

## Platform for Missing Person Search and Rescue Systems in Disaster Areas Using AI-Based Drone Video Analysis

Dae-Ho Lee\*, Young-Seok Oh\*\*, Jong-Cheol Oh\*, Sung-Boo Kang\*\*\*, Ho-Young Kwak\*\*\*\*

\*Fireman, Jeju Fire Protection Safety Headquarters, Jeju, Korea

\*\*Senior Fireman, Jeju Fire Protection Safety Headquarters, Jeju, Korea

\*\*\*Fire Chief, Dongbu Fire Station, Jeju Fire Protection Safety Headquarters, Jeju, Korea

\*\*\*\*Professor, Dept. of Computer Engineering, Jeju National University, Jeju, Korea

### [Abstract]

Mountain rescue operations in Korea have steadily increased since 2020, exceeding 10,000 cases annually. Current human-centric search methods show significant limitations in securing a timely "golden hour" response, highlighting the need for a new search model and an advanced system. To address this challenge, this paper proposes a novel search model and platform that uses AI-based drone video analysis with the YOLOv8 model to provide object recognition capabilities integrated into a central control system. Through experiments in diverse environments, the proposed model demonstrated its ability to enhance search and rescue operations at disaster sites, proving its feasibility and potential.

▶ **Key words:** Drone video image, Object recognition, Rescue system, YOLOv8, Golden hour

### [요 약]

한국의 산악 구조 활동은 2020년 이후 매년 1만 건을 초과하여 꾸준히 증가하고 있다. 현재의 인간 중심적인 수색 방식으로는 "골든아워" 대응 시간을 확보하는 데 있어 중대한 한계를 드러내고 있으며, 이는 새로운 수색 모델과 첨단 시스템 체계의 구축의 필요성이 제기된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 YOLOv8 모델을 이용한 AI 기반 드론 영상 분석을 활용하여 중앙 제어 시스템과 통합된 객체 인식 기능을 제공하는 새로운 수색 모델과 플랫폼을 제안하였다. 제안된 모델로 다양한 환경에서의 실험을 통해 재난 현장 수색 및 구조 작업을 향상시킬 수 있음을 보였으며, 그 실현 가능성과 잠재력에 대해 입증하였다.

▶ **주제어:** 드론 영상, 객체 인식, 응급 구조 시스템, YOLOv8, 골든아워

- 
- First Author: Dae-Ho Lee, Corresponding Author: Ho-Young Kwak  
\*Dae-Ho Lee (bigtiger119@korea.kr), Jeju Fire Protection Safety Headquarters
  - \*\*Young-Seok Oh (oys6929@korea.kr), Jeju Fire Protection Safety Headquarters
  - \*Jong-Cheol Oh (ojch0918@korea.kr), Jeju Fire Protection Safety Headquarters
  - \*\*\*Sung-Boo Kang (ksb7518@korea.kr), Dongbu Fire Station, Jeju Fire Protection Safety Headquarters
  - \*\*\*\*Ho-Young Kwak (kwak@jejunu.ac.kr), Dept. of Computer Engineering, Jeju National University
  - Received: 2025. 08. 14, Revised: 2025. 08. 26, Accepted: 2025. 08. 26.

## I. Introduction

산악 구조 건수는 2020년 이후 매년 1만 건 이상을 기록하고 있다(2020년 10,593건, 2021년 12,040건, 2022년 10,389건, 2023년 10,807건, 2024년 10,134건). 산악사고가 모두 실종자 수색으로 이어지지는 않지만, 제주도의 사례는 산악사고와 실종 수색이 긴밀하게 연결되어 있음을 보여준다. 이러한 배경은 인력 중심 수색 방식만으로는 골든타임 확보에 한계가 있으며, 드론 영상 기반 객체 인식 기술과 관제센터 연계를 활용한 새로운 수색 모델이 필요함을 시사한다[1,2,3].

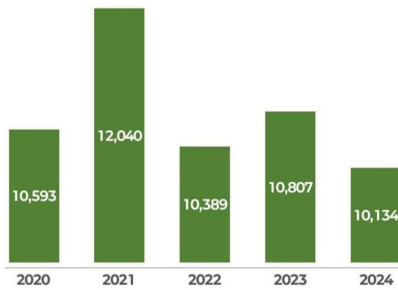


Fig. 1. Number of mountain accidents nationwide

기존 수색은 주로 구조대원의 육안 탐색과 수동 조작 드론 영상에 의존해 왔다. 이로 인해 광범위한 지역에서의 신속·정확한 탐색에 한계가 있었으며, 해안이나 산악처럼 통신이 불안정하고 장비 접근이 어려운 곳에서는 탐색 노력, 구조대원의 피로 누적, 수색 중 안전사고 등의 문제가 반복되었다. 또한 야간이나 안개 등 가시성이 낮은 환경에서는 탐색 정확도가 급격히 저하되는 문제가 지적되어 왔다.

이러한 문제의식 아래, 본 연구에서는 산악·수난 사고, 실종자 수색 경험이 있는 제주 동부소방서 소속 현장대원 106명을 대상으로 현 수색체계에 관한 설문조사를 실시하였다. 신뢰도 확보를 위해 사회조사 분야에서 널리 사용되는 표본추출 오차(Margin of Error) 계산식을 적용하였으며, 95% 신뢰수준에서 결과의 신뢰도를 검토하였다. 본 연구에서는 보수적으로  $p=0.5$ 를 가정하였으며, 표본수  $n=106$ 명으로 오차범위는 약  $\pm 9.5\%$ 로 산출되었다.

설문 결과, 현재 수색체계가 “효과적이다”는 응답은 51%, “효과적이지 않다”는 응답은 49%로 양분된 의견이 나타났다. 그러나 드론 기반 수색체계 및 객체 인식 시스템 도입의 필요성에 대해서는 Fig. 2에서 보인 바와 같이 응답자의 대부분이 긍정적으로 평가하였다. 다만, 본 설문 조사의 표본수(106명)와 오차범위( $\pm 9.5\%$ )를 감안할 때, 향후 전국 단위 후속 설문조사 및 심층 인터뷰를 통한 정밀 분석이 필요할 것이다.

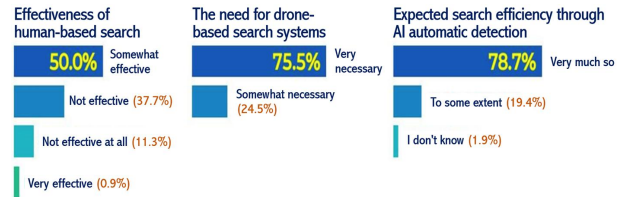


Fig. 2. Survey of field agents on the current search system

본 논문에서는 저장형 영상 기반의 인공지능(AI) 객체 인식 기술을 활용하여 실종자 수색의 정확성과 효율성을 높이고, 그 가능성을 실험을 통해 입증하고자 한다. 또한 AI-드론을 활용한 실종자 수색에 있어서 현재의 구조체계를 좀더 업그레이드할 수 있는 플랫폼을 제시하는 것이다.

2장에서는 현재의 구조체계 동향과 관련 연구들을 기술하고, 3장에서 적용된 AI 모델을 통한 인식 방법과 실험을 통한 분석을 실시하였으며, 새로운 AI 드론 구조체계에 대한 플랫폼을 설계하여 정책적 모델로 제안하였고, 마지막 4장에서는 결론을 맺었다.

## II. Preliminaries

### 1. Related works

#### 1.1 Current Status of Domestic AI-Based Search Systems and Policies

국내에서는 소방, 지자체, 경찰, 군 등 공공부문을 중심으로 AI 기반 실종자 수색체계의 도입이 점차 확대되고 있다. 특히, 드론과 CCTV 영상을 활용한 객체 인식 기술이 적용되면서 실종자 탐색과 재난 대응의 효율성을 높이려는 노력이 이어지고 있다. 본 절에서는 지자체 CCTV 관제센터, 경찰, 소방, 군사 분야를 중심으로 AI 기반 수색체계의 도입 현황과 정책적 흐름을 종합적으로 살펴본다.

##### 가. 지자체 및 경찰 분야

행정안전부는 AI 기술을 접목한 CCTV 관제시스템의 도입을 정책적으로 추진하고 있다. 재난 및 안전관리 기본법을 개정해 오는 2027년까지 전국 지자체에 AI 기반 CCTV 관제 체계를 구축하도록 했으며, AI 학습데이터 수집, 재난안전 데이터 공유플랫폼 구축, 침수탐지 AI 모델 등 재난 유형 분석 알고리즘 개발 등을 통해 재난 대응의 과학화를 추진하고 있다[4].

서울특별시 2026년까지 약 16만 대의 CCTV를 AI 기반 지능형 CCTV로 전면 교체하고, ‘스마트서울 안전망’을 구축해 25개 자치구 CCTV 통합관제센터와 112·119 상황실을 연계하는 체계를 마련하고 있다[5]. 또한 관제센터를 중심으로 CCTV 영상정보를 통합관리하고 있으며, 이를 통해 사건·

사고 발생 시보다 신속한 대응이 가능하도록 하고 있다.

경기도는 18만여 대 CCTV를 통합 관리하는 '360°스마트 영상센터'를 구축하여 재난 상황을 실시간으로 공유·대응하고, AI 영상 분석 기술을 접목해 도민의 안전을 강화하고 있다. 특히 침수탐지, 인파 밀집 분석 등 IoT 및 AI 기술을 통합해 실시간 대응 체계를 마련하였다.

광주광역시도 CCTV를 활용한 실종자 수색과 함께 AI 기반 사람찾기 시스템을 시범 운영하며, 관제요원의 육안에 의존했던 기존 방식을 보완해 실시간 동선 추적과 위험 상황 대응의 효율성을 높이고 있다.

제주특별자치도는 'AI 실종자추적 플랫폼(TOSS)'을 도입해 CCTV와 연계한 실종자 자동탐색 기능을 본격 운영 중이다. 이는 CCTV 영상에서 실종자의 외형과 옷차림 등의 특징을 학습한 AI 시스템이 실시간으로 영상을 분석해 실종자의 이동 동선을 파악하는 방식으로, 경찰과 관제센터 간 실시간 협력체계를 통해 수색 지연을 줄이고, 초기 대응 속도를 높이는 데 활용되고 있다[6].

### 1.2 Firefighting field

소방 분야에서는 울산소방본부가 대표 사례로 꼽힌다. 울산은 2025년 4월, AI 기반 드론 인명구조 수색체계 시연회를 개최하여 'Blueye-600AI' 모델을 활용한 실종자 탐지 시연을 실시하였다. 해당 드론은 AI 객체 인식 기술과 적외선·열화상 카메라를 탑재하여 야간 및 악천후 상황에서도 실종자 수색이 가능하도록 설계되었으며, 실시간 분석과 자동탐색 기능을 기반으로 운용된다.

이 시스템은 소방청과 과학기술정보통신부가 공동 주관한 '2024 부처협업 AI 확산사업'에 울산광역시가 선정되며 추진되었고, 총 45억 원 규모의 예산(3개년)이 투입되었다. 울산소방본부는 2027년부터 현장 적용을 목표로, 고도화된 기술 개발과 시범 실증을 단계적으로 진행하고 있다[7].

### 1.3 Military field

군사 분야에서는 AI 기술을 접목한 드론 영상 분석 및 군집 드론 운용 연구가 진행되고 있다. 국방 분야는 AI 객체 인식 기술을 접목해 실종자 수색, 재난 상황 대응, 군사 작전 등 다양한 분야에서 기술적 타당성을 검토하고 있으며, 군집드론 기술과 자율비행 체계에 대한 연구도 활발히 수행되고 있다[8].

## 2. Object recognition technology and storage-type drone video analysis structure

본 연구에서 활용하는 객체 인식 기술은 드론 영상에서 실종자 및 사람 형체를 신속·정확하게 탐지하기 위한 핵심

기반이다. 최근 딥러닝 기술의 발전으로 객체 인식 분야는 YOLO(You Only Look Once) 계열 알고리즘을 중심으로 급격히 발전했으며, 특히 실시간성과 높은 정확도를 동시에 만족시킬 수 있는 기술로 각광받고 있다[9].

YOLO는 한 번의 연산으로 객체의 위치와 종류를 동시에 탐지할 수 있어, 드론 영상에서 구조대원, 실종자, 배경 사물 등을 구분하는 데에 유용하다. 이는 긴급구조 현장에서 실종자를 빠르게 식별하고 탐색 누락을 줄일 수 있다[10].

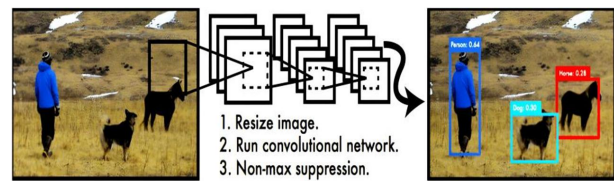


Fig. 3. YOLO object detection algorithm

그러나 실제 재난 현장에서는 조도 변화, 군중 밀집, 나무 등 장애물로 인해 객체 인식 성능이 저하될 수 있으며, 이를 극복하기 위해 데이터셋 고도화, 환경 적응형 알고리즘 연구 등이 활발히 진행되고 있다[11,12].

## 3. Limitations of drone operation and trends in response technology

저장형 영상 기반 AI 분석 기술을 실종자 수색에 적용하는 과정에서는 기술적·환경적 한계와 이를 극복하기 위한 대응 기술 동향을 종합적으로 검토할 필요가 있다. 특히, 해안선·산악지역과 같은 통신 음영 지역에서는 드론 데이터 전송이 지연되거나 중단되어 실시간 분석이 어렵고, 객체 인식 정확도와 수색 효율성에 직접적인 영향을 미친다. 이러한 한계는 재난 현장에서 요구되는 신속한 탐색과 구조 활동을 저해할 수 있다.

정책적으로는 최근 우주항공청이 추진 중인 재난 대응용 고중량·장거리 드론 시스템 개발이 주목된다. 우주항공청은 악천후와 같은 재난 환경에서도 임무를 수행할 수 있는 대형 드론 개발을 목표로 하고 있으며, 이는 긴급자재 지원, 의료구호품 수송, 야간 산물 진화, 조난자 탐색 등 재난 현장에서 활용될 수 있도록 설계되고 있다[13,14]. 이러한 기술 개발은 저장형 영상 분석 체계와 연계되어, AI 분석과 통신 기술이 함께 작동할 수 있는 구조를 마련하는 데 활용될 수 있다.

한편, 드론 실시간 영상 전송 체계와 관련해서는 LTE, 5G, 위성통신 등의 기술적 한계가 존재한다. LTE는 일부 지역에서 수신 불가 문제가 발생하고, 5G는 상용화가 점진적으로 확대되는 단계이지만 산악·도심 음영 지역에서의 안정적인 서비스에는 한계가 있다. 위성통신은 광역 수신이 가

Table 1. Comparison of communication technologies for drone real-time video transmission systems[24]

Category	Key Features	Transmission Speed/Latency	Field Applicability	Communication Environment	Technology Maturity	Description
LTE (4G-based)	4G-based. Nationwide network established.	Medium speed/ Medium latency	Currently in use	Nationwide LTE network based on base stations	Very High	Focus on stored video transmission
UAM (5G-based)	Ultra-high speed, ultra-low latency, slicing	Ultra-high speed/ Ultra-low latency	Partially applied in trials	Requires a dedicated network or 5G infrastructure	Medium to High	Future basis for real-time transmission systems
NTN (Satellite-based)	Satellite network-based, ultra-wide area communication	Medium speed/ High latency	Difficult to apply currently	Requires high-altitude satellite-based infrastructure	Low to Medium (International standardization in progress)	Potential to supplement communication blind spots

능하다는 장점이 있으나 위성망 병목현상으로 인해 지연이 발생할 수 있어 실시간성 확보에는 불리하다[13,14].

이에 따라 본 연구에서는 이러한 기술적 한계와 대응 기술 동향을 종합적으로 검토하고, 특히 드론 실시간 영상 전송 체계의 기술적 요소를 Table 2에 비교·분석하여 현장 적용성과 정책적 연계 가능성을 객관적으로 평가하였다.

### III. The Proposed Scheme

#### 1. The AI analysis system operation structure of the Jeju CCTV Integrated Control Center

##### 1.1 Current status of Jeju CCTV Integrated Control Center

제주CCTV통합관제센터는 제주경찰청과 협력하여 2024년부터 AI 기반 실종자 수색 시스템을 운영 중이다. 이 시스템은 YOLOv8 알고리즘을 활용하여 실종자의 인상착의, 색상, 이동패턴 등을 실시간으로 분석함으로써, 실종자 수색의 효율성을 크게 향상시키고 있다. 기존의 육안 중심 관제 방식은 관제요원이 직접 CCTV 영상을 모니터링하며 실종자를 탐색하는 방식이었으나, AI 기반 실종자 수색 시스템이 도입되면서 분석 시간과 인력 부담이 현저히 감소하였다. 특히, CCTV 영상 1시간 분량(약 100대 기준)을 분석하는 데 소요되는 시간이 기존 육안 방식에서는 1인 기준 약 25시간이 걸렸으나, AI 시스템 도입 후 약 10분으로 단축되었다. 이로 인해 실종자 발견 기여율은 기존 3.4%에서 13.4%로 약 3.9배 증가하는 성과를 나타냈다. 이러한 결과는 AI 기반 실종자 수색 시스템이 실증을 통해 현장 대응 흐름과 정책 적용 가능성을 함께 확인할 수 있었던 사례로 볼 수 있다[15,16,17,18].

제주CCYV관제센터의 사례는 저장형 영상 기반 객체 인식 기술과의 연계 가능성에서도 시사점을 제공한다. 본 연구에서 제안하는 저장형 영상 기반 AI 분석 구조 역시

제주CCTV관제센터의 AI 분석 시스템과 유사한 기술적 기반을 바탕으로 하여, 단계적 기술 연계와 정책적 실효성을 검토하였다. 또한 제주CCTV관제센터의 AI 기반 실종자 수색 시스템 구조와 운영의 흐름은 다음 Fig. 4와 같다.



Fig. 4. Jeju CCTV Integrated Control Center AI-based Missing Person Search System Operation StructureOriginal drone footage / AI analysis results (close range)

#### 2. Designing an institutional collaboration model

본 연구는 제주 CCTV 통합관제센터와의 연계를 통해 드론 영상 분석을 시범 운용할 수 있는 정책 모델을 설계하며, 기술과 행정 간의 연계 구조를 정책 SOP로 구체화하고자 하였다. 이는 예산과 기술력이 제한된 지자체에서도 적용가능한 현실형 정책 모델로 발전시켜, 실종자 수색의 골든타임 확보와 정책의 실효성을 높이는 데 목적이 있다. 나아가서 현재 일부 지자체에서 추진 중인 고성능 기반의 완성형 AI 드론 체계와는 달리, 본 연구에서는 단독 서버 기반의 실증이 가능하다는 현실적인 조건을 토대로, 관제센터 및 119 종합상황실과의 SOP 연계, 데이터 최신화 및 개인정보 보호 절차 등 정책적·행정적 요소를 포함한 '전환기적 정책 모델'을 설계하였다. 이를 통해 완성형 체계 도입 이전의 공백을 최소화하고, 단계별 운용 경험을 축적하며, 향후 고도화된 체계로의 전환 시 효율적인 데이터 연계와 SOP 설계 기반이 되도록 하였다.

특히, 드론 영상 기반 AI 분석 기술을 실종자 수색에 적용하는 과정에서, 단일 기관 중심의 독립적 운용보다 관계기관 간의 협업체계 구축이 필요하다는 점에 주목하였다. 단독 서버를 활용한 분석도 기술적으로는 가능하지만, 정책 SOP 설계, 행정 플랫폼 구축, 데이터셋의 지속적 최신화, 법적 책임 분담, 전국 확산을 위한 행정 연계 등의 관점에서는 관제센터와의 협업을 포함한 유기적 행정 체계가 필수적임을 실증 과정에서 확인하였다. 이에 따라 본 연구에서는 다음의 네 가지 정책 설계 방향을 Table 2에 제시하였다.

Table 2. Design of the institutional collaboration model

Step 1 (Foundation Establishment)	
• Link with the control center's AI analysis platform to share and utilize the latest datasets.	
• Supplement the technical limitations of independent servers and lay the groundwork for achieving higher AI analysis accuracy and technological advancement.	
Step 2 (Operational System Design)	
• Design a real-time information sharing system and SOP (Standard Operating Procedure) between the situation room and the control center.	
• Clarify roles and distribute legal and administrative responsibilities among relevant agencies such as fire departments, control centers, and police.→ Secure the feasibility and legitimacy of policy implementation.	
Step 3 (Collaborative System Establishment)	
• Flexibly design a cooperative structure among fire departments, local governments, and control centers, allowing for a phased and realistic introduction even in regions with insufficient budgets or infrastructure.→ Establish a foundation for nationwide expansion.	
Step 4 (Responsibility System Definition)	
• Design a procedure for responsibility allocation and collaboration based on laws such as the <b>Disaster and Safety Management Act</b> and the <b>Personal Information Protection Act</b> .	
• Model the system to be applicable in other local governments on a step-by-step basis, including the case of the Jeju control center.	
Comprehensive (Policy Modeling)	
• Review the potential for development as a policy model by integrating drone video-based AI analysis technology, policy SOPs, administrative responsibilities, and nationwide expansion strategies on a step-by-step basis.	

또한, 실종자 수색 대응은 재난 유형에 따라 주관기관과 영상 분석 요청 주체가 상이하므로, 이를 고려한 유형별 협업 구조의 체계적인 설계가 필요하다. 이에 따라 본 연구는 실제 재난유형별 구조를 Table 3과 같이 정리하였으며, 이 표는 기관별 주관 여부, 영상 데이터 수집 및 분석 요청 주

체, AI 분석 흐름 등을 종합적으로 제시함으로써, SOP 수립과 정책화 시 활용 가능한 실무 기준으로 기능을 할 수 있다.

Table 3. Disaster Type-Specific Leading Organization and Analysis Linkage Structure

Disaster Type	Lead Agency	Video Collection Entity	AI Analysis Request Entity	Analysis Performing Agency	Role of Other Agencies
Mountain Search & Rescue	Fire Department	Fire Department Drones (Future consideration: Linkage with Forest Service's wildfire surveillance CCTV)	Fire Department	Situation Room, Control Center	Joint response with the Police (Autonomous Police)
Water Search & Rescue	Coast Guard (Jointly with Fire Department for coastal areas)	Coast Guard vessels & coastal CCTV, Fire Department drones (coastal)	Coast Guard (Primary), Fire Department (coastal)	Control Center	Joint response with the Police (Autonomous Police)
Urban Search & Rescue	Police & Autonomous Police	Ground CCTV, Autonomous Police drones	Police or Autonomous Police	Control Center	Structural support from the Fire Department

### 3. Storage-type and real-time image processing parallel structure

본 논문에서는 저장형 드론 영상 기반 객체 인식 기술을 중심으로 실종자 탐색의 정확성과 효율성을 제고하고자 하였다. 그러나 실종자 수색 현장은 기상, 조도, 지형 등의 변수와 함께 즉각적인 대응이 요구되는 복합적 상황으로, 단일 방식만으로는 충분한 대응이 어렵다. 이에 따라 저장형 분석과 실시간 처리 방식을 병행하는 구조를 설계하여, 기술 발전과 현장 대응성을 동시에 확보하였다.

먼저, 저장형 영상 처리 방식은 드론이 촬영한 영상을 저장한 뒤, AI 객체 인식 기술을 적용해 사후 분석을 수행하는 구조이다. 이 방식은 대규모 데이터셋 구축과 반복 학습을 통한 탐지 정확도 향상에 강점이 있으며, 영상 내 특정 신원정보(인상착의, 의복 색상, 소지품 등)를 기반으로 탐색 범위를 좁혀 검색 효율성을 높일 수 있다. 또한 통신 음영 지역에서도 저장 후 분석이 가능하다는 점에서 탐색 누락 방지와 데이터 품질 확보 측면에서도 효과적이다.

반면, 실시간 영상 처리 방식은 드론이 촬영한 영상을 동시에 AI 객체 인식 기술로 분석하고, 이를 관제센터로 즉시 전송하는 구조이다. 이는 신속한 탐색과 구조대원에 대한 실시간 정보제공을 통해 골든타임 확보에 기여할 수 있으며, 통신인프라의 고도화와 함께 안정성과 연계성이 더욱 향상되고 있다.

본 정책 모델은 저장형 방식의 안정성과 실시간 방식의 즉시성을 병행함으로써, 기술적 한계와 현장 수요를 동시에 반영하기 위해 저장형과 실시간 처리 방식을 병행하는 이중 구조를 모델로 설계하였다. 초기 단계에서는 저장형 영상 기반 분석을 통해 기술 안정성과 객체 인식의 정확도를 우선

확보하고, 이후 통신인프라와 AI 기술의 발전 수준에 따라 실시간 분석 체계로의 단계적 전환 가능성을 검토하였다. 이러한 병행 구조는 기술적 접근을 넘어서 행정 플랫폼과의 연계 가능성까지 고려한 설계로, 관제센터의 AI 분석 시스템, 상황실, 경찰청 등 기존 재난 대응 기관들과의 유기적 연결을 통해 정책적 실효성을 높이는 데 중점을 두었다.

**4. Experiment results and analysis**

본 논문에서 수행한 기술 실증 실험은 저장형·실시간 병행 드론 영상 기반 AI 분석 기술이 재난 현장 실종자 수색에 정책적으로 적용 가능한지를 검토하는 데 목적을 두었다.

실증은 제주특별자치도 동부지역을 중심으로 총 4단계의 실증을 단계적으로 수행하였다. 구조대, 상황실, 관제센터, 기술업체가 협력하여 기술적 안정성, 행정 협업 구조, 정보 연계 가능성, 현장 수용성 등을 다층적으로 검토하였다. 각 실증에서는 다음과 같은 항목을 중심으로 실험을 구성하여 수행하였다.

- ① 저장형 드론 영상 기반 객체 인식 실험
- ② 실시간 드론 영상의 AI 분석 가능성 실험
- ③ 저장형 영상의 관제센터 연계 실증
- ④ 분석 결과에 따른 구조대원 대응 흐름 분석
- ⑤ 구조대원 대상 수용성 조사 및 심층 인터뷰

이러한 실증 결과는 단계적 정책 적용 모델로서의 현실 가능성과 행정 적용성, 법적 정당성 등을 판단하는 기반이 되었다.

**4.1 1st demonstration**

1차 실증은 드론의 저장형 영상을 기반으로 한 AI 객체 인식 알고리즘(YOLOv8)의 적용 가능성과 탐지 과정의 수행 절차를 검토하기 위해 진행하였다. 제주 동부소방서 구조대와 함께 산악지형에서의 실종자 수색 상황을 가정한 시나리오를 구성하고 드론 촬영을 수행하였으며, 촬영된 저장형 영상은 기술 협력 업체와 대학에 전달하여 객체 인식 분석을 진행하였다.

- 분석 대상: 6개의 표본 영상(총 23분 17초)
- 적용 AI 알고리즘: YOLOv8n
- 촬영 드론 기종 및 주요 사양
  - 기종: DJI Mavic 2 Enterprise
  - 카메라 사양: 1/2.3" CMOS 센서, 최대 4K UHD 촬영(3840×2160, 30fps), 열화상 카메라 병행 탑재
  - 운용 조건: 고도 약 35m, 시속 3.5km/h 저속 비행, 주간 자연광 촬영
  - 정확도 산출 : 실제 실험에 사용된 현장 조건과 알

고리즘에 의해 검출된 정확도를 비교하여 평균값으로 산출

해당 실증은 저장형 영상 기반 분석이 실제 재난 수색 현장에서 기술적으로 적용 가능한지를 검토한 초기 실험으로, 향후 SOP 설계 및 행정 연계 체계 구축을 위한 기초자료 확보에 목적을 두었다.

① 근거리 객체(사람) 인식



Fig. 5. Original drone footage/AI analysis results (close range)

Fig. 5에서 보인 바와 같이 사람이 근거리에서 촬영되었을 때에는 높은 정확도(90% 이상)로 객체를 인식하였다(Fig. 5).

② 원거리 객체(사람) 인식



Fig. 6. Original drone footage/AI analysis results (long distance)

사람이 원거리에서 촬영됐을 때에는 비교적 낮은 정확도로 인식되었으나 형체를 포착하는 탐지율은 높은 수준을 유지하였다(Fig. 6).

③ 수풀 내 객체(사람) 인식

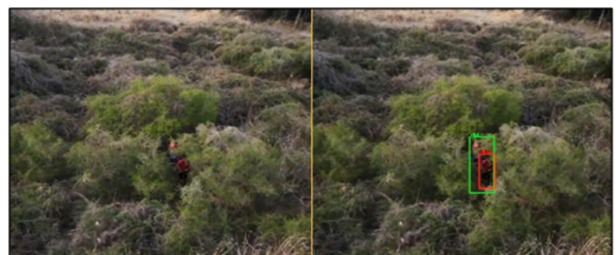


Fig. 7. Original drone footage/AI analysis results (in the bushes)

수풀로 객체(사람)가 가려져 있어도, 형체의 일부가 보이면 탐지되었다(Fig. 7).

④ 오탐지 사례

사람이 아닌 객체를 낮은 정확도 값으로 사람으로 인식하는 오탐지 사례(2건)도 있었다(Fig. 8).



Fig. 8. Original drone footage/AI analysis results (false positives)

본 실증에서는 일부 환경에서 인식 정확도의 차이가 나타났으나, 대부분의 상황에서 객체 형태에 대한 기본적인 탐지는 이루어졌다. 이는 저장형 영상 기반 탐색 체계가 실제 수색환경에 기술적으로 적용가능함을 시사하는 초기 근거로 해석된다. 또한 일정 수준의 사전 학습 이후 분석이 안정적으로 수행되었으며, 이는 향후 유사 환경에서의 반복 실험과 알고리즘 고도화 가능성을 뒷받침하는 결과로 볼 수 있다.

4.2 2<sup>nd</sup> demonstration

2차 실증은 드론 영상의 실시간 분석 체계가 실제 소방 현장에서 적용 가능한지를 확인하기 위한 기본 검증 단계로, 제주 상황실 내에 실시간 분석 시스템을 설치하고, 드론 실시간 영상과의 연동 작동 여부를 점검하였다.

실험은 CCTV 관제 AI 분석 및 VMS 협력 업체의 기술 지원으로 수행되었으며, 제주 동부소방서 전정에서 드론 영상을 송출한 뒤 실시간 분석 작동 여부를 확인하는 방식으로 진행하였으며, 실험의 절차와 방식은 다음과 같다.

- ① 상황실 내 실시간 분석 서버 및 소프트웨어 설치
- ② 드론 실시간 영상 송출 → 상황실 수신 여부 확인
- ③ 소프트웨어를 통한 실시간 AI 분석 작동 여부 점검
- ④ 시스템 연동 후 분석 결과 확인

2차 실증 결과는 일정 거리에서 사람 객체가 영상에 등장했을 때, YOLOv8 알고리즘을 통해 인식되는 장면을 확인할 수 있었다(Fig. 9).



Fig. 9. Real-time AI analysis screen

분석 과정에서 영상 프레임 지연 현상이 일부 발생하였는데, 이는 영상 전송 및 처리 과정에서의 통신 환경, 송출 해상도 등에 기인한 것으로 판단된다. 또한 객체 인식 정확도 및 분석 가능 고도는 영상 품질, 통신 속도, 드론의 촬영 고도 등 다양한 조건에 따라 영향을 받을 수 있음이 확인되었다.

이번 실증은 드론 영상의 실시간 분석이 기술적으로 가능함을 확인한 초기 단계 검증으로, 향후 실제 수색 현장 적용을 위한 시스템 안정성 강화 및 운영 조건 개선이 필요하다라는 점을 시사한다.

4.3 3<sup>rd</sup> demonstration

3차 실증은 드론 영상을 실시간으로 송출하고, 이를 기반으로 실시간 분석이 다양한 현장 조건에서 정상적으로 작동하는지를 확인하기 위해 진행하였다. 실험은 실제 고사리 채취객 실종 사고가 발생했던 산악지역 2곳과 인근 해안 지역 1곳에서 총 3차례, 30회 수준의 실시간 인식 실험을 실시하였으며, 지형 환경 및 통신 품질에 따른 실시간 분석 가능성을 검토하는 데 중점을 두었다.

① 산악 지형 객체(사람) 인식

이 실험에서는 산악 지점을 중심으로 수행되었으며, 일부 구간에서는 드론 영상 속 사람 형체가 AI 분석 화면에 자동으로 인식·표출되는 결과가 나타났다. 특히 숲이 적고 시야가 확보되는 구간에서는 탐지 속도와 정확도가 높게 나타났고, 관제시스템과의 연동도 평균 80% 이상 탐지되어 실현가능함이 확인되었다(Fig. 10).

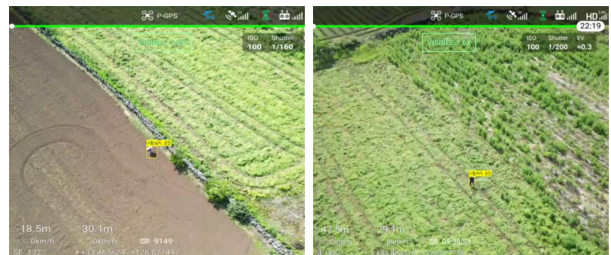


Fig. 10. Real-time AI analysis screen (mountainous plains)

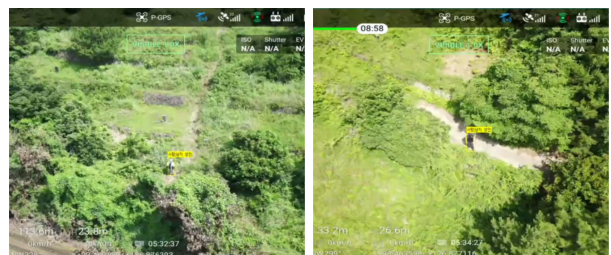


Fig. 11. Real-time AI analysis screen (mountainous forest)

② 해안 지형 객체(사람) 인식

해안 지역에서는 LTE 통신 품질이 안정적으로 유지되

어, 실시간 분석이 비교적 원활하게 작동하였다. 객체(사람) 인식 역시 대부분 정상적으로 이루어졌으나, 사람의 자세나 머리 방향에 따라 인식 성공률에 일부 차이가 발생하는 사례가 관찰되었다(평균 72% 탐지). 특히, 사람이 누운 상태에서 머리가 반대 방향을 향한 경우, 탐지가 지연되는 현상이 일시적으로 발생하였다. 이는 영상의 촬영 각도, 해상도, 객체의 노출 면적뿐만 아니라, 해당 조건에 대한 학습데이터의 부족도 인식 성능에 영향을 줄 수 있음을 시사한다(Fig. 12).

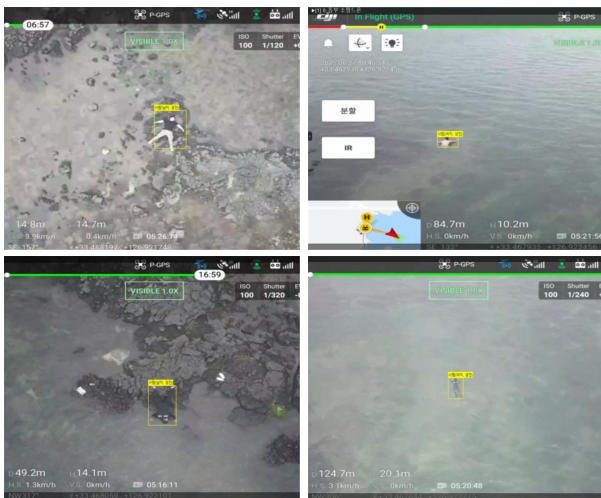


Fig. 12. Real-time AI analysis screen (coast)

③ 야간 열화상 카메라 객체(사람) 인식

야간 조건에서는 열화상 카메라를 탑재한 드론을 활용하여 실시간 분석 가능성을 간단히 실험하였다. 짧은 거리와 낮은 고도에서 사람 형태의 열 신호가 비교적 명확하게 92% 이상 감지되었으며, AI 분석 시스템과의 연동도 기본적인 수준에서는 정상 작동함을 확인하였다(Fig. 13).

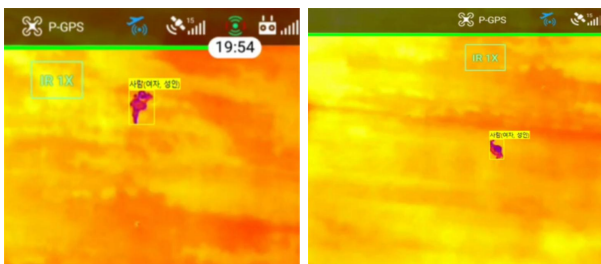


Fig. 13. Real-time AI analysis screen (night, thermal imaging)

다만, 실험 당시 지면 온도가 높은 한여름 기온으로 인해 주변 배경의 열 신호가 강하게 형성되면서, 사람과 배경 간의 온도 차이가 줄어드는 현상이 나타났다. 이로 인해 탐지 정확도에는 일정 수준의 제약이 있었다. 이러한 결과는 향후 열화

상 기반 수색체계의 고도화를 위해 계절적 변수와 지면 온도에 따른 탐지 효율 저하 문제를 고려해야 함을 시사하며, 야간 또는 시야 확보가 어려운 상황에서도 제한적이거나 기술의 적용 가능성을 보여주는 기초 실증으로 해석된다.

4.4 4<sup>th</sup> demonstration

4차 실증은 저장형 드론 영상을 AI 분석 기술과 연계하여, 상황실 및 관제센터의 분석 시스템과의 연동 가능성을 검토하기 위한 기초 실험으로 진행되었다. 특히, 실제 수집된 저장형 드론 영상을 관제시스템에 업로드하고, AI 분석을 통해 실종자(사람 객체)의 탐지 가능성과 영상 품질, 분석 정확도 등을 평가하였다.

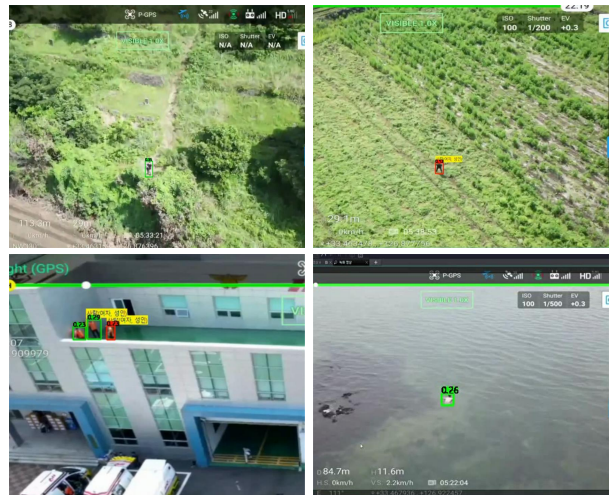


Fig. 14. Real-time AI analysis screen (4<sup>th</sup>)

영상 분석 결과, 영상 내 사람 형체는 대부분의 장면에서 96.5% 이상 탐지되었으며, 객체의 위치와 수 역시 일정 수준 이상으로 식별 가능하였다. 특히, 3차 실증에서 탐지에 실패했던 일부 장면(수풀 속 인물, 경사면의 원거리 인물 등)에 대해서도 이번 실증에서는 객체가 인식되었으며, 이는 저장형 영상 기반 분석 체계의 해상도 보정 및 분석환경 설정 개선의 효과로 해석할 수 있다. 또한 영상 해상도, 촬영 각도, 조도 등 주요 변수는 일정 수준 이상을 유지하였으며, 분석 시스템은 장면 전환 상황에서도 비교적 안정적으로 반응하였다.

분석 시스템은 두 단계의 AI 모델을 적용하여 객체를 탐지하였다. 1차 모델은 탐지 범위를 넓게 설정하여 최대한 많은 객체를 검출하고, 2차 모델은 이를 다시 판단하여 오탐(false positive)을 줄이도록 설계되었다.

실제 분석 영상에서는 사람으로 검출된 객체에 대해 다음과 같이 시각적 표기를 사용하였다.

- 연두색 박스: 1차 모델과 2차 모델 모두 사람이 맞다

고 판단한 객체

- 빨간색 박스: 1차 모델에서는 사람으로 판단했으나, 2차 모델에서는 아닌 것으로 판단한 객체
- 박스 상단 숫자: 해당 객체가 사람일 가능성을 나타내는 신뢰도 수치(Coconfidence)
- Threshold 값: 본 실험에서는 Confidence 0.1 이상의 객체를 모두 출력하였으며, 이는 일반적인 탐지 기준값(0.3~0.7)보다 낮게 설정되어 더 많은 객체를 검출할 수 있도록 조정된 것이다.
- 노란색 박스: 기존 영상 편집 시 삽입된 것이며, 분석 시스템의 결과와는 무관하다.

이를 요약하면, 분석 화면에서 연두색 또는 빨간색 박스가 존재한다면, AI 모델이 해당 객체를 사람으로 인식하였다는 의미이며, 이는 시스템의 탐지 성능과 내부 필터링 과정을 함께 시각화한 결과이다.

### 5. Standard Operating Procedure(SOP) Platform

본 논문에서 제안하는 병행 구조의 정책 모델은 현장지휘대, 상황실, 관제센터 간의 유기적 연계와 실시간 정보공유를 통해 실종자 수색의 효율성과 대응력을 동시에 확보하고자 한다. 이에 따라, 영상 수집부터 분석, 정보 공유, 재수색까지의 전 과정을 일관되게 통합하는 표준작전절차(SOP; Standard Operating Procedure)를 설계하였다.

이 SOP는 저장형과 실시간 분석의 병행 구조를 모두 반영함으로써 기술적 대응력과 행정적 운영 가능성을 균형 있게 확보하고자 하였으며, 단독 서버 기반 분석이 가능한 일부 기술적 조건을 인정하되, 관제센터 연계를 포함한 행정 협업체계를 중심에 두어 정책의 전국 확산성과 행정적 정당성을 높이는 데 중점을 두었다.

SOP의 단계별 구성은 Fig. 15와 같다.

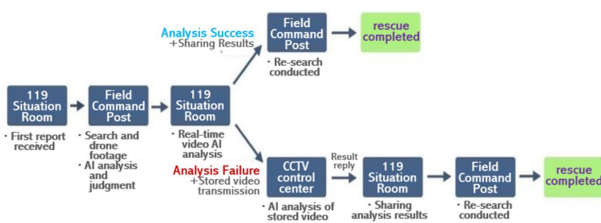


Fig. 15. Standard Operating Procedure(SOP) Flowchart

### IV. Conclusions

본 논문은 저장형·실시간 영상 기반 AI 객체 인식 기술을 드론 영상에 적용하여, 다양한 지형 조건과 행정 시스템 내에서 실종자 탐색의 실효성과 적용 가능성을 검토하

는 데에 그 목적이 있다.

그 결과, 저장형 영상 기반 분석 체계는 객체 인식 정확도와 분석 속도 측면에서 비교적 안정적으로 작동하였으며, 실제 드론 영상 촬영 환경에서도 사람 형태의 자동 탐지 가능성을 확인할 수 있었다. 특히, 객체 인식 임계값 설정이 탐지 성능에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났으며, 숲·해안 등 자연 지형에서는 기본값(30%)보다 낮은 설정(10% 이하)이 보다 효과적일 수 있음이 확인되었다.

한편, 실시간 분석 체계는 통신망 환경에 따라 작동 안정성이 크게 달라지는 양상을 보였다. 산악지역에서는 LTE 음영 구간 및 지형 고저 차로 인해 실시간 영상 전송이 간헐적으로 지연되거나 중단되는 사례가 반복되었으며, AI 분석 시스템의 연동성은 통신 품질, 드론 기종, 분석 서버의 처리 능력 등 복합적인 변수에 의존하는 것으로 확인되었다.

종합적인 판단으로 본 실증을 통해 도출된 정책적 시사점은 다음과 같다.

- ① 저장형 기반 분석 체계는 현재 기술 수준에서도 즉시 적용 가능한 정책 수단으로 판단되며, 드론 영상의 정규화 및 AI 분석 알고리즘 보강을 통해 보다 높은 정확도를 확보할 수 있다.
- ② 실시간 분석 체계는 전환기적 단계로, 통신망·서버·기종 등 물리적 인프라에 대한 준비가 병행되어야 안정적인 현장 운용이 가능하다.
- ③ 행정망 기반 연동 체계는 분석 정확도뿐 아니라, 행정 절차 및 책임 분담 구조의 정비가 선결 조건이며, 향후 시범 적용과 병행하여 SOP 확립 및 법적 체계 마련이 필요하다.

본 연구는 저장형 영상 기반 AI 분석 기술과 관제센터 연계 가능성을 중심으로 실증과 정책 모델을 검토하였으나 여전히 한계는 존재한다. 우선 일부 실험은 관제센터의 기술 지원 환경이나 통신인프라 상황에 영향을 받았으며, 전국 확산을 위한 지역별 행정 여건 차이까지는 충분히 반영되지 못했다.

따라서, 향후 연구로는 5G 기반 실시간 분석 체계와 더불어, 다양한 재난 대응 시나리오(예: 다수 사상자 사고, 대형 재난 등)에서의 적용성 검증, 지역 맞춤형 SOP 설계, 장기적 기술 고도화 전략, 그리고 드론 하드웨어 및 센서 성능 향상 방안 등이 후속 연구가 필요하다.

### ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the 2024 scientific promotion program funded by Jeju National University.

## REFERENCES

- [1] National Fire Agency. "2020-2025 Rescue and Life Safety Activity Statistics" Rescue and Life Safety Activity Information System
- [2] National Fire Agency, 『2024 National Fire Agency Statistical Yearbook』 (National Fire Agency, 2024).
- [3] Fire Department press release, "Beware of Hiking During the Coming Spring! Over the Past Three Years, Over 31,000 Mountain Accidents, Causing 6,673 Casualties," 2025.
- [4] Hi-Tech Information (2025), "Faster than the Eye... Ministry of the Interior and Safety to Introduce AI-Based CCTV Control System." 2025. <http://www.hitech.co.kr/news/articleView.html?idxno=42467>
- [5] Security News (2024), "AI-based CCTV control: Various use cases in major local governments." <https://m.boannews.com/html/detail.html?idx=131719>
- [6] Y. J. So, "A Study on a Communication System for Stable Drone Operation in Disaster Situations." Ph.D. dissertation, Sejong University Graduate School, 2023.
- [7] Ulsan Daily (2025), "AI drone finds missing person in 5 minutes...Nation's first lifesaving innovation." <https://www.iusm.co.kr/news/articleView.html?idxno=1050966>
- [8] Sisa Journal (2025), "AI Unmanned Systems: A Key Means of Maintaining Future Combat Power." <https://www.sisajournal.com/news/articleView.html?idxno=332667>
- [9] Redmon, J. et al. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 779-788, 2016. DOI:10.1109/CVPR.2016.91.
- [10] S. B. Lee, Lim Jin-taek. "A Study on the Generation of Mission Performance Data Using Search Drone Images," Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Research Institute, Jeonju Vision University, Department of Electrical Engineering, 2021.
- [11] E. Y. Go et al., "DNA+Drone AI: Research Trends in AI- Based Real-Time Analysis of High-Definition Drone Video," Journal of the Korea Institute of Information and Communications Sciences (Information and Communications), 39(3), 2022.
- [12] H. Y. Kim et al., "Implementation of a YOLO-based AI application system for searching for missing persons," Smart Media Journal, 12(9), 2023.
- [13] KASA, "Republic of Korea Aviation Innovation Promotion Strategy", KASA, 2025.
- [14] National Fire Agency, "Standard Manual for 119 Emergency Response to Disasters with Multiple Casualties," 2023.
- [15] Jeju Province, "Establishing a Rapid Response System for Missing Persons through the Development of an AI Missing Person Search System," Presentation Materials on 25 Years of CCTV Integrated Control Best Practices, 2025.
- [16] Kyunghyang(Oct. 26, 2020). Hydrogen drones are proliferating Jeju Island, delivering emergency supplies to Hallasan Mountain and even inspecting road construction sites. <https://www.khan.co.kr/article/202010261457001>
- [17] Maeil Business Newspaper. (Oct. 26, 2020). Korea Gas Corporation uses drones to patrol gas pipelines... Innovating safety management with 4th Industrial Revolution technologies. <https://www.mk.co.kr/news/special-edition/9715645>
- [18] Tahernejad A, Sahebi A, Sahl Abadi AS, Safari M. "Application of artificial intelligence in triage in emergencies and disasters: a systematic review." BMC Public Health, 24:3203, 2024. DOI:10.1186/s12889-024-20447-3.

## Authors



Dae-Ho Lee received the B.S. degree in Fire and Disaster Prevention Engineering from Kangwon National University, Korea, in 2010. He has been serving at the Jeju Fire Protection Safety Headquarters, Jeju, Korea,

since 2024. He is interested in fire and disaster prevention engineering, as well as the integration of disaster management and computer engineering.



Young-Seok Oh received the B.S. degree in Economics from Jeju National University, Korea, in 2015. He is currently serving at the Jeju Fire Protection Safety Headquarters, Jeju, Korea, since 2018.

He is interested in disaster scene management using computer engineering.



Jong-Cheol Oh received the B.S. degree in Nursing from Jeju National University, Korea, in 2015. He has been serving as a paramedic at the Jeju Fire Protection Safety Headquarters, Jeju, Korea, since 2019.

He is interested in emergency medical response systems using computer engineering.



Sung-Boo Kang received the M.S. degree in Business Administration from Jeju International University, Korea, in 2021. He has been serving as the Fire Chief of the Jeju Dongbu Fire Station, Jeju, Korea, since 2025.

He is interested in disaster command using computer engineering.



Ho-Young Kwak received the B.S., M.S., and Ph.D. degrees in Computer Science from Hong-Ik University, Korea, in 1983, 1985, and 1990, respectively. Dr. Kwak joined the Department of Computer Engineering at Jeju

National University, Jeju, Korea, in 1990. He is currently a Professor in the Department of Computer Engineering, Jeju National University. He is interested in IT-Medical convergence, Animal healthcare systems, IoT and Software systems.