중 발생한 오류 및 오경고 사항에 대한 공유와 상황발생시 조치사항을 연구해야 한다고 강조한 점을 지지하는 내용이라고 할 수 있다.

운영적인 측면에 대한 세부 결과를 보면, 일관성 비율(CR)은 0.008으로 적합하였다. 중요도는 실시간 안전진단을 위한 기술 인프라 구축(0.316), 장시간 데이터획득 기술 자료의 업그레이드(0.232), 상태감시시스템 실시간 전문분석 요원 양성(0.172), 연구 연속성과 차기모델 개발 지속 시행 (0.149), 상태감시시스템 분석 창정비 정비 체계 구축(0.131) 순으로 확인되었다. 실시간 안전진단을 위한 기술 인프라 구축이 다른 요소들에 비해 높은 순위를 나타낸 것은 상태감시시스템 관련 핵심기술이 항공기에 실제 적용한 경험 없어 학계 중심 위주의 연구로만 이루어진 상태에서 기술 인프라 구축의 필요성을 강조한 점에서 의미가 있다고 할 수 있다.

3. 결론

본 연구의 결과가 가지는 시사점은 다음과 같다. 첫째,

기존의 연구에서는 상태감시시스템 기반 정비관리 발전 방안[1], 헬리콥터의 항공안전 발전방안[8], 상태감시시스템 효율적 운용방안[2]에 집중했다면 이 연구는 여러 분야에서 실무적 대안의 의사결정을 위해 주로 활용되는 AHP 기법으로 KUH-1 헬기의 상태감시시스템 안정화에 영향을 미치는 요소를 도출하고 우선순위를 선정했다는 점에서 의미가 있다. 둘째, KUH-1 헬기의 상태감시시스템 안정화에 영향을 미치는 요소에 대하여 육군항공부대에 종사하며 실제 상태감시시스템 관련 업무를 직접적으로 수행한 담당자를 대상으로 설문조사를 실시함으로써 실무적 효용성에 기초하고 신뢰성이 확보된 응답으로 객관적인 우선순위를 제시했다는 점에서 실무적 시사점을 갖는다.

그러나 본 연구는 다음과 같은 한계점을 가진다. 첫째, 육군항공부대에서 10년 이상 직접적으로 상태감시시스템의 관련 업무를 수행한 담당자를 대상으로 연구를 진행하였고, 설문조사 대상을 전문가로 선정하여 객관적인 우선순위를 제시한 점은 적합하다고 할 수 있다. 그러나 설문조사 대상 범위를 확대하지 못한 한계를 가진다. 따라서 후속 연구에서는 설문조사 대상 범위를 산림청, 경찰항공, 소방항공 등 공공기관으로 확대할 필요가 있고, 그에 맞는 기관별, 집단별 결론을 도출할 것을 제안한다. 둘째, 설문조사 응답자의 한계이다. 설문조사 응답자가 25명밖에 되지 않아 샘플수의 한계를 가진다. 후속 연구에서는 응답자를 확장하여 더 많은 샘플 수를 가지고 거시적인 시각에서 더욱 유의미한 연구 결과를 도출할 필요가 있다.

마지막으로 본 연구의 결과는 향후 증가하는 상태감시시스템 운영의 조기 안정화를 위해 필요한 요소를 도출하고 우선순위를 제시했다는 점에서 실무적 시사점을 제공할 수 있을 것으로 판단되고, 후속 연구에서는 상태감시시스템의 안정화에 영향을 미치는 요인과 우선순위를 중심으로 상태감시시스템의 안정화 수준을 측정하여 제시하는 연구를 할 것을 제안한다.

References

- [1] J. Y. Yoon, *Research for a rotary-wing aircraft maintenance management based on development plan health usage monitoring system*, Master's thesis, Gongju National University, p.75, 2016. <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=DIKO0013985536>
- [2] H. S. Jung, *A study for helicopter's health and usage monitoring system's efficient operation*, Master's thesis, Gongju National University, p.19, 2017. https://academic.naver.com/article.naver?doc_id=232839168
- [3] J. E. Lee, "Introduction and Case Application of AHP Techniques: Usefulness and Limitations from Logic Consistency and Analysis Layer", *Proceedings of Korean Society for Policy Studies*, pp.1-23, 2007. https://academic.naver.com/article.naver?doc_id=50654821
- [4] Y. C. Choi, S. J. Park, M. H. Kim, S. H. Oh, "Exploring alternatives to the superintendent election system through stakeholder AHP analysis", *The Korean Journal of Local Government Studies*, Vol.15, No.1 pp.51-73, 2011. <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=ART001554887>
- [5] G. T. Jo, Y. G. Jo, H. S. Kang, *The analytic hierarchy process*, Donghyeon Publishing Co., Ltd., 2003, pp.1-312. https://book.naver.com/bookdb/book_detail.nhn?bid=1265154
- [6] J. H. Song, H. W. Lee, H. Park, J. N. Suk, S. W. Choi, J. Y. Lee, "R&D Trend of Airplane Health and Usage Monitoring System", *Current industrial and technological trends in aerospace*, Vol.8, No.2, pp.105-112, 2010. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01628001>
- [7] H. J. Lim, *The Development of HFDM System of AS-565MB Helicopter Using FDAU and MPFR*, Master's thesis, Gyeongsang National University, pp.14-18, 2018. <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=DIKO0014904677>
- [8] Y. G. Kim, *Automatic flight control system helicopter aviation safety improvement measures*, Master's thesis, Gongju National University, p.55, 2015. <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=DIKO0013664624>
- [9] Y. R. Choi, *A Study on the Displacement Data Analysis Method of KUH Full-scale Airframe Static Test Excluding Relative Displacement*, Master's thesis, Gyeongsang National University, pp.1-43, 2014. <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=DIKO0013534288>
- [10] J. S. Kim, *Orientation of defense industry through domestic and overseas R&D case analysis*, Master's thesis, Kookmin University, p.106, 2019. <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=DIKO0015070079>
- [11] J. R. Kim, *The Study on the Format for the Airframe Depot Maintenance Work Requirement(DMWR) of the Work Package Concept*, Master's thesis, Gyeongsang National University, p.10, 2020. <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=DIKO0015070079>

[e.do?cn=DIKO0015516999](https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=DIKO0015516999)

- [12] Y. S. Choi, *A study of Maintenance Management for Secure flight safety*, Master's thesis, Gongju National University, pp.56-57, 2015.
<https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=DIKO0013664507>
-

박 은 영(EunYoung Park)

[정회원]



- 2017년 2월 : 국가평생교육진흥원 (항공정비공학 학사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 국방대학교 국방사업관리학과 (국방대 석사)
- 2019년 9월 ~ 현재 : 육군 항공 KUH-1 기술검사관

<관심분야>

기계공학, 열 및 유체역학, 국방기술

마 정 목(Jungmok Ma)

[정회원]



- 2002년 2월 : 육군사관학교 운영 분석학과 (운영분석 학사)
- 2008년 8월 : 미국 펜실베이니아 주립대(PSU) (산업공학 석사)
- 2015년 5월 : 미국 일리노이대 (UIUC) (산업공학 박사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 국방대학교 국방과학학과 부교수

<관심분야>

국방 모델링 및 데이터 분석학, 무기체계 획득관리