

초기 UAM 조종사 교육훈련 과목 선정 AHP 분석 연구

A Study on the AHP Analysis of initial UAM Pilot Education and Training Subjects

김성엽¹ · 최정민² · 최지현^{3*}

¹한국항공대학교 항공운항관리학 박사과정

²제주항공 기장, 한서대학교 항공운항관리학 박사과정

³진에어 기장, 항공운항관리학 이학박사

Sung-yeob Kim¹ · Jung-min Choi² · Jihun Choi^{3*}

¹Department of Aeronautical Science & Flight Operation, Korea Aerospace University, Gyeonggi 10540, Korea

²Jeju Air Captain, Department of Flight Operation, Hanseo University, Taeon 236-49, Korea

³Jin Air Captain and UAM COREA Researcher, Korea Aerospace University, Gyeonggi 10540, Korea

[요 약]

본 연구는 K-UAM 로드맵[1]을 바탕으로, 초기 UAM 조종사 교육훈련 커리큘럼 구성에 필요한 주요 교육훈련 과목을 선정하기 위해 수행하였다. 현재 UAM 기체는 VTOL 기능을 중심으로 수직 이착륙이 가능한 회전익 항공기와 유사한 특성을 갖는다. 따라서 본 연구에서는 회전익 비행교육을 대표하는 육군항공학교의 회전익 조종사 양성 교육 커리큘럼을 비교군으로 선정하여 초기 UAM 조종사 양성을 위한 교육훈련 과목을 선정하였다. 먼저 육군의 회전익 조종사 교육훈련 과목을 바탕으로 AHP 설문을 위한 계층구조를 설계하였으며 각 계층의 전문가들을 선별하여 AHP 설문을 수행하였다. AHP 분석을 통해 우선순위로 부여한 교육훈련 과목을 초기 UAM 조종사 훈련에 적용한다면 교육훈련 효과와 궁극적으로 UAM의 안전운항에 기여할 것으로 본다.

[Abstract]

Based on the K-UAM roadmap, this study was conducted to select major education and training subjects necessary for the composition of the initial UAM pilot education and training curriculum. Currently, UAM aircraft have similar characteristics to rotorcraft that can take off and land vertically around VTOL functions. Therefore, in this study, the Rotary Wing Pilot Training Curriculum of the Army Aviation School, which represents Rotary Wing Flight Education, was selected as a comparative group, and education and training subjects for initial UAM pilot training were selected. First, a hierarchical structure for the AHP survey was designed based on the Army's rotorcraft pilot education and training subjects, and the AHP survey was conducted by selecting experts from each class. If the education and training subjects given as priorities through AHP analysis are applied to initial UAM pilot training, it is expected to contribute to the effect of education and training and ultimately to the safe operation of UAM.

Key word : AHP(Analytic Hierachy Process), EVTOL(Electric Vertical Take-off Landing), K-UAM(K-Urban Air Mobility), Training, UAM Pilot.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2023.27.3.269>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 31 May 2023; Revised 2 June 2023

Accepted (Publication) 21 June 2023 (30 June 2023)

*Corresponding Author; Jihun Choi

Tel:***-****-****

E-mail: satbq@naver.com

1. 서론

하늘에 대한 동경에서 시작된 인간의 날고자 하는 욕망이 현실화되고 있다. 기술의 발전은 항공로, 항공기, 공항의 진보를 가져왔으며 현대사회는 새로운 교통체계로 UAM(도심항공교통)을 선정하여 대안으로 제시하였다. UAM 신 교통체계구축은 기술의 발전과 더불어 더욱 가속화 될 것으로 예상된다. UAM은 현재 교통 교통체증을 극복할 수 있는 대체 수단이며, 소음과 환경오염 문제를 동시에 해결할 수 있는 대안으로 대두되었다. 각 나라별 상용화 예상 시기는 다소 차이가 있으나, 2025년 상용화를 목표로 K-UAM¹⁾ 로드맵 구축 및 UAM Team korea로 산·학·연 이 협업하여 약 700조 시장 선점을 위해 전세계가 경쟁하고 있다.[1]

하지만 연구·개발의 중점은 UAM 기체개발 및 이착륙장(버티포트) 구축과 관련된 분야에 집중되어 UAM을 운영하고 관리하는 제도 차원에서 UAM 조종사에 대한 자격과 교육훈련에 관한 연구가 시급하다.[2]

1-1 연구의 배경

현재 UAM 조종사 양성 교육을 위한 충분한 교육자료를 UAM 운항이 부재하여 교육훈련 프로그램을 계획하는데 제한적이다. 현재 UAM 기체는 다양한 형태로 제작되고 있지만, VTOL 성능을 발휘할 수 있는 멀티콥터의 형태가 대표적이다. 미국 FAA(Federal Aviation Administration) 및 유럽(EASA)에서는 UAM을 회전익 항공기와 유사하다고 언급하고 있다.[3] 이런 점을 착안하여 국내에서 60여년의 가장 오랜기간, 최다 회전익 조종사 양성 배출하고 있는 육군항공학교의 조종사 양성 교육 프로그램을 바탕으로 UAM 조종사 훈련과목을 연구하고자 한다.

1-2 연구의 목적과 방법

본 연구는 초기 UAM 조종사 교육훈련 동향을 분석하고, 임무 및 역할과 요구능력 등을 고려한 초기 UAM 조종사 교육훈련 과목을 검토하고자 한다. 연구의 배경에서 언급하였듯이 UAM은 회전익과 비슷하기에 육군항공 조종사 교육프로그램을 활용하였다.[4]

육군항공 조종사 양성교육은 총 31주 1,290시간의 지상학과 비행학 교육 커리큘럼으로 구성되어 있다. 지상학은 표 1과 같이 주요과목과 관련과목으로 구성되어 있다. 비행훈련과목은 표 2와 같이 운영되고 있다. 육군항공 조종사 양성 과목 중 초기 UAM 조종사들에게 필요로 하는 훈련과목들을 도출하였으며, AHP 분석을 위한 계층구조를 설계하였다. AHP 분석은 Expertchoice 1.0 프로그램을 활용하였다.

1) 한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵(2021.06) 국토교통부 등

설문에 참여하는 각 계층은 고정익, 회전익, 드론 조종사들로 그룹화 하였으며, 전문가들의 설문과 AHP 분석을 통한 가중치를 바탕으로 최적의 초기 UAM 조종사 교육훈련 과목 선정 우선순위를 도출하고자 한다.

표 1. 육군항공 조종사 교육 주요과목 및 관련과목

Table 1. Key subjects and related subjects for pilot training of the Army Aviation.

Classify	Core subject	Related subjects
Type / Step	Aircraft Handling / Operation Act Instrument flight	Principles of Flight (I, II) Aviation regulations Flight dispatch
Aircraft Operational Capability	Aviation Weather Air Navigation Aviation safety	Radio operation Operation of aviation facilities and related
Mastery	Helicopter structure / Operational principle	institutions

표 2. 육군항공 조종사 비행훈련과목

Table 2. Pilot Training Course of the Army Aviation.

Classify	Content	Remark (hrs)
Foundation flight training	Boarding flight	1
	Hovering	8
	SFTS(Simulator)	3
	Traffic pattern	16
	Evaluation	2
Advanced education	Restricted land operation	2
	Mountain Helipad	11
	Procedural training	1
	Instrument flight adaptation training(SFTS)	4
	Evaluation	2
Instrumental flight	Simulator flight	10
	Real instrument flight(ILS,VOR)	10
Additional education	Night flight	10
	Emergency procedures	1
	Evaluation	2

II. 본 론

2-1 초기 UAM 조종사 훈련과목 선정 AHP 구조의 계층화

AHP 분석은 초기 UAM 조종사 양성 교육시 필요로 하는 교육과목을 선정하는데 중점을 두고 있다. 그러므로 초기 UAM 조종사 교육시 필요로 하는 교육과목들을 상호 비교분석 할 수 있는 AHP 구조의 계층화 모델을 통하여 가중치 및 선호도를 측정하여 종합점수를 산정하는 필수요인의 우선순위를 선정하는 일련의 절차를 수행하였다.

2-2 AHP 계층구조 설계

AHP 계층구조를 설계하기 위하여 육군항공 조종사 양성 교육 커리큘럼의 주요과목 및 관련과목 중 UAM 조종사에게 요구되는 과목을 선별하여 3단계 계층구조로 반영하였다. 설계된 계층도 표 3을 바탕으로 초기 UAM 조종사 교육훈련과목 중요도 산출에 대한 설문조사를 3개의 조종사 전문가 집단(고정익, 회전익, 드론)을 실시하였다. 총 27명의 전문가를 모였으며, 고정익, 회전익, 드론 조종사 각각 9명씩으로 구성하였다. AHP 설문문의 경우 설문 문항 간의 비교를 통하여 가중치를 도출하는 방법을 사용하여 설문 문항에 대한 전문성이 없는 경우 연구 결과의 일관성이 낮아지거나 신뢰성이 저하된다. 그러므로 각 종류의 항공종사자(사업용조종사 이상) 자격보유 및 3년 이상의 비행경험이 있는 전문가들을 선별하여 설문을 실시하여, 연구의 신뢰를 높이고자 하였다. 초기 UAM 조종사 훈련과목 도출 설문 전체 일관성 지수는 0.1로 계층적 분석에 참여한 평가자의 판단에는 논리적 모순이 적은 것으로 분석되었다.

2-3 AHP 계층분석

1) 상위계층(1계층) AHP 분석

AHP 분석을 통하여 주요 요소별 상대적 중요도와 우선순위를 도출하여 초기 UAM 조종사 양성교육시 필요한 훈련과목들을 제시하고자 한다.

초기 UAM 조종사 교육훈련 과목 우선순위의 1계층에 대한 AHP 설문결과는 지상학 0.233, 비행학 0.767로 도출되었다. 이 결과에서 보듯 설문에 참여한 모든 그룹의 조종사들은 비행학을 지상학보다 더 중요하다고 인식하고 있다. 이는 비행에서 이론적 지식도 중요하지만 비정상상황 또는 응급상황시 비행조작 능력의 중요성을 더욱 강조하는 것으로 판단된다.

2) 중위계층(2계층) AHP 분석

중위계층 중 지상학에서는 기본교육, 항법교육, 기종교육으로 계층을 분류하였으며, 항법교육 0.364, 기본교육 0.352, 기종교육 0.283으로 항법교육을 가장 중요도 있게 평가하였다. 이는 UAM의 비행환경이 인구밀집지역 및 복잡한 도심환경에서의 운항을 하기에 무엇보다 항법의 중요성을 각 조종사들이 강

조하는 것으로 분석된다.[5]

중위계층의 비행학에서는 기본비행술, 특별비행술, 사업용 비행술로 계층을 구분하였다. 각 조종사들은 기본비행술 0.489, 특수비행술 0.274, 사업용 비행술 0.236 으로 기본비행술의 가중치를 가장 높게 평가하였다. 이는 정상상황 운항능력이 어떠한 비행능력 보다 중요하다고 판단하며, Back to basic의 개념으로 비행의 기초에 많은 가중치를 부여하였다. 특히 VTOL²⁾의 정상 이착륙의 중요성을 재차 강조하였다.

표 3. 초기 UAM 조종사 교육훈련과목 AHP 계층구조
Table 3. Initial UAM Pilot Education and Training Course AHP Hierarchy.

Element	1 Component	2 Component	3 Component
INITIAL UAM PILOT TRAINING	GroundI	Basic Training	Flight Principle
			Aviation Weather
			Aviation Safety
		Navigation	Radio Naviagation
			PBN ³⁾
			GNSS ⁴⁾
		Aircraft Type Transition Course	Equipment Handling
			UAM Control
			UAM Maintenance
	Flight	Basic Flight	Hovering
			Traffic Pattern
			Normal T/O, L/D
		Special Flight	Vertiport T/O, L/D
			Limitation / Slope Operation
			Helipad
Commercial Flight		Cargo	
		Air Taxi	
		ISR ⁵⁾	

2) VTOL(Vertical Take-Off and Landing)

3) PBN(Performance Base Navigation)

4) GNSS(Global Navigation Setellite System)

5) ISR(Intelligence, Surveillance and Reconnaissance)

3) 하위계층(3계층) AHP 분석

하위계층 분류로 지상학 기본교육에서는 비행원리, 항공기상, 항공안전 계층으로 분류하였다. 여기에서는 항공안전 0.387, 비행원리 0.385, 항공기상 0.228로 근소한 차이로 항공안전의 가중치를 가장 높게 평가하였다. ICAO에 ANNEX 19 SMS⁶⁾에서도 항공안전에 대해 강조되고 있는 점을 잘 반영된 결과로 보인다.[6] 항법교육에서는 무선험법/계기비행 0.449, 성능기반항행 0.321, 위성항법 0.230으로 무선험법/계기비행에 많은 가중치를 부여하였다. 이 결과는 설문에 참여한 대부분의 회전익, 드론 조종사들의 주요 항법이 무선험법(VOR, NDB⁷⁾ 등)을 사용하고 있으며, 성능기반항행(PBN) 등 차세대 항법에 대해 많이 접하여 보지 않았기 때문에 무선험법에 높은 가중치를 부여한 것으로 판단된다. 다음으로 기종교육에서는 UAM 조종법 0.599, 기재취급법 0.218, UAM 정비계통 0.184 로 UAM 조종법에 가장 높은 가중치를 부여하였다. 설문대상자가 조종사로 한정되어 정비와 기재취급 보다는 조종능력에 보다 높은 가중치를 부여 한 것으로 분석된다.

비행학 기본비행술에서 하위계층으로 제자리비행, 장주비행, 정상이착륙 계층으로 분류하였다. 여기에서는 제자리 비행 0.263, 장주비행 0.199, 정상이착륙 0.539로서 정상이착륙 능력이 가장 높은 가중치를 부여하였다. 회전익 및 드론 조종사들이 정상이착륙에 많은 가중치를 부여하였으며, VTOL 항공기 특성상 정상이착륙 능력을 통한 안정적인 지상 장애물 회피 이착륙에 중요함을 표현한 것으로 분석된다.

특수비행술에서는 버티포트 이착륙 0.484, 제한지/경사지 운용 0.193, 도심 헬리패드 운용 0.323으로 버티포트 이착륙에 가중치가 높게 평가하였다. 주로 도심 중심에 설치 예정인 버티포트에서의 이착륙 중요성을 다시한번 강조한 결과이다. 도심속 이착륙은 지상 장애물 회피 어려움 및 소음문제로 인한 새로운 비행절차 수행능력 등을 고려하여 특수비행술에서 가장 높은 가중치를 부여한 것으로 분석된다. 마지막으로 사업용비행술에서는 화물/물류수송 0.271, Air Taxi 0.527, 보안감시 0.202로서 Air Taxi에 가중치를 높게 평가되었다. 이는 향후 UAM은 여객 운송이 도심교통의 핵심 역량 이라고 판단하여 가장 높은 가중치가 부여된 것으로 판단된다. 그 다음으로 화물 및 물류 수송이 뒤를 이었다.

2-4 AHP 분석결과 종합

AHP 연구과정을 통하여, 각 항목(훈련과목)에 대한 쌍대비교 및 중요도(가중치)를 분석하였다. 설문의 전문가 집단간 응답이 비슷한 부분도 많았지만, 그렇지 않은 부분도 많이 있었다. 각 조종사 집단별 차이가 많이 발생한 몇가지 항목을 확인해보면, 지상학 항법교육 항목에서는 대부분의 고정익 조종사

들은 성능기반항행(PBN)에 가중치(0.497)를 높게 평가한 반면 회전익 조종사들은 가중치 (0.155)를 낮게 평가하였다. 대부분의 회전익 조종사들은 무선험법/계기비행 항목의 가중치 (0.620)를 아주 높게 평가하였다. 원인을 분석하여 보면 설문에 참여한 다수의 회전익 조종사들은 군인 출신이 많았으며, 군의 회전익 항공기 및 드론에서는 아직 성능기반항행(PBN)을 활용하지 않으며, 무선험법의 지상 항행안전시설을 활용한 항법을 수행하기에 이런 가중치 차이가 발생한 것으로 분석된다.

2-5 초기 UAM 조종사 훈련과목 선정 우선순위

AHP 가중치 분석결과로 각 과목별 우선순위는 아래와 같다.

1계층 분석 결과는 비행학이 지상학보다 가중치가 높게 도출되었으며 따라서 가중치에 비례하여 비행학과 지상학의 비중을 고려할 필요가 있겠다.

2계층 분석 결과에서 지상학은 ① 항법교육 ② 기본교육 ③ 기종교육 순으로 도출되었으며, 비행학은 ① 기본비행술 ② 특수비행술 ③ 사업용비행술 순으로 도출되었다.

3계층 지상학 분석 결과를 보면, 기본비행에서는 ① 항공안전 ② 비행원리 ③ 항공기상 순, 항법교육에서는 ① 무선험법/계기비행 ② 성능기반항행(PBN) ③ 위성항법 순, 기종교육에서는 ① UAM 조종법 ② 기재취급법 ③ UAM 정비계통 순으로 도출되었다.

3계층 비행학 분석 결과를 보면 기본비행술에서는 ① 정상이착륙 ② 제자리 비행 ③ 장주비행 순, 특수비행술에서는 ① 버티포트 이착륙 ② 도심헬리패드운용 ③ 제한지/경사지 운용 순, 사업용 비행술에서는 ① Air Taxi ② 화물/물류수송 ③ 보안감시 순으로 도출되었다.

III. 결 론

초기 UAM은 조종사가 탑승하여 운항하는 형태로 구축되며 차후 안전 및 사회적 인식의 변화가 보장되면 무인화 단계로 진행될 것이다. 이 연구는 현직 조종사 중 전문적 지식과 오랜 경험을 축적한 자를 선별하여 AHP 설문 분석을 실시하였다.

연구에서 보듯, 초기 UAM 조종사 교육훈련은 비행학의 중요도가 높게 나타났다. 그러나 이러한 분석 결과는 설문에 참여한 조종사들이 UAM 운항환경에 대해 정확히 이해하고 있는지에 대한 인식을 고려하지 못한 한계가 있어 차후 연구로 보완할 필요가 있겠다. 실제 에어라인 조종사를 제외한 군과 일반항공에 종사하는 조종사들은 최신항법시스템에 대한 경험이 부재하므로 CNS/ATM⁸⁾ 대한 지식 수준을 검증할 필요가 있겠다.

결론적으로 초기 UAM 조종사 교육훈련은 비행학 중심으로 비행 과목 위주로 편성할 필요가 있겠다. 지상학은 항법교육 교육과목 비중을 높이고 UAM 운항환경을 구성하는 CNS/ATM의 개념을 중심으로 항공기의 입출항은 전파신호를 활용하는

8) CNS ATM(Communication, Navigation, Surveillance / Air

6) ICAO ANNEX 19(SMS : Safety Management System)
7) VOR(VHF Omnidirectional Radio), NDB(Non Directional Beacon)

무선항법, 항로 운항은 성능기반항행(PBN), 항공기 식별은 위성항법에 기초하여 교육과정을 체계화 하는 것을 제안한다.

비행학은 “Back to Basic” 비행철학에 입각하여 기본비행술 중심으로 정상이착륙, 제자리비행 기술을 숙달할 수 있도록 구성하고 UAM 운항환경을 고려하여 버티포트 이착륙 등 도심 운항과 연계한 비행술 연마할 수 있도록 구성할 것을 제안한다.

References

[1] UAM Team Korea, K-UAM Concept of Operations, v1.0, MOLIT, South Korea, 2021.

[2] J. H. Choi “A study on the selection of UAM pilots and establishment of training,” *Journal of Korean Aviation Management Association*, 30(3), pp. 132-139, 2022

[3] EASA(European Union Aviation Safety Agency), Notice of Proposed Amendment, pp. 23-40, 2022.

[4] Training for Army Aviation Pilots, Republic of Korea Army Aviation School, 2020.

[5] Y. S. Kimi, “Analysis of Human Casualties on the Ground in Urban Area due to UAM Crash,” *Journal of Advanced Navigation Technology*, 26(5), pp. 281-288, 2022.

[6] ICAO, “Annex 19, Safety Management System 2th”, ICAO, Montreal Canada, 2016.



김 성 엽 (Sung-Yeob Kim)

2018년 7월 ~ 2020년 3월 : 진에어 운항승무원
 2020년 8월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공운항관리학 박사과정
 2021년 10월 ~ 현재 : 한서대학교, 중원대학교 항공운항학과 강사
 ※ 관심분야 : 항공운항, 항공정책, UAM



최 정 민 (Jung-Min Choi)

1994년 7월 ~ 2001년 9월 : 육군항공 조종사 (대위)
 2003년 7월 ~ 2007년 7월 : 대한항공 학술교관
 2008년 11월 ~ 2012년 2월 : 에어부산 운항승무원
 2021년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 항공운항관리학과 박사과정
 2012년 3월 ~ 현재 : 제주항공 운항승무원
 ※ 관심분야 : 항공운항, 항공정책, UAM



최 지 현 (JiHun Choi)

2013년 4월 ~ 2019년 10월: 대한항공 등 B737, B777 부기장
 2019년 10월 ~ 현재 : 항공운항관리학 이학박사, 진에어 B737 기장
 ※ 관심분야 : 항공운항, 비행데이터 분석, 시스템다이내믹스, UAM