

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2025.33.4.144>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

항공기 비정상상황에서 학생조종사의 협업 기반 대응 역량 강화를 위한 시나리오·시뮬레이터 통합형 PBL 교수모형 개발

김광일*

Developing an Integrated Scenario and Simulator Based PBL Instructional Model to Enhance Student Pilots' Collaborative Response Competence in Abnormal Flight Situations

Kwangil Kim*

ABSTRACT

This study proposes an integrated Problem Based Learning instructional model that combines scenario based training and simulator based learning to strengthen student pilots' competencies in responding to abnormal flight situations. Given that human factor related errors remain a primary cause of aviation accidents, the model emphasizes the systematic development of nontechnical skills in pilot education based on ICAO and FAA standards. Core nontechnical skill elements such as situational awareness, decision making, communication, teamwork, leadership, workload management, and stress and fatigue management are incorporated throughout the instructional design. The proposed model consists of five stages: preparation prior to training, scenario analysis, collaborative response planning, simulator practice, and structured debriefing, and is aligned with a six step risk management framework to reflect realistic operational contexts. By integrating cognitive analysis with simulation based practice, the model is expected to enhance the transfer of theoretical knowledge to practical application and to support standardized and internationally aligned pilot training in Korea.

Key Words : Non-Technical Skills(비기술적 역량), Scenario-Based Training(시나리오 기반 훈련), Simulator-Based Learning(시뮬레이터 기반 학습), Problem-Based Learning, PBL(문제기반학습), Abnormal Flight Situations(비정상상황 대응)

I. 서 론

1.1 연구의 배경

Received: 25. Nov. 2025, Revised: 5. Dec. 2025,

Accepted: 8. Dec. 2025

* 신라대학교 항공운항학과 교수

연락처 E-mail : airmankim@silla.ac.kr

연락처 주소 : 부산광역시 사상구 백양대로700번길 140
(괘법동) 항공관 224호

국토교통부의 교통안전연차보고서(2022)에 따르면 10년간 발생한 항공사고의 원인은 인적 요인이 78건 (67.2%)으로 가장 많으며, 다음으로 환경요인이 15건 (12.9%), 장비 요인이 5건(4.3%)을 차지하고 있다.

최근 무안공항의 사고를 비롯하여 큰 인명 피해를 가져온 항공사고에 대한 경각심이 대두되는 상황에서 국내 대학의 항공운항학과에서는 비정상 운행에 대처 하기 위한 학생 조종사에 대한 교수법이 부각되어야

할 시점이라 본다. 조종사들은 안전한 비행경로와 항공기 상태를 유지하는데 우선권을 두고 있지만, 위기 상황이 발생했을 때 다양한 사고 요인을 인식하고 대처하는 1차적 대응은 교통 관제사의 지시보다 조종사 개인이 상황을 인식하고 판단하는 과정이 선행되어야 하기 때문에 중요하다.

기존의 연구에서 항공 사고의 원인을 인적요소로 보고 있으며, 사고의 주요인이나 부수 원인의 60%가 조종실 내 인적자원을 활용하지 못하고 있다고 지적하면서 미국의 사고조사위원회(NTSB)에서는 사고 조사에 인적요소를 포함시키고 있다. ICAO(International Civil Aviation Organization)와 IATA(International Air Transport Association) 회원국의 전문가들은 비행 안전에 추가적인 개선을 언급하며, 조종사의 기량과 기술적인 부분뿐만 아니라, CRM(Crew Resource Management)과 관련된 비기술적인 부분의 역량 개발에 중점을 두고 있다(Han et al., 2024). 즉 항공조종사 개인적 요소는 사고 위험과 연관 관계가 있는 것으로 볼 수 있으며, 현재 2인 조종사 체계를 갖춘 조종사들 간의 의사결정력과 문제해결능력은 자기 혼자서 한다.

(Doing)의 차원이 아닌 힘을 합쳐서 한다(Managing)는 방향으로 변하고 있는 실정이며 비행훈련원이나 항공운항학과에서도 협업을 기반으로 하는 다양한 Team Work Program이나 시뮬레이터를 기반으로 한 Role-play 훈련이 시도되고 있다(Hong, 2002).

현재까지 항공 안전사고에 대한 인적 요소에 대한 연구물은 인간-시스템의 상호작용에 근거한 안전 관련 모델인 SHELL모델¹⁾이나 4MIE 이론, Onion Structure 모델을 근간으로 항공안전에 대한 대책을 제기하고는 있으며, 항공 안전사고에 대한 주원인으로 판단되는 인적 요소를 중요하게 다루고 있다. SHELL 모델에서는 인적요인과 인적오류와의 관계 분석에서 인간-인간(Liveware-Liveware)요인 간의 오류를 부적절한 의사결정이라 하였고, 개인과 관련된 훈련 학습 교육을 통한 수정이 이뤄진다면 인적요소에 따른 문제점이 줄어들 것(Lim and Ham, 2014)이라고 하였다. 그러나

이러한 인적 요인의 중요성에도 불구하고, 국내 다수 항공운항학과의 교육 현황에서 학교의 물리적·재정적 여건과 개별 교수의 재량에 따라 훈련 내용과 범위가 상이하게 운영되고 있는 점을 감안한다면 표준화된 교육 체계 부재와 더불어, 학술적 차원에서 비정상상황 훈련 교수법에 대한 체계적 논의가 충분히 이루어지지 못한 점을 시사한다. 국내 항공 관련 대학들 사이에서는 훈련 수준의 불균형과 표준화된 교수·학습 체계의 부재가 지속적으로 지적되고 있다. 특히 국제 기준(ICAO, EASA 등)과의 간극이 발생할 경우, 이는 단순한 교육 내용의 차이에 그치지 않고 비정상상황에서 요구되는 교육 방법론의 미성숙으로 이어진다. 이러한 맥락에서 의사결정, 팀워크, 상황인식, 지도력 등 조종사에게 필수적인 비기술적 역량(NOTECHS, non-technical skills) 교육이 국내 고등교육 단계에서 충분히 학문적으로 정립되지 못한 점은 중요한 문제로 지적될 수 있다. Lim and Lee(2017)는 NOTECHS(non-technical skills)에 관한 선행연구도 국내에서는 거의 찾아볼 수 없다고 하였다. 이는 향후 학생조종사들이 항공사에 취업해서 처음 겪어보는 비정상 상황 훈련에서 당황할 수 있을 뿐만 아니라, 안전 리스크로 이어질 수 있다.

1.2 연구의 목적

본 연구는 효과적인 비정상상황 훈련을 위해서는 기술적 비행 능력뿐 아니라, 비기술적 역량(NTS, non-technical skills) 교육을 통합한 교수 설계가 필요하다고 본다. 이에 실제 비정상상황 시 조종사의 오류 예방과 안전 확보에 직결되는 NTS의 4대 범주(Flin et al., 2008)인 상황인식(situational awareness), 의사결정(decision making), 의사소통(communication), 팀워크(teamwork)를 기반으로, 국내 대학 항공운항학과 교육과정에서는 시나리오 기반과 시뮬레이터 기반을 통합한 PBL(problem-based learning) 기법을 활용하였다. 또한 정밀도를 높이기 위하여 ICAO DOC 9683에서 주요하게 다루는 리더십·팔로워십(leadership & followership), 업무량 분장능력(workload management), 스트레스 및 피로관리(stress & fatigue management)를 추가하여 교수 설계를 제안하고자 한다. 학생 조종사들이 현실을 고려하여 자동화 관리(automation management)는 제외하였다. 즉 본 연구의 주제와 맞게 학생조종사들의 현실에 맞도록 설계하여 정립될 교수설계는 비정상상황에 대한 대응

1) 조종사 중심의 SHELL 모델은 다음 용어들의 첫 글자의 조합이다. Software 항공기 운항과 관련된 법규 규정, 비행 절차서 등, Hardware 조종하는데 필요한 각종 도구나 장비, Environment는 주변환경, 조종석 내외부 환경, Liveware는 조종사, Liveware는 他조종사, 정비사, 관제사 등 기타 비행에 연관있는 인원들을 말한다.

교육에서 이론과 실무를 통합할 수 있으며, 조종사의 핵심역량을 종합적으로 학습하기에 용이하도록 하였다. 특히, PBL 기반의 교수설계는 단순히 문제 해결 능력의 향상에 그치지 않고, 학습자가 실제 운항 맥락에서 직면할 수 있는 복합적 위기 상황을 통합적으로 사고하게 함으로써 전이 가능한 학습 효과를 창출한다. 더 나아가 이는 조종사 교육의 패러다임을 전통적인 지식 주입식 방식에서 자기주도적·협력적 학습을 통한 전문 역량 함양의 방향으로 전환시키는 학문적 근거를 제공한다. 이러한 논의는 복수의 조종사가 운항하는 상업항공사의 항공기 조종 환경에서의 역할 분담과 협업, 상호 점검 절차를 체계적으로 훈련할 수 있으며 ICAO 기준 부합뿐 아니라, 국내 조종사 양성 교육의 국제 경쟁력 확보에도 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

II. 이론적 배경

2.1 항공조종사 교육의 특성과 비정상상황²⁾ 훈련의 교육적 의미

항공조종사 교육의 목표는 안전하고 유능한 조종사를 양성하는 것으로 모든 조작과 판단은 표준 운항 절차에 따라 이루어지며, 상황판단력과 문제해결의 학습을 강조하고 있다. 이는 일반적인 교육분야와 다른 고유한 특징을 지니는데, 항공조종사교육은 항공 안전을 최우선 가치로 삼으며, 위기 예방 및 대응 능력 향상을 위한 체계적인 훈련이 핵심이라 할 수 있다(Helmeich and Merritt, 1998). FAA 항공규제위원회의 권고보고서(2024)에서는 학생 조종사의 의사결정 능력과 경험 축적을 위해 비행훈련장치(FTD)를 활용한 시나리오 기반 훈련의 중요성을 강조하고 있다. 긴급 상황 절차를 단순히 이야기하거나 학습하는 것만으로는 암묵적 지식을 충분히 쌓을 수 없기 때문에, 시뮬레이션을 활용하여 학생들이 실제로 긴급 상황을 경험하고, 자신의 지식을 적용하도록 한다고 하였다. 따라서 항공조종사 교육은 SOP(standard operating procedure)

에 따라 수행하고, 정확성과 안전, 표준화, 상황 대응력을 핵심으로 하며, 특히 비정상상황 교육은 조종사가 실제 상황에서 생명을 지키는 핵심 역량을 함양하기 위해 예측 불가능 상황에서 침착함과 집중력을 유지하며, 신속하게 위험을 평가하고 단호하게 행동하도록 훈련받는 것이 특징이라 할 수 있다. 그러나 모든 상황이 표준화된 절차로 해결될 수 있는 것은 아니며, 일부 비상상황(abnormal/emergency situations)에서는 조종사가 표준 절차를 일시적으로 우회하거나 위반해야 하는 상황도 발생할 수 있다. 표준화된 절차(SOP)를 위반해야 하는 예외적이고 예측 불가능한 상황에서는 SOP에 얽매는 것이 오히려 치명적인 결과를 초래할 수 있다.

ICAO(2007)는 자신의 전문적 판단(crew judgment)에 따라 즉흥적인 조치를 취해야 할 책임도 있음을 언급하고 있는데, 조종사들의 자율 결정 상황에서 비표준 절차를 선택할 수 있고, 생존 가능성을 높이기 위한 합리적 위반(reasoned deviation)도 허용하고 있다. Table 1은 FAA(Federal Aviation Administration, 2021)에서 SOP 위반 가능성을 기반으로 교육적 강조점을 정리하였다.

비정상상황이란 항공기가 정상 운항 범주를 여러 요소 등에 의해 유발된 상황을 벗어난 상태, 고장 또는 안전을 저해하는 상황을 말한다. 즉, 정상 운항을 방해하는 예기치 못한 상황을 말하며, 기체 결함, 조종사 건강 문제, 활주로 폐쇄, 기상 악화, 테러 위협 등이 이에 해당된다.

국내 K-항공사의 FOM(flight operations manual)에서 아래의 상황을 비정상상황으로 규정하고 있다.

- a) 항공기가 연기나 화재에 의해 위험한 상태에 놓여 있을 때

Table 1. Comparison of situation types, SOP deviation potential, and training focus areas

상황	SOP 위반 가능성	교육적 강조
생명위협 비상상황	높음	판단력, 유연성
SOP로 규정되지 않은 복합 상황	가능	창의적 대응
통신 두절 등 비정상 항로 상황	선택 가능	자율성, 책임감
SOP보다 더 안전한 대안 존재	고려됨	위험 분석 능력

2) 항공운항 매뉴얼에서는 비상상황(emergency situation)과 비정상상황(abnormal)을 엄연히 구분하고 있다. 비상상황은 즉각적인 조치가 요구되며, 항공기 승객의 생명과 안전에 직접적인 위협이 있는 상태로 비상 매뉴얼로 즉각적 조치가 필요하다. 비정상상황은 항공기가 정상적인 운항 상태를 벗어났지만, 즉각적인 위협은 없는 상태로 조종사가 체크리스트에 따라 대응 가능한 상태로 본다.

- b) 항공기의 위치를 정확하게 파악할 수 없을 때
- c) 항공기의 부품 또는 시스템 고장이 안전 비행에 영향을 주는 경우
- d) 통신 및 항법 장비가 접근 및 착륙 절차에 영향을 미칠 수 있는 정도로 손상되어 있을 때
- e) 비상 탈출 가능성이 높을 때
- f) 심각한 연료 부족 상태일 때
- g) 비행 중 회항이 필요한 위중한 환자가 발생한 경우
- h) 비행 중 회항이 필요한 불법 방해 행위가 있는 경우
- i) 기장의 판단에 비행의 안전 또는 탑승한 어느 누구의 안전이라도 위협 받게 되는 것으로 간주한 경우

항공조종사 교육에서는 위의 상황에서 SOP의 중요성을 철저히 가르치되, “규칙을 넘어서야 하는 순간도 존재한다”는 인식과 판단 훈련을 함께 해야 하므로 시나리오 기반 훈련, 시뮬레이터 활용, 문제기반학습(PBL) 등을 통해 학생 조종사가 비정상상황에서 융통성 있는 사고와 책임 있는 결정을 내릴 수 있도록 시도되어야 한다. 항공운항학과 재학생의 학습과 훈련을 통한 적극적인 안전이행과 규정준수는 비행훈련 중 예기치 못한 상황에서 상황을 인지하고, 분석하여 해답을 도출하여 실천에 옮기는 과정의 단계별 능력을 향상시키는 것으로 나타났다. 따라서 학생 조종사 교육에서 비정상상황 교육은 조종사는 상황을 분석하고, 자율적으로 판단 및 대응해야 하며, 이는 고차 사고력을 기르는 데 효과적이고 비판적 사고와 문제 해결력을 향상시킬 수 있다. 의사결정 능력 및 스트레스 상황 대응 훈련은 예기치 못한 비정상상황은 조종사의 순간적인 의사결정 능력을 요구하기 때문에, 반복적인 훈련은 신속-정확한 판단 능력을 키우는 데 유용하다고 하였다 (Jonassen, 2011).

표준화된 절차 중심과는 달리 비정상상황에서는 가변적인 상황에 따른 종합적인 판단력이 중요하므로 비정상상황 교육을 통해 학습자는 판단력, 유연성, 창의적 대응, 자율성, 책임감, 위험 분석 능력을 함양할 수 있으며, 교육에 있어서 이러한 훈련은 실제 사고 가능성이 있는 환경을 반영하므로, 학습자에게 현실성 있는 학습 기회를 제공하며, 이는 이론 학습의 한계를 보완할 수 있다(Herrington and Oliver, 2000).

2.2 예비 조종사 교육에서의 위험 관리

항공 안전은 절대적인 무사고 상태가 아니라, 위험 요소를 지속적으로 관리하고 통제하여 허용 가능한 수준으로 유지하는 것으로 사고 예방을 중심으로 한다. 따라서 예비 항공조종사 교육에서 조종사가 위험을 인식하고, 판단하며, 적절히 대응할 수 있도록 위험관리(risk management) 능력을 갖추는 것이 주요 목적이라 할 수 있다.

위험(risk)은 인명 피해 또는 재산의 손상을 포함하여 다양한 위험 요소(hazards)들에 노출될 수 있는 확률 또는 가능성의 정도(possible severity)라고 정의할 수 있다. 위험관리는 위험 요소를 체계적으로 식별하고 위험 수준을 평가하여 최상의 방책을 결정하기 위해서 계획된 의사결정 과정이다(Lee, 2021). 위험관리의 과정은 인적, 물적 임무에 관한 운항 위험 요소들을 식별하고, 위험을 감소하기 위한 합리적 수단을 선택할 수 있는 과정이다.

Table 2는 FAA(미 연방항공청)와 ICAO(국제민간항공기구)의 Aviation Risk Management(항공위험관리) 절차를 바탕으로 항공조종사 훈련에서 주로 사용하는 위험 관리 과정 6단계를 정리한 것이다.

항공운항 교육에서는 조종사의 안전운항 역량 강화를 위해 표준운항절차(SOP, standard operating procedure)와 위협 및 오류 관리(TEM, threat and error management)를 통합적으로 적용한다. SOP는 조종사가 모든 비행 단계에서 일관되고 안전하게 행동할 수 있도록 표준화된 지침을 제공하며, TEM은 예상치 못한 외부 위협과 조종사의 오류를 사전에 인식하고, 발생 시 신속하게 대응하여 사고를 예방하도록 돕는다.

이를 통해 조종사는 비정상상황에서도 체계적이고 안전한 의사결정과 문제 해결 능력을 발휘할 수 있으며, 항공 안전을 극대화할 수 있다. TEM(threat and error management)은 위협과 오류를 예방, 식별, 관리하는 체계이며, 조종사에게 CRM(crew resource management)과 함께 훈련된다. 이는 팀의 협업 능력을 전제로 하는데, CRM은 항공안전을 위한 비기술적 역량(NTS, non-technical skills) 상황인식, 의사결정, 팀워크, 리더십, 스트레스 관리를 포함한다. 국제민간항공기구(ICAO)의 Doc 9683에서 제시하고 있는 인적 요인 구성에서 조종사 간의 의사결정의 행동은 조종사들의 심리와 대인관계 요인과 관련이 있다.

본 연구는 모든 구성 요인을 다루는 데 한계가 있으

Table 2. 6-step risk management process (FAA, 2021)

단계	과정	주요 내용
Step 1	위험 요소 식별 (Identify the hazard)	비행 환경, 기상, 기체 상태, 인적 요인 등 위험 요소를 인지하고 기록
Step 2	위험 평가 (Assess the risk)	위험 발생 가능성과 심각도를 분석하여 위험 수준(high/medium/low) 결정
Step 3	위험 완화 방안 분석 (Analyze the risk controls)	가능한 대처 방법과 절차, 대체 계획 검토
Step 4	통제 방안 결정 (Make control decisions)	가장 효과적이고 실행 가능한 위험 완화 조치 선택
Step 5	위험 통제 실행 (Implement risk controls)	SOP 준수, 계획 변경, 항로 수정, 추가 안전 장비 활용 등 실행
Step 6	감독 및 재평가 (Supervise and review)	비행 중 위험 조치가 효과적인지 모니터링함, 필요시 절차 수정

므로 항공심리(aviation psychology)의 여러 요인 중 인지체계(perceptual and situational awareness), 판단과 의사결정(judgement and decision-making), 태도(attitudinal factors)요소와 대인관계(interpersonal relation)영역에서 항공기 운항관련 종사자와의 의사소통, 문제해결 방법과 의사결정(problem solving and decision making) 영역에 집중한다. 비정상상황은 엔진 고장, 항법장치 오류, 기상악화 등 정상 절차에서 벗어난 모든 운항 환경을 포함하며, 단순한 기술적 조종 능력만으로는 안전 대응이 어렵다(Human Factors Analysis, 2019).

이러한 상황에서는 NTS 기반이 종합적 대응 역량이 성패를 좌우하는데, NTS 주요 범주를 교육적 내용과 연결하면 Table 3과 같다. 많은 항공사들은 ICAO, EASA, FAA 기준을 통합한 실무형 NTS 8요소로 Table 3에서 정리한 방식으로 훈련에 적용하고 있으며, 개별 항공사의 CRM 또는 FOM에 따라 특정 요소가 하위의 관리요소로 포함되기도 한다. 예를 들어, ICAO Human Factors Training Manual(Doc 9683)은 관찰(monitors)을 상황인식(situation awareness)의 하위 요소로 분류하고 있으며, Helmreich and Merritt(1998)을 비롯한 일부 문헌에서는 관찰·교차확인(monitors & cross-checking)을 NTS의 핵심 행동 요소로, 또한 스트레스·피로 관리(stress & fatigue management) 요인을 조종사의 수행능력(human performance)에 중대한 영향을 미치는 주요 요소로 다루고 있다. 그러나 항공안전을 포괄적으로 고려하고 국제적 동향을 살펴보면, Table 3에서 제시한

8개 범주는 조종사의 비기술적 역량을 구성하는 핵심 요소(key elements)로 일관되게 인식되고 있음을 확인할 수 있다. 각 국제 항공기관의 문헌을 비교해 보면, 적용 맥락이나 강조점에 따라 일부 세부 분류에 차이가 있을 뿐, 그 본질적 범주는 동일함을 알 수 있다(Helmreich & Merritt, 1998).

항공 분야에서 비기술적 능력(NTS, non-technical skills)의 부족은 오류 가능성을 높이는 주요 요인으로 지적된다. 반대로 효과적인 NTS는 사고 발생 가능성을 줄이고, 안전성을 강화하는 핵심적 요인으로 작용한다. NOTECHS은 CRM을 바탕으로 방법을 제시하고, 절차대로 잘 시행이 되는지를 비행과정에서 평가하고 결과를 피드백하여 비행안전에 기여할 수 있는 기틀을 제공하는데 그 의미가 있다(Lee et al., 2013). 특히 비정상상황에 대한 대응에서 협업 능력은 필수적이며, 공유된 상황인식, 신속한 대안의 생성, 효과적인 의사결정은 안전성과 사고 예방의 기반이 된다. 이러한 협업 능력은 기장과 부기장 간의 상호작용뿐만 아니라, 관제사와의 원활한 의사소통을 가능하게 하여 위기 상황에서도 안전성을 극대화할 수 있도록 한다.

실제 조종실 내 오류의 상당 부분은 불명확하거나 위계적인 조직문화로 인해 발생하는 의사소통 문제에서 비롯된다. 따라서 비정상상황에서 특정 개인의 판단에만 의존하는 것은 위험하다. 이에 반해 NTS 훈련을 이수한 조종사들은 팀 기반 의사결정을 통해 상황을 다각도로 분석하고, 잠재적 리스크를 최소화함으로써 위기 상황 대응 능력을 향상시킬 수 있다. Table 3은 ICAO Safety Management Manual(Doc 9859)에

Table 3. Instructional content for key NTS competencies

범주(능력) ¹⁾	교육 내용
의사소통(Communication)	명확·간결한 메시지 전달, 올바른 용어 사용, 상호 확인
협력(Teamwork)	조종사 간 협력, 역할 분담, 상호 지원, 조화로운 조종실 운영
리더십 및 팔로워십(Leadership & followership)	기장·부기장 간 역할 수행, 주도적 지휘와 적절한 보고 및 제안
의사결정(Decision making)	대안 비교, 위험 평가, 시간압박 상황에서의 적절한 선택
업무관리(Workload management)	업무(임무) 우선순위 배분, 자동화 활용, 과부하/저부하 균형 유지
상황인식(Situation awareness)	현재·미래의 상태 파악, 비정상 신호 감지, 환경 변화 예측
관찰·교차확인(Monitoring & cross-checking)	계기·시스템 지속 확인, 오류 탐지, 상호 확인 절차
스트레스·피로 관리(Stress and fatigue management)	스트레스 요인 인식, 생리적·인지적 한계 관리, 휴식 전략

제시된 Threat and Error Management(TEM) 개념, FAA의 Single-Pilot Resource Management 관련 공식 자료, 그리고 FAA CRM 발전 단계에 대한 선행 연구와 ICAO Evidence-Based Training 매뉴얼 (Doc 9995)을 종합하여 재구성한 것이다.

NTS의 주요 핵심요소는 의사소통(communication), 팀워크(teamwork), 리더십 및 팔로워십(leadership & followership), 의사결정(decision making), 업무관리(workload management), 상황인식(situational awareness), 관찰·교차확인(monitoring & cross-checking) 그리고 스트레스·피로관리(stress & fatigue management)로 요약되며, 이는 위기관리의 각 단계와 밀접하게 연계된다. 이러한 요소들을 실제 운항 상황에서 효과적으로 적용하기 위해서는 학습자 수준에 따른 단계적 실습 설계가 필요하다. 우선 기초 단계에서는 기장·부기장·관제사 간의 역할극과 표준화된 용어를 활용한 시나리오 브리핑, 체크리스트 기반 협력 훈련이 효과적이다. 이후 실습 단계에서는 실제 운항 상황을 가정한 시뮬레이터 기반 팀 훈련을 통해 비정상상황에서 발생할 수 있는 의사소통 문제의 원인을 파악하고, 이를 극복하는 경험을 제공할 수 있다. 이를 통해 조종사는 NTS의 핵심 요소를 운항 현장에서 통합적으로 적용할 수 있으며, 결과적으로 위기 대응 능력을 체계적으로 제고할 수 있다.

2.3 항공조종사 교육에서 PBL(Problem-Based Learning) 연구

2.3.1 교육적 측면의 PBL

교육적 추세의 대표적 학습법인 문제기반학습(PBL, problem-based learning)은 구성주의에 기초한 학습 방법으로, 학습자가 생활할 맥락에서 경험할 수 있는 문제를 제시받고, 이를 자기 주도적으로 해결하는 과정을 통해 학습이 이루어지도록 유도한다(Park, 2018). 항공 분야의 선행연구는 주로 항공 서비스 영역에 집중되어 있으며, NTS와 NOTECHS에 관한 선행연구도 국내에서는 제한적이었지만 PBL에 관한 연구는 객실 서비스 분야에 국한되어 있었다. 항공서비스 관련한 연구들은 PBL이 학습자의 문제 해결 활동 참여를 촉진하고, 팀 내 의사소통 문제를 인식하게 하며, 전반적으로 긍정적인 학습 경험을 제공한다고 보고한다(Park, 2021). 즉, PBL은 학습 만족도, 협업 능력, 문제 인식 능력에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 국내 조종사 및 비행훈련 분야에서 PBL을 직접 적용한 연구는 여전히 제한적이다. 이에 따라 항공운항학과와 같은 조종사 양성 교육기관에서는 탐색형 학습과 팀워크 증진을 위한 교수법을 다각도로 연구하고 적용할 필요가 있다. 국외에서는 van Leeuwen et al. (2024)이 일반항공(general aviation) 조종사 45명을 대상으로 탐색기반 학습을 실시한 연구가 주목된다. 그는 자동조종장치(autopilot)의 작동 원리와 비정상 상황 대응 능력 향상을 위해 가이드 없는 탐색형, 가이드 있는 탐색형, 통제 집단으로 나누어 훈련을 진행하였으며, 그 결과 '가이드 있는 탐색형' 집단이 오류 진단 정확도와 기능 선택 속도에서 가장 우수한 성과를 보였다.

PBL(문제기반학습법)은 학습자가 문제 해결, 인식, 대처 능력을 향상시킬 수 있도록 하는 학습자 중심의 교수법이다. 학습자는 스스로 주제를 설정하고, 이론과

실습을 병행하며, 다양한 지식과 정보를 반영하는 자율적 학습 환경에서 학습한다. 교수자는 학습 촉진자로서의 역할을 수행하고, 학습자는 자기 주도적 학습에 대한 책임을 지게 된다(Savery, 2015). Barrows(1994)가 제안한 PBL 모형은 문제 제시, 문제분석 및 가설 설정, 자율적 학습, 통합 및 토의, 해결안 도출 및 적용, 성찰 및 평가의 절차를 포함하며, 이를 통해 학습자는 단순 지식 암기를 넘어 비판적 사고, 협업 능력, 현실적 문제 해결 역량을 기를 수 있다. 문제기반학습에서 매우 중요한 단계인 문제설정에 대해 실제 산업체에서 발생하는 서비스와 안전을 기반으로 하는 다양한 문제점의 범위를 제공하여 학생들의 스스로 문제를 인식하고 해결함으로써 실무능력과 학습성과를 도출할 수 있다는 점에서 의미가 있을 것을 사료된다(Kim and You, 2022).

특히 항공조종사 교육에서 PBL은 실제 운항 현장에서 요구되는 의사결정 능력 강화를 위한 효과적인 접근 방식으로 평가된다. 조종사는 다양한 비정상상황에서 즉각적인 판단과 조치를 요구받으며, PBL은 시나리오 기반 학습이나 시뮬레이터 기반 문제 해결 과정을 통해 판단력, 우선순위 결정, 절차 수행 능력을 훈련시킬 수 있다. 예를 들어, 기상 악화 시 비행 중단 여부 판단이나 기체 경고음 발생시 매뉴얼 참조 및 절차 실행과 같은 실제적 문제 해결 경험을 제공함으로써, 학습자는 보다 실질적인 상황 대응 능력을 축적할 수 있다.

예비 조종사 교육에서 PBL 중심 훈련의 효과성은 일부 선행연구에서 논의되었으나, 위기상황 대응 훈련에서는 시나리오 기반과 시뮬레이터 기반 학습을 학습자 수준별로 통합하여 운영하는 것이 바람직하다. 두 방식은 모두 실제성 있는 학습 경험을 제공한다는 공통점을 지니지만, 초점과 학습 효과는 상이하다. 따라서 이들은 상호보완적 관계를 형성하며, 항공조종사 교육에서는 통합적 적용이 효과적이다.

2.3.2 시나리오 기반 PBL

시나리오 기반 PBL은 주로 1인 조종사자원관리(SRM, single-pilot resource management) 훈련에 적용된다. 이 방식은 조종훈련생이나 기종 전환 조종사가 실제 상황에서 의사결정 과정을 경험할 수 있도록 하며, 기본 조종 기술을 유지하면서 과제 및 기동 기반 훈련을 병행한다. 학습자는 강의실이나 토론실에서 사고 사례 또는 비정상상황 시나리오를 기반으로 상황

분석-의사결정-협업-리스크 평가 과정을 수행하며, 이를 토론과 문서화 과제로 정리한다. 이러한 학습은 다양한 위기 상황을 안전하게 탐구할 수 있도록 하며, 반복적 훈련과 다양한 시나리오 적용을 통해 비판적 사고와 의사결정 능력을 강화할 수 있다는 장점이 있다. 나아가 2인 조종사자원관리(CRM, crew resource management) 훈련에 적용될 경우, 협업과 역할 분담이 필수적인 조종 환경에서 보다 심화된 형태로 발전할 수 있다. 특히 기장과 부기장 간 의사결정 합의 과정, 비정상상황에서의 역할 분담, 교신 및 워크로드 관리 등 협력적 과제가 핵심 훈련 요소로 포함된다. 이러한 훈련은 팀 단위 의사결정, 효과적인 커뮤니케이션, 리더십과 팔로워십 역량을 동시에 함양할 수 있는 장점을 지닌다. 다만 CRM은 이미 LOFT(line-oriented flight training), TEM(threat & error management)과 같은 독자적인 국제 표준 훈련 체계를 기반으로 발전해왔기 때문에, 시나리오 기반 PBL은 CRM 훈련의 주도적 체계라기보다는 이를 보완하는 교수 전략으로 활용되는 경우가 일반적이다. 실제 조종사 훈련의 기본은 이론에서부터 시작되어 비행실습으로 이어지는데, 조종사가 되기 위한 가장 중요한 절차는 Check ride 즉, 실기평가이다. 이론 평가가 끝난 후 최종적으로 실시되는 실기평가에서 기량이 부족하면 조종사 자격을 받지 못하므로 단순한 시나리오 기반의 훈련 역시 한계가 있다고 사료된다.

2.3.3 시뮬레이터 기반 PBL

한편, 시뮬레이터 기반 PBL은 실행·행동 중심의 학습으로, 조종석 환경을 모사한 모의비행장치(FTD, flight training device)를 활용한다. 학습자는 주어진 시나리오를 실시간으로 조작·실행하며 대응하고, 실제 운항과 동일한 절차 및 기술을 훈련한다. 또한 시간 압박, 공간 제약, 시스템 경고 등 현실적인 스트레스 요인을 경험할 수 있어, 보다 실질적인 위기 대응 능력을 체득할 수 있다. 다만 이론적인 배경없이 조종기량만으로는 훈련의 한계가 있다고 할 수 있다.

따라서 시나리오 기반과 시뮬레이터 기반 PBL은 각각 상이한 장·단점을 가지지만, 상호 보완적 관계를 형성하며, 항공조종사 교육에서 두 방식을 통합적으로 적용하는 것이 가장 효과적일 것으로 판단된다.

이 두 접근법은 학습 초점과 적용 환경에서 차이를 보인다. 시나리오 기반 PBL은 사전 분석 및 개념 학습

단계에서 효과적이며, 학습자의 의사소통, 협업, 리더십과 같은 인지적 역량을 강화한다. 반면 시뮬레이터 기반 PBL은 실행·적용 단계에서 효과적이며, 학습자가 실제 조종 상황에 준하는 심리적 압박 속에서 절차적 수행 능력과 상황인식을 훈련할 수 있다.

따라서 교육적 효과를 극대화하기 위해서는 두 접근법을 상호 보완적으로 결합하는 것이 바람직하다. 즉, 시나리오 기반 PBL을 통해 위기 상황에 대한 문제 해결 프레임워크를 학습한 후, 시뮬레이터 기반 PBL을 통해 실제 적용 능력을 검증·강화하는 혼합형 교수 설계가 이상적이다. 결국 시나리오 기반 PBL은 학습자의 사고력과 협업 역량을 심화시키는 데 강점이 있으며, 시뮬레이터 기반 PBL은 학습자의 실행력과 절차 수행 능력을 강화하는 데 강점을 가진다. 이러한 상호보완적 접근을 통합함으로써, 예비 조종사는 실제 운항 상황에서 발생할 수 있는 다양한 비정상상황에 대해 이론적 이해와 실전 대응 능력을 동시에 갖춘 안전 중심의 전문 조종사로 성장할 수 있다. 따라서 PBL은 문제를 분석하고 여러 대안을 비교하여, 자율적이고 비판적인 사고를 하도록 유도하기 때문에, 이는 비행 중 돌발 변수에 대한 유연한 대응력과 직결되므로 궁극적으로 사고나 위험 상황을 직접적으로 다루는 PBL 문제는 조종사에게 안전중심사고(safety mindset)를 형성하여 예방 중심의 안전 의식을 내면화할 수 있다. Table 4는 시나리오 중심 문제기반학습(PBL)과 시뮬레이션 통합형 문제기반학습(PBL)의 주요 차이점을 정리하였다.

2.4 NTS와 NOTECHS 용어의 정리

2.4.1 NTS(Non-Technical Skills)

Flin et al.(2008)은 NTS를 “기술적 조종능력을 보완하고 안전하고 효율적인 업무 수행을 가능하게 하는

인지적·사회적 기술”로 정의하였다. 즉, NTS는 조종사의 비행조작능력(technical skills)이 아닌, 사고 예방과 효과적인 업무 수행을 위해 요구되는 행동적·인지적·사회적 요소들을 포괄하며, 상황인식, 의사결정, 의사소통, 팀워크, 리더십, 업무량 관리 등의 영역으로 구성된다. 이러한 능력은 항공 안전에 직접적으로 기여하는 핵심 요소로 간주되며, 사고 사례 분석에서도 반복적으로 나타나는 인간요인의 중심 변수로 다뤄진다. NTS(non-technical skills)는 기술적 조작이나 시스템 제어 외에, 인간이 조직·팀·환경 속에서 안전하고 효율적으로 업무를 수행하도록 돕는 의사결정, 팀워크, 상황인식, 리더십, 커뮤니케이션과 같은 인지적·사회적·행동적 기술이다. NTS는 조종사가 무엇을 익혀야 하는가를 말하는 것이다.

2.4.2 NOTECHS(Non-Technical Skills)

NOTECHS(non-technical skills) 시스템은 조종사의 비기술적 역량을 구조적으로 관찰·평가하기 위해 개발된 행동 기반 평가 체계이다(Flin et al., 2008). NOTECHS는 협력(cooperation), 리더십 및 관리능력(leadership and managerial skills), 상황인식(situation awareness), 의사결정(decision making) 네 가지 핵심 영역으로 구성되며, 각 영역은 관찰 가능한 행동지표(observable behaviours)로 세분화되어 훈련·평가 현장에서 표준화된 방식으로 활용된다. 즉, NOTECHS는 NTS 개념을 실제 비행훈련 및 평가 환경에서 적용하기 위해 설계된 평가 도구이며, 조종사의 행동적 수행능력을 정량적·정성적으로 검증하는 데 사용된다.

일부 연구자들은 NOTECHS를 조종사의 비기술적 역량(NTS) 그 자체로 잘못 이해하는 경우가 있는데, 이것은 선행연구의 분석 오류로 볼 수 있으며, 비행안

Table 4. Key differences between scenario-oriented PBL and simulation-integrated PBL

구분	시나리오 기반 PBL	시뮬레이터 기반 PBL
학습 초점	인지적 과정 (분석, 의사결정, 토론)	실제 실행(절차 수행, 행동 반응)
환경	교실, 사례 토론, 가상 문서·영상	모의 조종실(FTD/시뮬레이터)
비용·자원	낮음 → 반복 가능성 높음	높음 → 제한적 훈련 횟수
NTS 학습	의사소통·협업·리더십 훈련 중심	상황인식·의사결정·업무 관리 등 실전 적용
위험 체험	실제 위험 없음, 이론적 탐구 가능	실제와 유사한 심리적 압박·위험 체험 가능
평가 방식	보고서·발표·토론 평가	행동 관찰·디브리핑 데이터 평가

전을 위하여 비행능력과 과정을 평가하는 도구로 정의하여야 한다.

NOTECHS는 NTS를 항공 조종사 맥락에서 관찰가능한 행동지표(behavioural markers)로 구조화하여 평가하기 위한 시스템으로서 NTS를 교육과 평가하기 위한 실무도구이다. Table 5는 비기술적 역량(NTS)과 NOTECHS 평가체계를 비교 정리하였다.

III. 비정상상황 대응 시나리오 기반 & 시뮬레이터 기반 통합형 PBL 교수 설계

3.1 시나리오 기반 훈련

시나리오 기반 PBL은 사전 훈련과 이론적 준비 단계로 효과적이며 시뮬레이터 기반 PBL은 실행-적용 단계로 강력한 모델이다. 따라서 두 방식을 통합하면 시나리오 기반 PBL로 문제 해결 프레임워크를 익히는 단계이다. 시나리오기반 훈련(scenario-based training, 이하 SBT)은 조종사에게 현실적 비행상황을 가정한 시나리오를 제시하고, 이를 통해 학습자가 스스로 판단·결정·대응하는 과정을 학습하도록 설계된 훈련 체계이다.

이는 단순히 비행기 조작이나 절차의 숙달을 목표로 하는 것이 아니라, 상황인식(situational awareness), 의사결정(aeronautical decision making), 위험관리(risk management)와 같은 비기술적 능력(non-technical skills)의 향상을 목적으로 한다.

FAA(2007)는 기존의 전통적 비행훈련이 개별 기동의 정확성과 일관성에 초점을 둔 기동중심(manuever based) 훈련이었다면, 시나리오기반 훈련(SBT)은 실제

운항 임무와 상황 맥락 속에서 조종사의 판단과 의사결정을 통합적으로 훈련하도록 교육의 초점을 전환시켰다고 강조하였다.

즉, 조종사가 수행하는 모든 훈련 과제를 스스로 이해하고 설명할 수 있도록 설계된다.

3.1.1 시나리오 설계 및 적용절차

시나리오기반 훈련의 성패는 무엇보다 시나리오 설계의 질적 완성도에 달려 있다.

미국연방항공청(FAA, 2007)은 “Managing Risk through Scenario Based Training, Single Pilot Resource Management, and Learner Centered Grading”에서 효과적인 시나리오 개발을 위해 체계적 절차를 제시하였다. 이 절차는 단순한 과제 중심 훈련이 아니라, 훈련생이 실제 운항에서 마주칠 수 있는 상황을 재현하고 그 안에서 스스로 판단·결정·대응하도록 설계하는 것을 목표로 한다.

첫째, 훈련목표 설정(purpose definition) 단계에서는 시나리오의 목적을 명확히 규정해야 한다.

각 비행 과제는 단순한 조작 숙달이 아니라, 목표 달성 실패 시의 결과(consequence)를 함께 제시하여 학습자가 비행의 의미와 리스크를 인지하도록 해야 한다. 즉, ‘비행에 실패하면 어떤 결과가 발생하는가?’라는 사고를 통해 학습자의 상황인식(situational awareness)과 위험관리(risk management) 능력을 자극하는 것이 핵심이다.

둘째, 시나리오 계획(scenario planning) 단계에서는 학습자가 직접 비행 목적지, 경로, 기상조건, 위험요소 등을 설정하며, 교관은 이를 검토·조정한다. 이 과정

Table 5. Comparison between NTS and NOTECHS (ICAO Doc9683, Flin et al., 2008)

구분	NTS	NOTECHS
목적	개념적 프레임워크	평가 시스템(Assessment framework)
정의	비기술적 역량 전체(인지·사회적 기술)	NTS를 관찰 평가하기 위한 행동기반 시스템
구성	안전 수행에 필요한 인간요인 기술 규정	조종사의 NTS를 구조화하여 평가 가능하게 만들기
특징	상황인식, 의사결정, 팀워크, 리더십, 의사소통, 스트레스/피로, 모니터링(교차확인), 업무량 관리 등	4대 카테고리: Cooperation, leadership & managerial skills, situation awareness, decision making
활용목적	개념적 요소로 존재하지만, 표준화된 지표는 없음	각 카테고리에 세부 행동지표(observable behaviours) 존재
평가성	추상적·개념적 → 직접 평가는 불가	행동 기반으로 평가 점수 부여 가능
배경	인적요인(HF) 학문 전반에서 발전	JAA(유럽), CRM 평가 목적

에서 교관은 단순한 감독자가 아니라, 학습자의 의사결정 과정(decision process)을 설계적으로 지원하는 학습 촉진자(facilitator)의 역할을 수행한다. FAA(2007)는 시나리오 설계 시 학습자 중심 접근(learner-centered approach)을 강조하며, 학습자가 비행 전 단계부터 문제 인식(problem identification)과 대안 탐색(alternative search)을 수행하도록 권고하고 있다.

셋째, 비행수행(scenario execution) 단계는 실제 훈련의 핵심으로, 훈련생에게 예기치 못한 변수를 제시함으로써 실시간 의사결정 상황을 유도한다. 변수에는 기상 급변, 항공기 시스템 이상, 통신 장애 등 다양한 요인이 포함될 수 있다. 교관은 이때 직접 해답을 제시하지 않고, “지금 상황에서 당신의 선택은 무엇인가?”, “그 결정을 내린 이유는 무엇인가?”와 같은 개방형 질문을 통해 학습자의 사고를 자극한다. 이러한 상호작용은 단순히 절차를 암기하는 수준을 넘어, 실제 상황에서의 판단력(judgment)과 의사결정 품질(decision quality)을 향상시키는 핵심적 요소로 작용한다. 넷째, 디브리핑(post-flight Debrief) 단계는 학습자의 반성적 사고(reflective thinking)를 촉진하는 과정이다. 비행 종료 후 교관과 훈련생은 시나리오 전반을 검토하며, 수행 결과보다는 의사결정 과정의 적절성을 중심으로 논의한다. 이는 “왜 그렇게 판단했는가?”, “다른 선택지를 고려할 수 있었는가?”라는 질문을 통해 학습자가 자신의 사고 과정을 객관화하도록 돕는 것이다. 결국 이러한 일련의 절차는 경험·반성·개념화·재적용으로 이어지는 학습 순환구조를 형성한다. 이는 Kolb(1984)의 경험학습이론(experiential learning theory)에서 제시한 학습 순환(learning cycle)과 유사하며, 학습자가 단일 비행 경험에서 지속적으로 인지

적 성숙(cognitive maturity)을 축적하도록 한다.

Table 6은 비정상 상황 대응을 위한 시나리오 기반 훈련의 주요 단계 및 핵심특성을 정리 하였다.

3.2 ICAO Doc 9683과 ICAO Doc 9806의 공통 NTS 요소

ICAO Doc 9683과 Doc 9806은 각각 인적요인 교육과 안전감사를 위한 지침을 다루는 문서이지만, 두 문서 모두 항공 종사자의 안전성과 직결되는 핵심적인 비기술적 역량(NTS)을 공통적으로 강조한다. 두 문서에서 공통적으로 제시하는 NTS 요소들을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 상황인식(situational awareness)은 두 문서 모두에서 가장 중요한 인적요인 중 하나로 다뤄진다. 상황인식은 조종사나 정비사, 감독자가 현재 상태를 정확히 파악하고, 미래의 변화를 예측하며, 적절한 대응을 선택하는 능력을 의미한다. 이를 위해서는 항공기의 시스템 상태를 지속적으로 모니터링하고, 비정상 징후를 감지하며, 주의를 적절히 분배하는 능력이 필수적이다. 이러한 능력은 사고 예방의 전제 조건으로 제시된다.

둘째, 의사결정(decision making)은 안전에 직접적으로 영향을 미치는 판단 과정을 지칭한다. Doc 9683은 CRM 기반의 의사결정 모델을 소개하며 조종사가 다양한 정보를 종합해 가장 안전한 선택을 할 수 있도록 강조한다. Doc 9806 역시 의사결정의 질이 안전감사 및 사고 예방에 핵심적으로 작용한다고 보며, 위험 평가, 대안 비교, 결과 예측 등을 중요한 하위 요소로 제시한다.

셋째, 의사소통(communication)은 팀 내·팀 간 협

Table 6. Major phases and features of scenario-based training for abnormal situation response (FAA, 2007)

명칭	주요 내용	교육적 핵심 효과
훈련목표 설정(1단계) (Purpose definition)	비행 목표와 실패 시 결과(consequence)를 명확히 제시하여 학습자가 임무의 목적과 위험을 인식하도록 함	상황인식(SA) 및 위험관리(RM) 능력 자극
시나리오 계획(2단계) (Scenario planning)	학습자가 직접 목적지, 경로, 기상 조건 등을 설계하고, 교관은 의사결정 과정을 촉진	학습자 중심 학습(learner-centered learning) 강화
비행 수행(3단계) (Scenario execution)	예기치 못한 변수(기상, 시스템 이상 등)를 삽입하여 실시간 의사결정 유도	판단력 및 의사결정 품질(decision quality) 향상
디브리핑(4단계) (Post-flight debrief)	비행 후 교관과 학습자가 의사결정 과정을 평가 및 성찰(reflection)	자기평가(self-assessment) 및 반성적 사고(reflective thinking) 촉진

업의 기반이 되는 요소로, 두 문서는 모두 표준화된 용어 사용, 명확한 정보 전달, 적절한 브리핑 및 리포팅을 강조한다. 특히 항공 사고의 상당수가 의사소통 오류에서 비롯된다는 점을 지적하며, 커뮤니케이션 능력을 NTS의 핵심으로 다룬다.

넷째, 팀워크(teamwork)와 협력(cooperation) 또한 공통적으로 강조되는 영역이다. 항공업무는 여러 직종과 역할이 함께 수행되기 때문에 역할 분담, 상호 지원, 크로스체킹, 갈등 해결 능력 등이 필수적이다. NOTECHS 체계에서도 핵심 요소로 구성되는 팀워크는 ICAO 문서에서도 중복적으로 확인되는 중요한 범주이다.

다섯째, 리더십(leadership)은 비행조종실뿐 아니라, 정비조직이나 감독 영역에서도 중요한 역할을 갖는다. 두 문서는 리더가 팀을 지휘하고 조율하며, 업무의 우선순위를 설정하고 적절한 권한을 위임하는 능력을 강조한다. 이는 CRM 훈련에서도 일관되게 제시되는 핵심 역량이다.

여섯째, 스트레스 및 피로 관리(stress & fatigue management)는 개인의 심리적·신체적 상태가 업무 수행 능력에 영향을 미친다는 점에서 중요한 요소로 다뤄진다. Doc 9683은 개인 차원의 스트레스 관리와 피로 인식을 강조하는 반면, Doc 9806은 조직의 업무 환경과 운영 시스템을 통해 스트레스와 피로를 예방하는 구조적 접근을 요구한다.

끝으로, 업무량 관리(workload management)는 시간 관리, 자동화의 적절한 활용, 작업 우선순위 설정 등과 관련된 능력을 의미한다. 업무량이 과도하거나 지나치게 적을 때 모두 인적 오류의 위험이 높아지기 때문에, 두 문서 모두 이를 CRM의 핵심 요소로 다루며 적절한 관리 전략의 필요성을 강조한다.

항공안전 연구자들은 관찰 및 교차확인(monitors & cross checking)이 빠져 있는 것에 대해서 의문을 가질 수 있을 것이다. 그러나 ICAO Doc 9683 (Human Factors Training Manual)에서의 관찰(monitors)은 상황인식(situational awareness)과 팀워크(teamwork)의 필수 구성요소로 다루지고 있고, Doc 9806("Human Factors Guidelines for Safety Audits")에서도 관찰(monitors)은 Human Performance의 핵심 요소로 다루지고 있음을 확인하였다. 이처럼 ICAO Doc 9683과 Doc 9806은 목적은 다르지만 인간의 수행능력과 안전에 영향을 미치는 핵심

비기술적 역량을 매우 유사한 범주로 다루고 있으며, 이러한 요소들은 현대 항공안전 패러다임의 기반을 이루는 공통된 인적요인 요소들이다. 따라서 시나리오 기반 & 시뮬레이터 기반 통합형 PBL 교수모형을 설계할 때 NTS Key Elements에 긍정적 영향을 미칠 수 있도록 설계되어야 할 것이다.

3.3 시나리오 기반 & 시뮬레이터 기반 통합형 PBL 교수모형

위에서 논의한 주제에 대한 모형을 개발하기 위해서는 시나리오 기반 학습과 시뮬레이터 기반 실습을 통합하며 NTS의 핵심 요소들이 실습 전 중 후 단계에서 통합되어야 한다. 그리고 위기관리 6단계가 교수 학습 과정의 흐름과 연결되어야 한다.

전체적인 PBL 교수모형 흐름에서 교수모형 설계를 위해서 우선, 1단계는 오리엔테이션 및 팀 구성을 하며 학습자 집단을 어떻게 구성할 것인가 역할 분담 및 학습 목표를 공유한다. 2단계는 사전 분석 및 시나리오를 공유한다. 가상의 위기상황을 분석하고 시나리오의 위협 요소와 영향을 탐색한다. 3단계는 PBL문제 탐색 단계이다. 학습자들이 대응전략을 수립하고, NTS요소를 활용한다. 4단계는 시뮬레이션 실습을 하면서 역할을 수행한다. 대응전략을 문서화하고 실습에서 실행하도록 한다. 5단계는 실습 후 평가, 학생 내용을 리뷰하며 개선점을 탐색한다. 즉, 디브리핑 및 피드백 과정이다. 이 과정을 도식화하면 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서 본 연구자가 제시한 모형의 장점은 위기관리 6단계가 순차적으로 반영되어 있고, NTS 핵심요소가 준비단계부터 실습과 피드백 전 과정에서 지속적으로 강조된다는 점이다.

비정상상황 대응 시나리오와 시뮬레이션 기반 통합 PBL 교수 단계에서 PBL 교수활동 내용을 보면 Table 7과 같다. 시나리오 기반 훈련(SBT)은 상황 제시 단계로서 현실적 상황을 먼저 제시해야 문제를 정의할 수 있으며, 문제기반학습(PBL)은 문제 해결 단계로서 시나리오를 기반으로 팀이 답을 만들어가는 과정이다. 그리고 시뮬레이터 기반 훈련은 실행 단계로서 문제 해결 전략을 실제 조종실 환경에서 시험해 보는 단계이다.

시나리오 기반 PBL은 사전 훈련과 이론적 준비 단계로 효과적이며 시뮬레이터 기반 PBL은 실행·적용 단계로 강력한 모델이다. 따라서 두 방식을 통합하면 시나리오 기반 PBL로 문제 해결 프레임워크를 익히고,

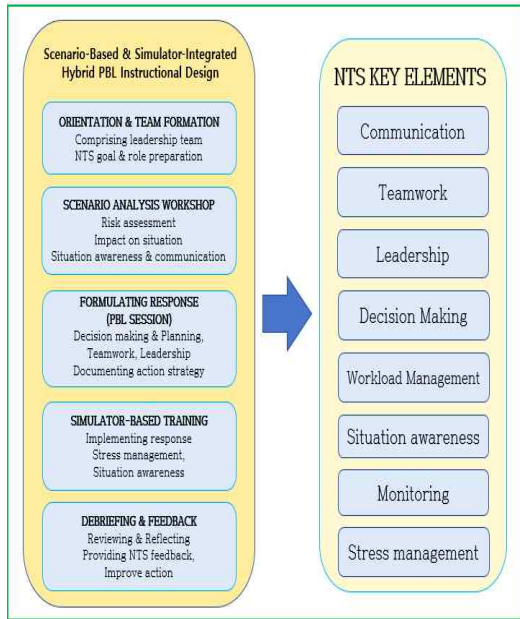


Fig 1. Proposed integrated PBL instructional model combining scenario-based and simulation-based training

시뮬레이터 기반 PBL에서 실제 실행·압박 상황 대응력을 훈련할 수 있다.

즉, 시나리오 기반 PBL은 “머리로 배우는 훈련”으로 사고력·협업·의사결정 중심이며, 시뮬레이터 기반 PBL은 “몸으로 배우는 훈련”으로 실행력·상황인식·절차 중심이라 볼 수 있다.

항공은 교통 시스템 국가 방어망 그리고 전 세계 경제에 있어서 없어서는 안 되는 요소이다. 항공산업은

앞으로 그 기술이 더욱 발전하여 고성능화 고속화되고 대형화되어간다(Park, 2005).

따라서 학생조종사로서 비행에 입문할 때부터 비정상 상황 대응 시나리오 기반 & 시뮬레이터 기반 통합형 PBL 방식으로 훈련한다면 보다 체계적으로 다양한 비정상상황을 극복 가능하도록 배울 수 있을 것으로 사료된다.

3.4 시나리오 기반 & 시뮬레이터 기반 통합형 PBL교수 단계별 내용

항공조종사 교육에서 비정상상황 대응 교육을 위해서는 실제 비행 환경과 유사한 문제해결 과정을 통해 지식과 기술을 습득해야 한다. 우선 본고가 제시한 모형은 시나리오 기반과 시뮬레이터 기반의 통합형으로 각 단계별 교수 계획을 다음과 같이 제안한다.

3.4.1 사전 준비 단계(1단계)

1) 교육 목표 제시

시나리오 기반과 시뮬레이터 기반 PBL 수업의 목표는 비정상상황에서 절차적 지식(SOP)을 정확히 적용하고, 복합 정보를 분석하여 최적의 해결책을 도출하는 능력을 기르는 데 있다. 본연구의 수업 설계에서는 학생들이 비정상상황에 대한 이론적 지식을 습득하고, 팀 기반 문제 해결 능력과 의사결정 능력을 향상시키는 것을 주요 교육 목표로 한다.

2) 사전준비 단계

사전준비 단계에서는 협업을 위한 팀을 구성하고, 각

Table 7. Integrated PBL instructional activities for abnormal situation response

교수 단계	PBL 교수활동 내용	통합된 NTS 요소
사전준비 단계	- 교육 목표 제시 - 위기 리더십 팀 구성하기 및 역할 분담 - 문제 제시 단계	상황인식, 의사소통, 팀워크
시나리오 기반 분석 워크숍	- 상황인식 및 의사소통 - 상황인식과 대응 마련을 위한 대응 계획 수립	상황인식, 의사결정, 리더십
협업 및 대응 방안 도출	- 팀별 의사결정 및 계획 - 위험인지 및 조기대응전략 도출 - 대응방안 실행안	의사소통, 리더십, 팀워크
시뮬레이터 기반 실습	- 시뮬레이터 기반 실제 복합상황 대응 훈련 및 조치 실행	의사결정, 팀워크, 피로·스트레스 관리
디브리핑 및 피드백	- 대응 결과 분석, 자기 성찰 보고서 작성 및 팀 디브리핑	모든 NTS 요소, 피드백 활용

구성원에게 역할을 부여한다. 두 명의 조종사는 비정상 상황 발생 시 미리 정의된 역할과 책임을 분담해 혼란을 줄이고, 효율적인 의사결정을 수행해야 한다. 핵심 역할은 항공기 조종담당(P.; pilot flying)과 모니터링 및 지원담당(PM, pilot monitoring)으로 구분되며, 항공교통관제(ATC) 교신은 원칙적으로 PM의 업무에 포함된다. PF는 항공기 조종과 비행안정성 유지에 최우선 순위를 두고, 조종 장치 조작과 계기 감시를 통해 항공기 상태를 관리한다. PM은 PF의 조작을 감시하고 계기 변화를 모니터링하며, 관련 절차와 체크리스트를 제시하여 SOP 수행을 지원한다. 또한 ATC와의 무선 통신을 담당하고, 조종실 내·외부 정보를 통합해 PF의 의사결정을 돕는다. 세션 종료 후 두 조종사는 역할을 교대할 수 있으며, 필요시 PM이 일시적으로 조종을 인계받는 등 상황에 따른 유연한 역할 조정이 요구된다.

3) 문제제시 단계

문제제시 단계는 학습자가 실제 운항과 유사한 상황에 몰입할 수 있도록 사건을 구성하는 단계이다. 제시되는 상황에는 위험 수준과 시간 압박이 포함되어 학습자가 신속한 판단의 필요성을 인식할 수 있어야 한다. 동시에 원인이 불분명한 냄새와 같은 모호한 단서를 제시하여 상황 인지를 어렵게 하고, 단일 고장인지 복합 시스템 고장인지, 체크리스트만으로 해결 가능한지 여부 등 작업량과 절차 복잡성을 판단할 수 있는 요소를 포함함으로써 비정상상황에 대한 현실적인 문제 해결 경험을 제공한다.

3.4.2 시나리오 기반분석 워크숍(2단계)

1) 상황인식 및 의사소통

비정상상황의 원인, 종류, 그리고 표준 운영 절차(SOP)에 대한 기본적인 지식을 학습하고 팀단위로 협의하는 단계이다. 주요 주제는 항공기 시스템 고장(엔진 화재, 유압 시스템 문제 등), 기상 악화, 조류 충돌, 의료 응급 상황 등을 다룰 수 있으며, 실제 항공 사고 사례를 분석하여 비정상상황의 복합적인 요인을 분석하는 활동을 한다. 이 단계에서는 현직 조종사나 항공 전문가를 초청하여 경험담을 듣고 실질적인 조언을 얻을 수 있으며 학생들이 사전 학습을 통해 기본적인 지식을 숙지하도록 온라인 학습 자료(동영상, 문서 등)를 제공할 수도 있다.

2) 상황인식과 대응 마련을 위한 대응 계획 수립
학습자들에게 다음과 같은 토론 일지를 배부하여 워크숍을 진행하면서 다양한 자료를 수집하고, 다각도의 대응 계획과 방안을 학습하는 단계이다. 학습자 토론 질문지를 다음과 같이 구성할 수 있다.

• 문제상황 제시 시나리오

(1) 상황인식 :

조종사와 승무원이 확인해야 하는 핵심 단서는 무엇인가?

이 상황이 정상, 비정상, 비상 중 어디에 해당된다고 판단하는가?

(2) 위험평가:

회항, 목적지 변경, 인근 공항 착륙 중 어떤 선택지가 있는가?

각각의 위험 요소와 이점은 무엇인가?

(3) 의사결정 :

기장이라면 어떤 선택을 하겠는가?

의사결정을 내릴 때 부기장과 관제사의 의사소통에서 우선적으로 고려할 사항은 무엇인가?

(4) 실행 :

선택한 대응절차를 수행할 때 체크리스트와 표준운항절차에서 활용할 부분은?

승무원과 승객에게 전달할 사항은 무엇인가?

(5) 평가 :

대응 과정에서 잠재적 오류가 있을 수 있는데 이를 어떻게 방지할 수 있는가?

(6) 교훈 도출 :

이 사건을 통해 조종사 부기장 관제사가 얻어야 할 교훈은 무엇인가?

향후 유사 상황 대비를 위해 훈련이나 절차 개선에서 어떤 보안이 필요한가?

3.4.3 협업 및 대응 방안 도출(3단계)

1) 팀별 의사결정 및 계획

주어진 비정상상황(엔진이상, 기상악화, 기내환자 등)에 대한 최적의 해결책 도출해야 하며, 활동 내용을 보면 각 팀원이 상황 정보를 공유 즉, 상황인식 공유하며 가용 자원(체크리스트, 매뉴얼, ATC 정보 등) 탐색해야 한다. 이때 대안 시나리오를 직접 두 조종사가 작성하게 한다. 예를 들면 비상선언, 회항, 대체공항 착륙

등이 포함될 수 있다. 의사결정이 되었으면 계획을 수립해야 하는데, 실행가능한 대응 시나리오를 단계별로 수립한다.

활동 내용으로는 항로 변경, 고도 조정, 연료 계산 등 구체적인 운항계획을 수립하고, 시간과 자원 관리(time & resource management)를 포함한다.

2) 위험인지 및 조기대응전략 도출

위험인지(risk awareness)는 현재와 잠재적 위험 요소를 파악하고, 우선순위 지정하는 것이다. 활동 내용 “What if” 질문을 통한 위험 시나리오 도출한다. 위험 확률 및 영향 평가를 두 조종사간 협의를 통해 하며, 불확실성 요인(인적 오류, 시스템 실패, 외부 변수 등)에 대한 고려도 포함되어야 한다. 그 후 조기대응전략 도출(early intervention)을 위해 상황이 악화되기 전 예방적·선제적 조치 실행해야 하며, 활동 내용으로는 즉각적 위험회피조치, 속도 감소, 기상 우회, 최소연료확인, 관제탑 및 승무원과의 적극적 소통을 시도해야 한다.

3) 대응방안 실행안

대응방안 실행(implementation of response)은 합의된 계획을 실제 운항 절차에 적용하고, 그 결과를 모니터링한다. 다양한 의견을 종합하여 매뉴얼과 체크리스트를 기반으로 절차를 수행하며, 역할 분담에 따라 실행한다. 기장은 주요 의사결정을 담당하고, 부기장은 시스템 관리를 맡으며, ATC 및 지상 지원과의 협업을 통해 다음 단계에서 진행될 시뮬레이터 실습에 직접 적용할 수 있도록 준비한다.

3.4.4 시뮬레이터 기반 수립(4단계)

1) 시뮬레이터 기반 실제 복합 상황 대응 훈련 및 조치 실행

본 단계는 실제 발생 가능한 복수의 위기 상황을 결합한 복합적 시나리오를 통해 훈련자의 문제 해결 능력과 위기관리 능력을 집중적으로 배양하는 과정이다. 단일 위기 상황에 대한 대응을 넘어, 상호 연계된 다차원적 위험 요소를 동시에 경험하게 함으로써, 조종사들이 실제 운항 현장에서 직면할 수 있는 복합적 상황에 효과적으로 대응할 수 있도록 설계된다. 이 과정에서 핵심은 교수자가 복합 상황을 체계적으로 설계하는 것이며, 그 유형은 다음과 같이 분류할 수 있다.

(1) 기술적·환경적 복합상황: 주요 설비 고장과 악천

후로 인한 접근 제한

(2) 기술적·인적 복합상황: 시스템 오류와 운영자 판단 착오로 인한 2차 사고

(3) 내부·외부 복합상황: 내부 화재와 동시에 외부 테러 위협에 대한 대응 요구

또한 교육 효과를 극대화하기 위해서는 다양한 변수의 상호작용을 고려한 정교한 시나리오 설계가 필수적이다. 예기치 못한 돌발 변수(예: 통신 두절, 동력장치 및 기체 장비 고장, 인명 피해 발생 등)를 적절히 삽입하여 학습자의 스트레스 내성, 적응력, 그리고 상황 재구성 능력을 종합적으로 평가할 수 있다.

2) 교수자 사전 준비 내용

(1) 브리핑: 훈련 목표, 시나리오 개요, 각자의 역할과 책임(R&R), 안전 수칙 등을 명확히 전파

(2) 시뮬레이터 환경 설정: 시나리오에 맞춰 장비, 시스템, 환경 조건을 실제와 동일하게 구현하고, 훈련 전 참가자가 시뮬레이터 조작에 익숙해지도록 충분한 시간을 제공

(3) 평가 기준 수립: 상황 인지, 의사소통, 절차 준수, 위기 대처, 스트레스 관리 등 평가할 핵심 역량과 구체적인 기준 제공

3) 학습자 훈련 실행 내용

(1) 실제 상황 모의: 훈련을 실제 상황처럼 진행하며, 참가자는 주어진 역할에 따라 즉각적 의사소통, 의사결정을 수행

(2) 역할 연기(role-playing): 모든 참가자는 부여된 역할에 따라 적극적으로 의사소통하고, 의사결정을 내리며 임무를 수행

(3) 실시간 모니터링: 교수자는 학습자의 의사소통 내용, 상황 인식 정도, 시스템 활용 및 절차 수행 여부를 관찰 및 기록

(4) 돌발변수 부여: 계획된 시점에 돌발 변수를 부여하여 참가자들이 기존 계획을 수정하고, 새로운 해결책을 찾도록 유도

3.4.5 디브리핑 및 피드백(5단계)

훈련 종료 후 즉각적인 피드백을 통해 학습 효과를 강화해야 하는데 사실관계 검토(fact review)를 위해 훈련 기록(영상, 음성, 데이터)을 바탕으로 시간 순서에

따라 발생한 사건과 참가자들의 조치 내용을 객관적으로 검토한다. 대응 결과를 분석하기 위해서 학생들과 심층 토의를 하며 “무엇이 잘 되었는가?”, “무엇을 다르게 했어야 하는가?”, “왜 그런 결정을 내렸는가?” 등 개방형 질문을 통해 성공요인과 개선점을 스스로 도출하도록 유도한다. 그런 후 개선과제를 도출하기 위해 개인별, 팀별 역량 개선 과제와 비상대응계획 및 절차의 보완점을 구체적으로 식별하고 차후 실행계획을 수립한다.

IV. 결론 및 제언

인적 요인이 항공사고의 주요 원인으로 지목되고 있는 현 시점에서, 단순한 기술적 비행능력(technical skills)을 넘어 비기술적 역량(NTS, non-technical skills)을 체계적으로 함양하는 교육의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 이에 본 연구는 예비 조종사를 대상으로, 비정상상황 대응 역량 강화를 위해 NTS 요소를 반영한 시나리오와 시뮬레이터 기반의 문제기반학습(PBL, problem-based learning) 교수법을 제안하고, 그 교육적 필요성을 고찰하였다.

본 연구에서 제시한 교수 모형은 사전 준비 단계, 시나리오 기반 분석 워크숍, 협업 및 대응 방안 도출, 시뮬레이터 기반 실습, 디브리핑 및 피드백 과정의 다섯 단계로 구성되며, 각 단계별 교수 활동을 구체적으로 제안하였다. 이 교수법은 NTS의 핵심 범주인 상황인식(situational awareness), 의사결정(decision making), 의사소통(communication), 팀워크(teamwork), 지도력(leadership)을 통합적으로 훈련할 수 있는 효과적인 접근으로 평가된다. 또한 선행연구를 통해, PBL 교수법이 예비 조종사 교육의 비정상상황 훈련에서 항공조종사의 역량 함양을 위한 적합한 모형임을 확인하였다. 특히, 항공기 조종사 간 협업의 핵심 요소인 상황인식(situational awareness), 의사결정(decision making), 의사소통(communication), 팀워크·협력(teamwork/cooperation), 리더십(leadership), 스트레스 및 피로 관리(stress & fatigue management), 업무량 관리(workload management)를 본 연구 모형을 통해 통합적으로 학습할 수 있다는 점에서 교육적 의의가 크다.

아울러 본 연구의 3장에서 제안한 교수모형 설계는 학생들이 실제 운항 환경과 유사한 시나리오를 통해

능동적으로 문제를 해결하고, 팀원 간 협업을 통해 복합 상황에 대한 판단력과 유연성을 함양하는 데 중점을 두었다. 조종훈련생들은 역할 기반 시뮬레이터 실습을 통해 항공사고로 이어질 수 있는 다양한 위기 요인을 모의비행(simulation)으로 경험하며, 이를 바탕으로 협력적 문제 해결 능력을 배양할 수 있다. 이러한 과정은 조종사의 인지적 오류를 감소시키고 위기 상황에서의 안전성을 극대화하는 데 기여할 것으로 기대된다. 더 나아가 ICAO와 같은 국제 기준에 부합하는 교육 체계를 마련함으로써, 국내 조종사 양성 교육의 국제적 경쟁력 강화에도 긍정적인 효과를 가져올 수 있을 것이다.

다만 본 연구는 모형 단계별 활동의 전반적인 구조와 방향성을 제시하는 데 초점을 두었으며, 구체적인 교수·학습 지도안을 세부적으로 제시하지 못한 한계가 있으나, 각 대학이나 훈련 기관의 교육 여건과 수업 시수, 교수자 및 학습자의 특성에 맞추어 단계별 활동을 유연하게 운영할 수 있다는 장점이 있다.

향후 연구에서는 제안된 교육 설계를 실제 교육 현장에 적용하고 그 효과성을 실증적으로 검증하는 후속 연구가 필요하다. 또한 본 연구는 예비 조종사 훈련을 중심으로 논의하였으나, 향후 연구에서는 현직 조종사, 기종전환 조종사, 혹은 운항관리사 등 다양한 항공종사자 집단을 대상으로 적용 가능성을 확대할 필요가 있다. 이를 통해 훈련생뿐만 아니라 항공산업 전반의 안전 문화(safety culture)를 제고하는 실질적 교육적 시사점을 도출할 수 있을 것이다. 아울러 PBL 기반 훈련이 LOFT(line-oriented flight training), TEM(threat and error management) 등 기존 국제 표준 훈련체계와 어떠한 방식으로 연계·보완될 수 있는지도 중요한 후속 연구 과제가 될 수 있다.

결론적으로, 본 연구는 예비 조종사의 비정상상황 대응 역량 강화를 위한 시나리오 기반 PBL 교수모형을 제시함으로써 항공운항 교육에서 비기술적 능력의 체계적 함양을 위한 새로운 방향성을 제시하였다. 후속 연구를 통해 제안된 모형이 더욱 정교화되고, 다양한 교육현장에서 검증된다면, 이는 국제 기준에 부합하는 표준화된 교수법으로 발전하여 국내 항공운항 교육의 질적 향상과 글로벌 경쟁력 확보에 크게 기여할 것으로 기대되며, 나아가 예비 조종사들의 체계적 교육은 직업 조종사로 성장한 이후 실제 비행현장에서 안전성 향상에 실질적으로 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

References

1. Barrows, H. S., "Practice-based learning: Problem-based learning applied to medical education," Springfield, IL: Southern Illinois University School of Medicine. 1994, pp. vi
2. Federal Aviation Administration, "ACT ARC Recommendation 24-1 Pilot Training Pathway Enhancements," FAA, Washington D.C., 2024,
3. Federal Aviation Administration, "Aeronautical Decision-Making (ADM)," FAA-H-8083-25B, FAA, Washington D.C., 2021, Chapter 2. pp.2-4
4. Federal Aviation Administration, "Crew Resource Management Training," U.S. Department of Transportation, 2004.
5. Federal Aviation Administration, "Managing Risk Through Scenario-Based Training, Federal Aviation Administration, Single-Pilot Resource Management, and Learner-Centered Grading," Version 1.0, Washington D.C., 2007. pp.4, 6-7
6. Federal Aviation Administration, "Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge," FAA-H-8083-25B, FAA, Washington D.C., 2021.
7. Federal Aviation Administration, "Risk Management Handbook," FAA-H-8083-2, FAA, Washington D.C., 2021.
8. Flin, R. H., O'Connor, P., and Crichton, M., "Safety at the Sharp End: A Guide to Non-Technical Skills," Ashgate Publishing Company, Aldershot, 2008, pp.1-6
9. Han, S., Kim, H., and Kim, G., "EBT-based improvement of abnormal-situation coping ability in civil aviation pilots," Journal of the Korean Society for Aeronautics and Navigation, 28(4), 2024, pp.507-517.
10. Helmreich, R. L., and Merritt, A. C., Culture at Work in Aviation and Medicine: National, Organizational and Professional Influences, Ashgate, 1998, pp.332-336.
11. Herrington, J., and Oliver, R., An instructional design framework for authentic learning environments. Educational Technology Research and Development, 48(3), 2000, pp.23-48.
12. Hong, S., "A study on human factors and organizational culture affecting aviation safety", Journal of Aerospace Industry, 62, 2002. pp.88-100.
13. Lim, C. S., and Ham, D. H., "A systematic method for analyzing human factors-related accidents to improve aviation safety in the air force", Journal of the Korea Safety Management & Science, 16(4), 2014, pp. 101-111.
14. International Civil Aviation Organization (ICAO), "Human Factors Guidelines for Safety Audits Manual (Doc 9806)," ICAO, 2002.
15. International Civil Aviation Organization (ICAO), "Human Factors Training Manual (Doc 9683)," ICAO, 2005.
16. Jonassen, D. H., "Learning to Solve Problems: A Handbook for Designing Problem-Solving Learning Environments," Routledge, New York, 2011, p.63
17. Kim, H. Y., and You, J. H., "Effectiveness analysis of Problem-Based Learning (PBL) classes in aviation service majors", Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics, 30(4), 2022, pp.169-183.
18. Kim, K. S., and Kim, H. Y., "Propensity, safety behavior and aeronautical decision-making of students majoring in flight operation," The Korean Society for Aviation and Aeronautics, 28(3), 2020, pp.52-60.
19. Kolb, D. A., Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1984, Available from: <https://www.>

- researchgate.net/publication/235701029_Experiential_Learning_Experience_As_The_Source_Of_Learning_And_Development
20. Lee, K. H., Flight Research Institute. (n.d.). Aviation education teaching methods, 2021.
 21. Lee, S. M., Kim, C. Y., and Hwang, S. S., "The effect of the non-technical skills on the rotorcraft flight safety," *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 21(3), 2013, pp.27-40.
 22. Leeuwen, J. K. van, Landman, A., Groen, E. L., Mumaw, R. J., Stroosma, O., van Paassen, M. M., and Mulder, M., "Using problem-based exploratory training to improve pilot understanding of autopilot functions," *Cognition, Technology & Work*, 26(2), 2024, pp.267-279.
 23. Lim, S., and Lee, H., "A study on the relative importance and priority of pilots' non-technical skills (NOTECHS) using AHP analysis," *Journal of Aviation Management Society of Korea*, 15(6), 2017, pp. 33-47.
 24. Park, I. J., "An Application Case of PBL in Dep't of Airline Service Major Subject" *Korea Academic Society of Tourism Management*, 36(9), 2021, pp.77-93.
 25. Park, Y. S., "A study on pilot fatigue relating to safety operations," *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 13(2), 2005, pp.63-71.
 26. Savery, J. R., "Overview of Problem-Based Learning: Definitions and Distinctions, Essential Readings in Problem-Based Learning: Exploring and Extending the Legacy of Howard S. Barrows", *Purdue University Press*, 2015, pp.5-15.
 27. van Leeuwen, J. K., Landman, A., Groen, E. L., Mumaw, R. J., Stroosma, O., van Paassen, M. M., and Mulder, M., "Using problem-based exploratory training to improve pilot understanding of autopilot functions," *Cognition, Technology & Work*, 2024, 26(2), pp.267-279.