

AI 드론 ‘ToToRANG’을 활용한 산림 보호 및 불법행위 대응 전략

| 32223844 임지원

| 32253783 이혜원

| 32254775 최태혁

CONTENTS

01 문제의식 – 개발동기

02 목적 (필요성)

03 유사 사례 분석

04 인공지능 도입방안

05 스토리보드

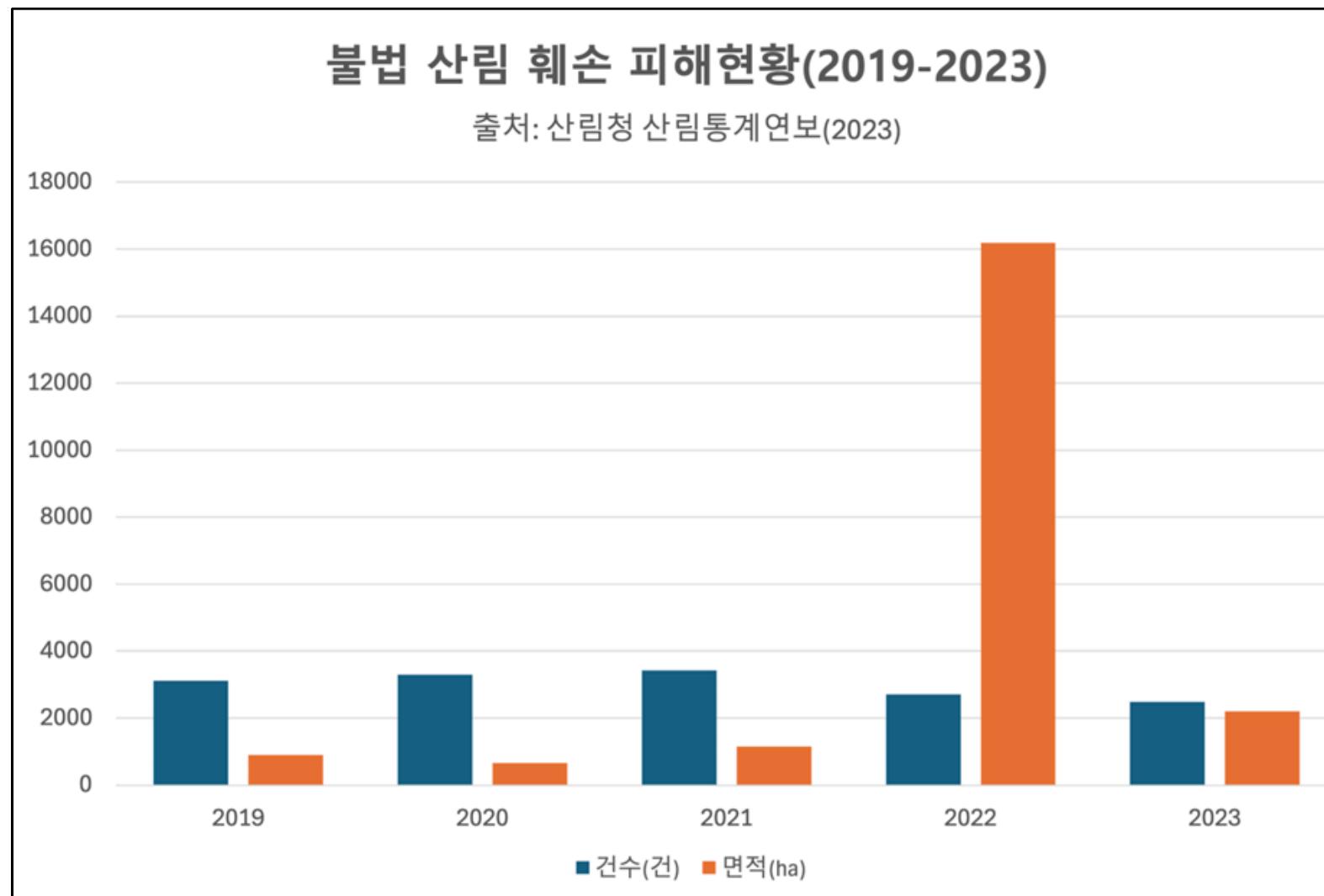
06 도시에 대한 영향

07 위험성 또는 부작용

01 문제의식 – 개발동기

문제의식 – 개발동기

- 불법 산림훼손 피해



- 2022년 피해 면적 1만6천 ha → 역대 최고치
- 2023년에도 지속적 피해 발생 → 장기적 위협 지속
- 산림 훼손은 단기적 문제가 아니라 지속적으로 발생하는 구조적 문제
- 생태계 복원력 약화 → 2차 재해(산사태, 홍수 등) 가능성 증가

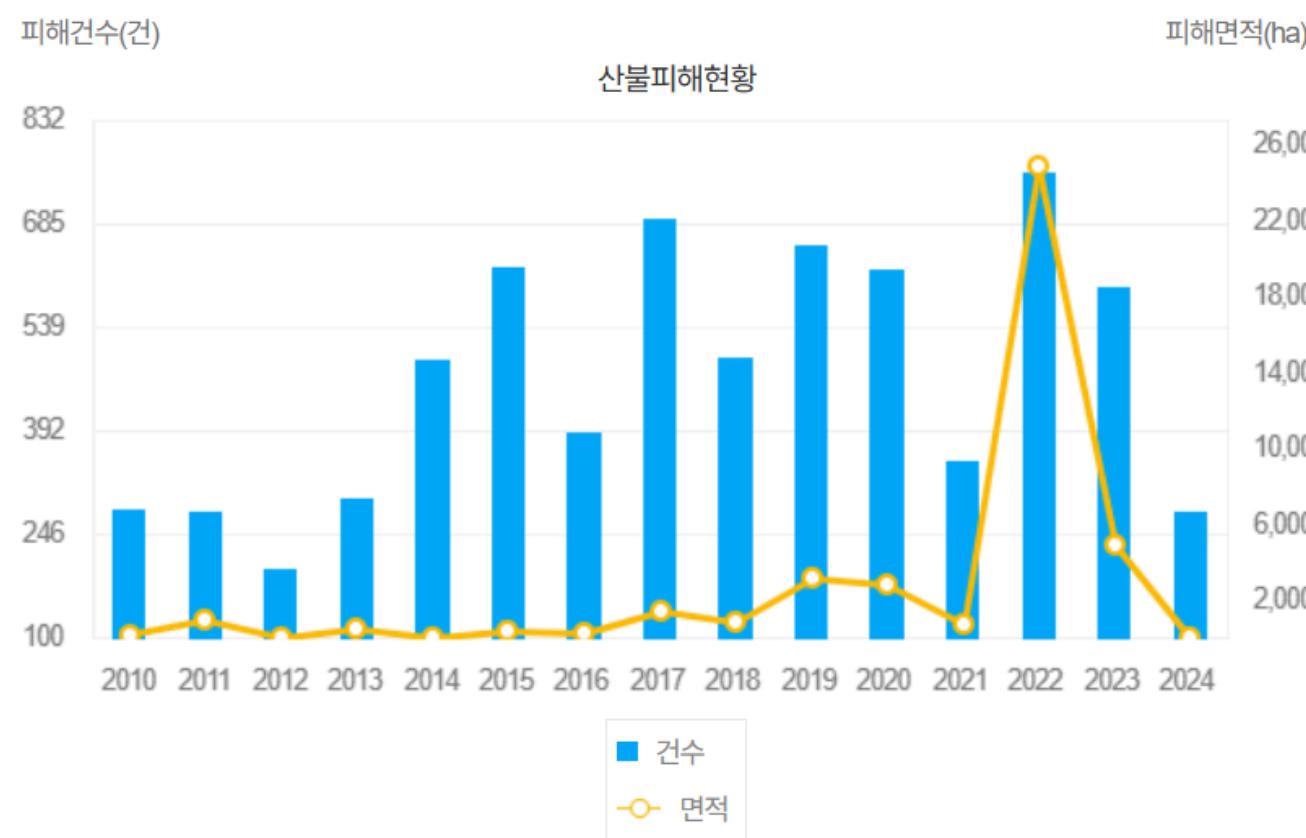
문제의식 – 개발동기

- 산림훼손의 주요원인- 산불

경북 초대형 산불 피해 그 후...잿더미 삶터, 농심은 더 타들어갔다

집·과수원·삶까지 잃은 마을...복구는 아직도 제자리걸음
주민 “땅만 있어선 농사 못 지어” 정부지원 체감 어려워

기사승인 2025-05-26 06:00:07



출처: 산림청 「산불통계연보」

- 국내 산림피해 중 **가장 큰 비중을 차지하는 원인**
- 최근 10년간 연간 수백 건의 산불 발생
- 영남권 대형 산불: 역대 최대 규모의 산림 피해 (총 10만 4천 ha 산림 소실)
- 특히 2021~2022년 피해 면적이 2만 ha를 넘어서며 급증
- 산불 발생 → 식생 소실과 토양 유실로 산림의 생태적 복원력 약화
- 피해지의 건조화·침식 가속 → 장기적인 생태계 공백지대 형성
- 단순 화재를 넘어, 집중호우 시 산사태·홍수로 이어지는 2차 재해 위험 증가

01

문제의식 – 개발동기

- 산림훼손의 주요원인- 벌목 문제

최근 5년간 불법 산림 벌채, 축구장 525개 달해

정희용 의원, 산림 내 불법 벌채 단속현황 분석

라펜트 | 주선영 기자 | 기사입력 2023-09-20

뉴스광장

“베어낸다더니 뿌리째”…산림 불법 벌채 ‘몸살’

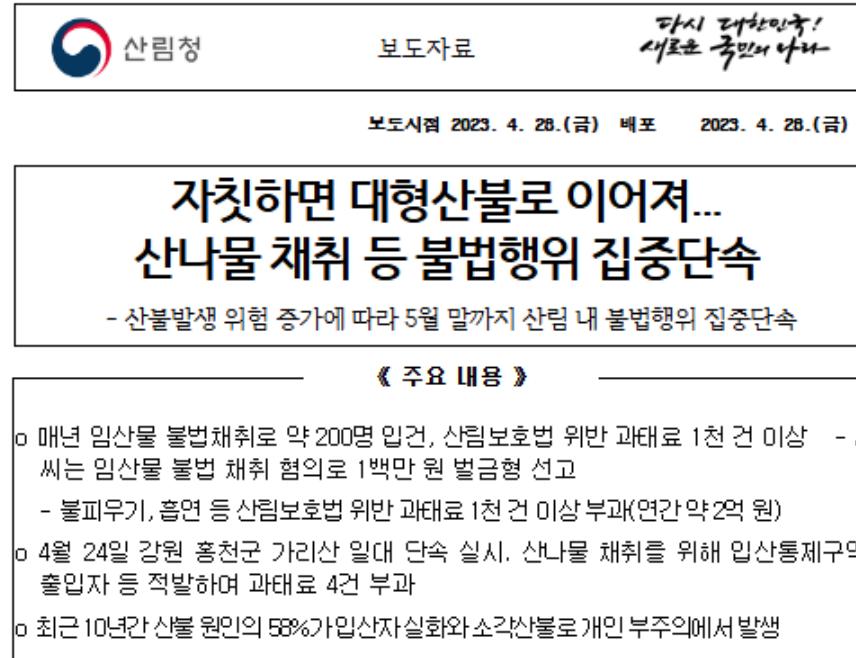
입력 2023.10.03 (07:26)

수정 2023.10.03 (07:35)

- 허가받은 벌목업자가 범위 넘어 소나무 뿌리째 반출, 태양광 가리기 위해 무단 벌목
- 최근 5년간 1,700건 적발, 축구장 500개 면적 파괴
- 피해지 복구도 미흡, 대부분 어린 나무만 식재
- 집중호우 땐 산사태 등 2차 피해 위험
- 처벌은 벌금형 위주, 구속 사례 전무 → 단속·처벌 강화 필요

문제의식 – 개발동기

- 산림훼손의 주요원인- 불법 산나물 채취



지난 2년간 봄철(4~5월) 산림 내 불법행위 적발건수는 총 1,683건이었다. 이 중 형사 사건 입건이 672건, 과태료 부과가 777건이었으며, 과태료 부과 금액은 약 1억 670만 원으로 나타났다. 매일 약 14건의 불법행위가 발생한 셈이다.

봄철은 다양한 산나물이 나오는 시기로 이맘때면 산나물 채취로 인해 곳곳에서 산림이 수난을 겪는다. 뿐만 아니라 건조한 날씨와 입산자 실화로 인한 산불 발생으로 막대한 산림훼손과 함께 개인 산주의 재산피해로까지 이어지고 있다.

이에 산림청은 5월 31일까지를 봄철 산림 내 불법행위 집중단속 기간으로 정하고 5개 지방산림청 및 각 지자체와 함께 합동단속반을 꾸려 전국 산림 내 불법 행위를 집중 단속한다.

집중단속 대상은 ▲산나물, 산약초 등 임산물 불법 채취, ▲산에서 불을 피우는 행위, ▲입산통제구역 무단침입 등이며, 그 외 불법 산지전용 및 무허가벌채와 같은 불법행위에 대해서도 상시 단속을 진행한다.



- 허가받지 않은 무분별한 채취로 식생과 토양 파괴, 숲의 생태적 복원력 약화

- 반복적인 채취로 인한 뿌리 훼손, 토양 유실 및 침식 가속화

- 숲의 건조화로 인한 산불 위험 상승, 2차 피해 우려

- 주민 전통 채취활동과의 충돌, 지역사회의 혼란 유발

- 채취 중 낙상·실종·독초 섭취 사고로 인한 주민 안전 위협

- **현행 단속·관리 체계의 사각지대 존재, 기술적 대응과 제도 개선의 필요성**

02 목적 (필요성)

02

필요성 (목적)

- 기존 드론 감시 체계 미비



불법 벌목, 산나물 채취, 산불로 인한 산림 훼손이 심각하여 드론기술이 도입되어 있으나

대부분 산불 포착 위주, 불법 벌목·산나물 채취는 기술이 있더라도 각각 따로 구현되어 있어 정밀하지 않고,
도입된지가 채 5년이 되지 않아, 대부분 순찰에 의존해 대응이 어려운 현실

02

필요성 (목적)

불법 벌목·산나물 채취·산불로 인한 산림 훼손 심각

산림 생태계 파괴, 주민 안전 위협이 지속되고 있음.



기존 드론 감시 체계 미비: 산불 위주 감시, 불법 벌목·산나물 채취는 여전히 순찰 의존

기존 기술로는 정밀 탐지·자동 대응 한계가 존재

산림 보존·재난 예방·주민 안전 확보를 위한 종합적 기술 개발 필요성

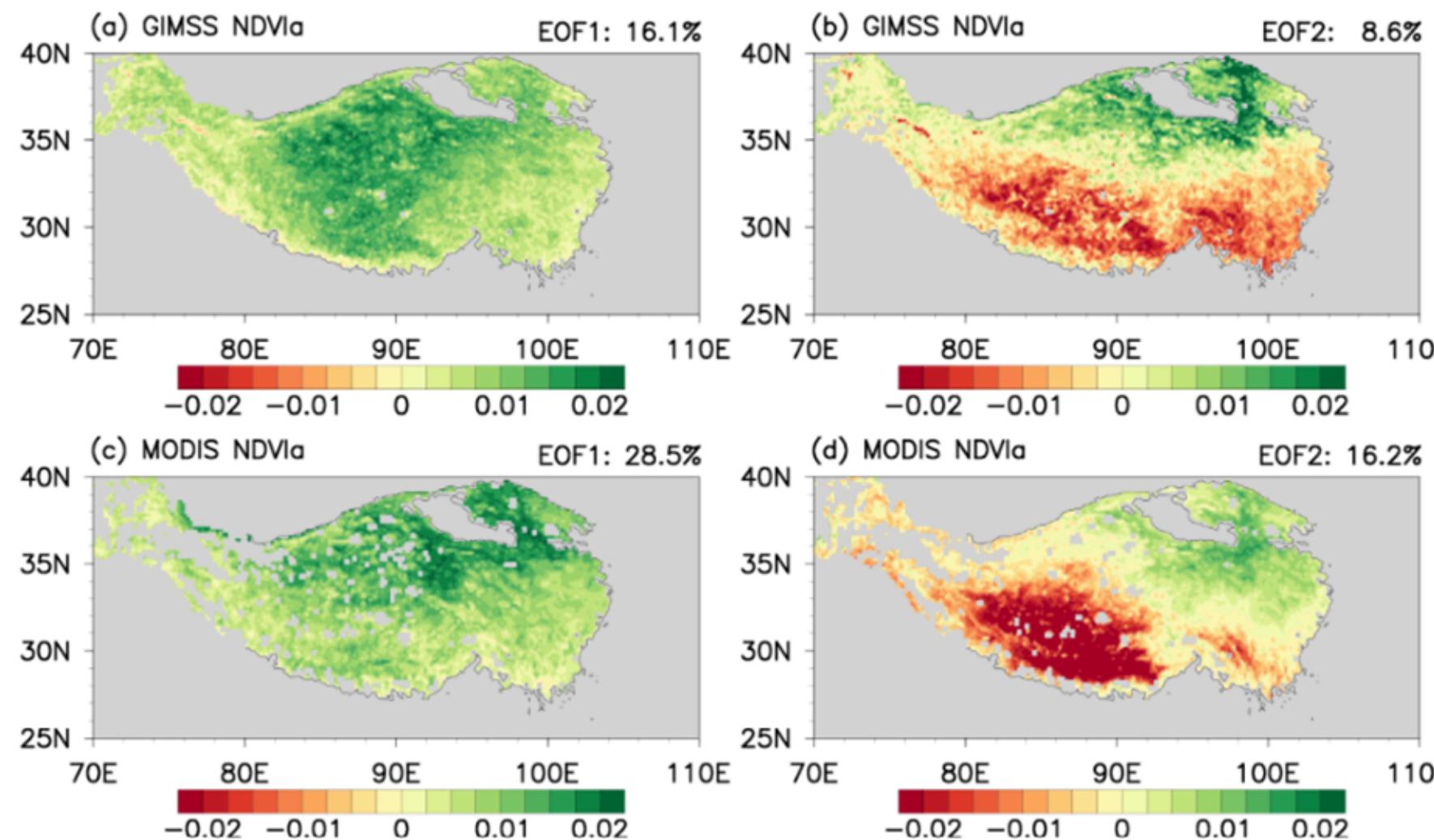


**드론 기반으로 생육상태 및 불법 벌목과 산나물 채취까지
함께 정밀하게 감지·대응할 수 있는 AI 기술 도입을 목적으로 함**

03 유사 사례 분석

03 유사 사례 분석

• 드론 + NDVI 기반 옥수수 생육 관리 (미국 아이오와 주)



기술 개요

- 드론과 NDVI 분석을 활용해 옥수수밭의 생육 상태를 정밀 진단
- 식생 활력도에 따라 정밀 비료 살포 및 병해 방지 전략 수립
- 결과적으로 비료 사용량 20~30% 절감, 수확량 10% 증가

기술 요소

- 멀티스펙트럼 카메라가 장착된 드론 → Red/NIR 밴드 측정
- NDVI 계산: $(\text{NIR}-\text{Red})/(\text{NIR}+\text{Red})$ 공식으로 식생 활력도 수치화
- NDVI 지도 시각화: 건강(초록), 약함(노랑~주황), 병해(붉은색)
- 계절별·공간별 경향성 파악 → 생육 약한 구역에 비료 추가 살포
- 데이터 기반 병해·수분 부족 탐지 및 방제 전략 지원

적용 범위

- 대규모 곡물 재배지(미국 아이오와 주 옥수수밭 등)
- 산림·농업 등 정밀 생육 모니터링 필요 지역
- 시간·비용 절감 및 생산성 증대 목표 분야 전반

03 유사 사례 분석

- 미국 스타트업 Outland Analytics 불법 벌목 감지 기술



Outland Analytics

기술 개요

- AI + IoT 센서 기반 시스템으로 불법 벌목을 감시
- 나무에 부착된 센서가 전기톱 소리, 차량 접근 소리 등을 탐지
→ AI가 분석 → 즉시 관계 기관에 실시간 알림 전송

기술 요소

- IoT 장비: 음향 센서 + 태양광 전원 + 무선통신
- AI 분석: 음성 데이터 기반 이상 징후 탐지 알고리즘
- 실시간 대응: 실시간 경고 시스템을 통한 빠른 조치

적용 범위

- 아마존 열대우림, 미국 보호림 등 넓은 지역에서 적용
- 벌목 예상 지역을 선제적으로 감시 가능

04 인공지능 도입 방안

인공지능 도입 방안

- 기술 소개



ToToRANG은

- ① 전방위 감시(Total Monitoring) 기능과
수호자적 어미 ‘랑’의 결합어로,
- ② 불법 산림훼손 탐지, NDVI 분석, 실시간 경고 기능을 수행하는
- ③ AI 드론 기반 산림 감시·보호 통합 시스템을 의미함

인공지능 도입 방안

- 도입 기능



- 하나의 멀티센서 드론으로 NDVI 분석(숲 건강도·핫스팟 모니터링)과 불법행위 탐지를 동시에 수행
- AI 분석으로 탐지·경보·단속까지 자동화 → 숲의 생태계 복원력, 주민 안전, 2차 재해 예방을 통합적으로 달성

인공지능 도입 방안

- NDVI란?

▶ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

식생의 활력도(건강 상태)를 수치화한 지표로, 드론의 멀티스펙트럼 센서를 통해 실시간 계산

- 공식: $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$



NIR: 근적외선 (식물은 강하게 반사)

Red: 적색광 (식물은 강하게 흡수)

- 값의 범위 : -1 ~ +1 사이의 수치
→ +1에 가까울수록 건강한 식생,
→ 0 이하이면 맨흙·사면·훼손지 등으로 판단

- 활용 방식

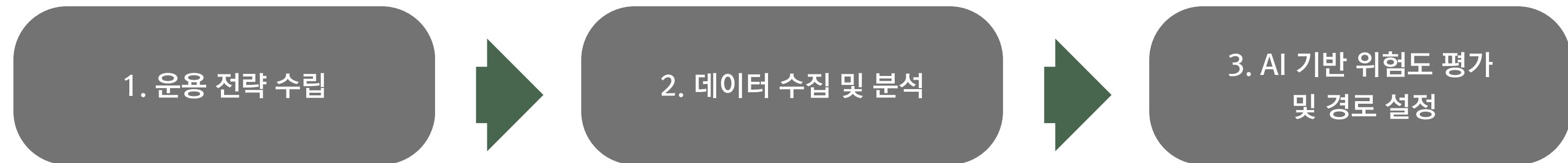
드론이 비행하면서 NDVI 값을 실시간 계산

건강도에 따라 색상 시각화: 초록 (건강), 노랑~주황 (주의), 붉은색 (훼손 가능성)

NDVI 값이 급락하거나 비정상적으로 낮은 지역은 불법 벌목, 채취, 산불 발생 가능성이 높은 구역으로 판단

인공지능 도입 방안

- AI 산림감시 드론의 5단계 운영 흐름



운영자는 목적별 비행 계획을 설정함.

- NDVI 분석: 월 1~2회, 정기적 수행
- 불법행위 감시: 매일 2~4회 (새벽·주말
·공휴일 중심)
- 민가·등산로는 회피, 접근 어려운 지역

은 우선 지정

드론 비행을 통해 다양한 데이터를 확보

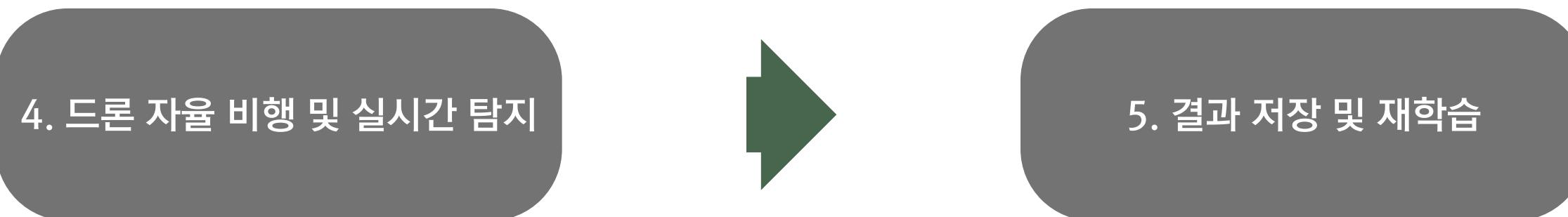
- 영상(RGB/멀티스펙트럼), NDVI, 단속 이력, 지형, 기상정보
- 수집된 데이터는 AI 분석에 연동됨

AI가 매일 위험도를 산출하여 경로를 설정

- NDVI 급락, 불법행위 이력, 사각지대 등을 종합 고려
- 시간대·위험도 기반으로 감시 횟수와 우선순위 자동 조정

인공지능 도입 방안

- AI 산림감시 드론의 5단계 운영 흐름



드론은 설정된 시간대와 조건 내에서 자율 비행

- 실시간으로 영상 분석
- 불법행위 탐지 시 경보(RED/ORANGE/GREEN)
및 위치 전송

탐지 결과는 AI 학습 DB에 반영되어
다음 날 감시 경로 및 우선순위 결정에 재사용

- 탐지 정확도와 대응 효율 지속 향상

인공지능 도입 방안

- 드론 모델·기술 도입

드론 모델: DJI Matrice 300 RTK

주요 탑재 센서

- RGB 고해상도 카메라 : 불법행위 탐지
- 멀티스펙트럼 센서(NIR, Red) : NDVI 분석
- 열화상 센서 : 야간·악천후 대응



인공지능 도입 방안

- 사용할 데이터 예시

데이터 종류	주요 내용	활용 목적
드론 영상 (RGB, 멀티스펙트럼)	벌목·채취 장면, NDVI 계산	객체 탐지 + 숲 건강 분석
불법행위 사례 데이터	단속 영상, 좌표, 도구 등	객체 탐지 학습 + 경로 우선 지정
NDVI 시계열 데이터	식생 활력도 변화	이상징후 탐지 + 순찰 대상 구역 예측
공간정보 (등산로, 민가 등)	지형, 고도, 위치 정보	비행 경로 최적화 + 민원 회피
기상 데이터	강수, 가시성 등	탐지 정확도 보정, 비행 조건 판단

인공지능 도입 방안

- 드론이 순찰 경로를 짜는 기준

기준	설명	왜 중요한가?
불법행위가 자주 발생한 장소	과거 단속 데이터, 민원 많은 지역	문제 생긴 곳은 또 생기기 쉬워서 먼저 봐야 함
NDVI 수치가 갑자기 떨어진 구역	최근 숲 건강이 나빠진 곳	벌목이나 채취가 몰래 이뤄졌을 가능성
지형이 험하고 잘 안 보이는 지	고도/경사 정보, CCTV 사각지대	사람이 순찰 못 가는 곳은 드론이 꼭 가야 함
시간대별 위험도	주말·새벽·공휴일 등	실제 불법행위가 자주 일어나는 시간에 맞춰 순찰해야 함
기상 데이터	강수, 가시성 등	탐지 정확도 보정, 비행 조건 판단

인공지능 도입 방안

- 비행·운용 전략

NDVI 비행:

월 1~2회, 봄·가을에는 2회 → 건강도·취약지역을 최신화

불법행위 단속 비행:

매일 새벽·주말 등 불법행위 위험 시간대에 20~30분 단위 짧은 주기 순환 비행

RED / ORANGE / GREEN 단계별 경보로 단속팀에 즉각 알림·출동

CCTV·열화상 센서는 “보완적 상시 감시”로만 운영 → 드론이 직접 탐지·단속의 본질적 역할 수행

단계별 알림	단계	예시 상황	대응 속도	알림 방식
	RED	벌목 작업 중대형 불법 산나물 채취	즉시 (5분 이내)	- SMS / 앱 푸시: “위급! 즉시 출동”- 드론 스피커: “중단 경고”- 영상·위치 정보 공유
	ORANGE	산나물 채취 의심 동작장비만 있는 상황	1시간 이내	- SMS / 앱 푸시: “불법행위 의심, 1시간 이내 현장 확인”- 드론 영상·위치 정보 공유- 필요시 드론 스피커 경고
	GREEN	산림 접근 차량 등 주의만 필요한 경미 상황	24시간 이내	- 주 1회 요약 이메일 / 앱 보고서- “순찰 강화 권고” 전달

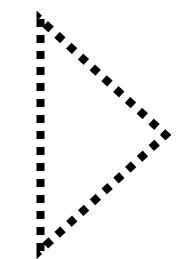
인공지능 도입 방안

- 단계별 도입·확대 전략 (섹터별 구체화)

[1단계]

경북 시범 도입

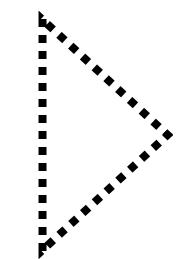
- 경북 지역: 전국 불법 산림훼손·벌목 적발 건수 최다
- NDVI 분석과 불법행위 직접 탐지를 시범 운용 → 효과·운영 데이터 축적
- 이를 기반으로 정책·예산 타당성 입증



[2단계]

전남 등 남부권 확대

- 다도해 등 숲·해안·도서 산림 지역으로 확대
- 경북 시범 운영의 성과를 바탕으로 전남·남부권으로 확산
- 전국 산림 유형별 적용 가능성 검증



[3단계]

수도권·전국 확산

- 수도권 외곽·산지 지역 (북한산, 도봉산 등)으로 단계적 확대
- 최종적으로 전국 단위 산림 AI 단속 체계로 발전 → 숲 보호·도시 안전망 통합 달성

05 스토리보드

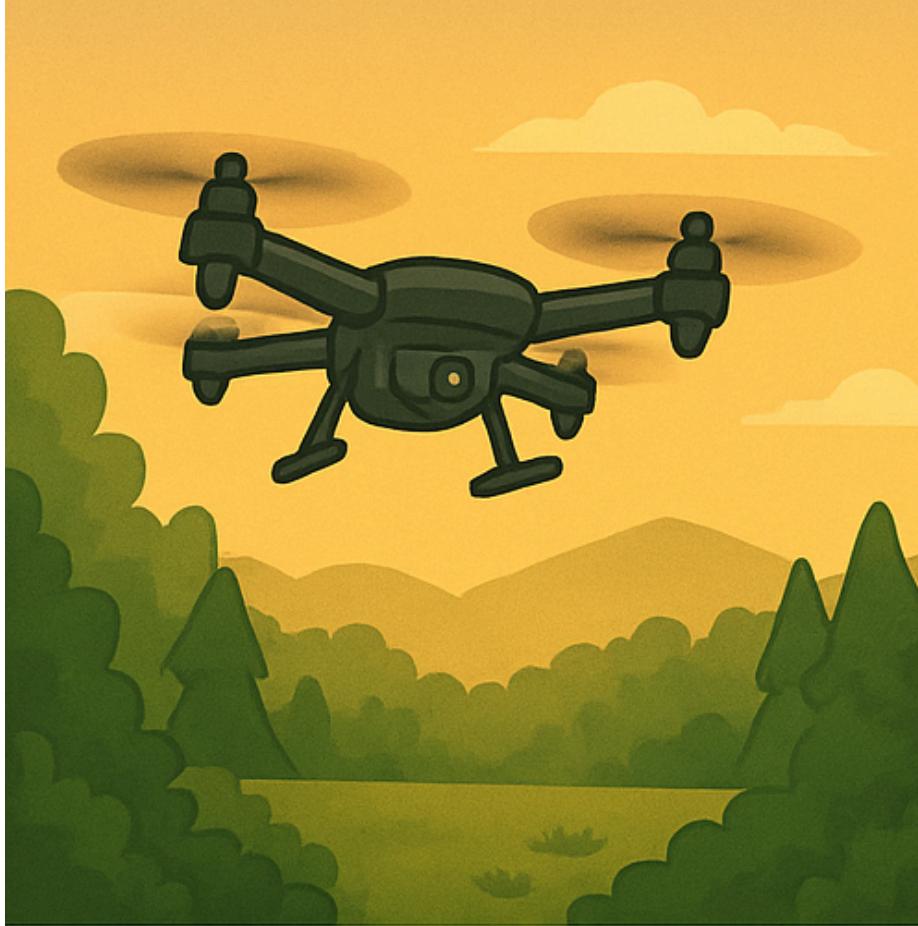
스토리보드



1컷-감시 전략 입력

운영자가 노트북에 비행 시기(봄),
시간(06:00), 감시 목적 등 설정값을 입력함.

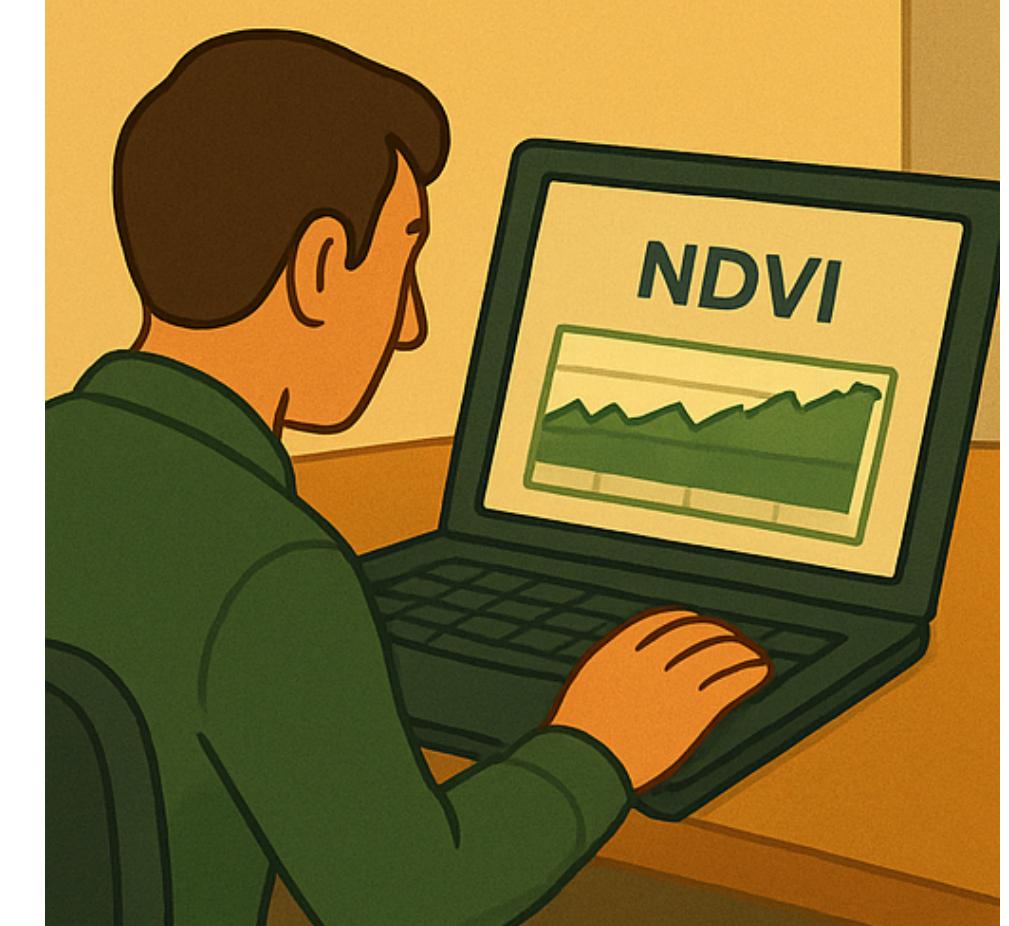
AI 드론 감시 시스템이 사람이 설정한 전략을 기반
으로 작동한다는 점을 강조.



2컷-드론 자동 이륙

설정된 시간에 맞춰 드론이 산림
상공으로 자동 이륙함.

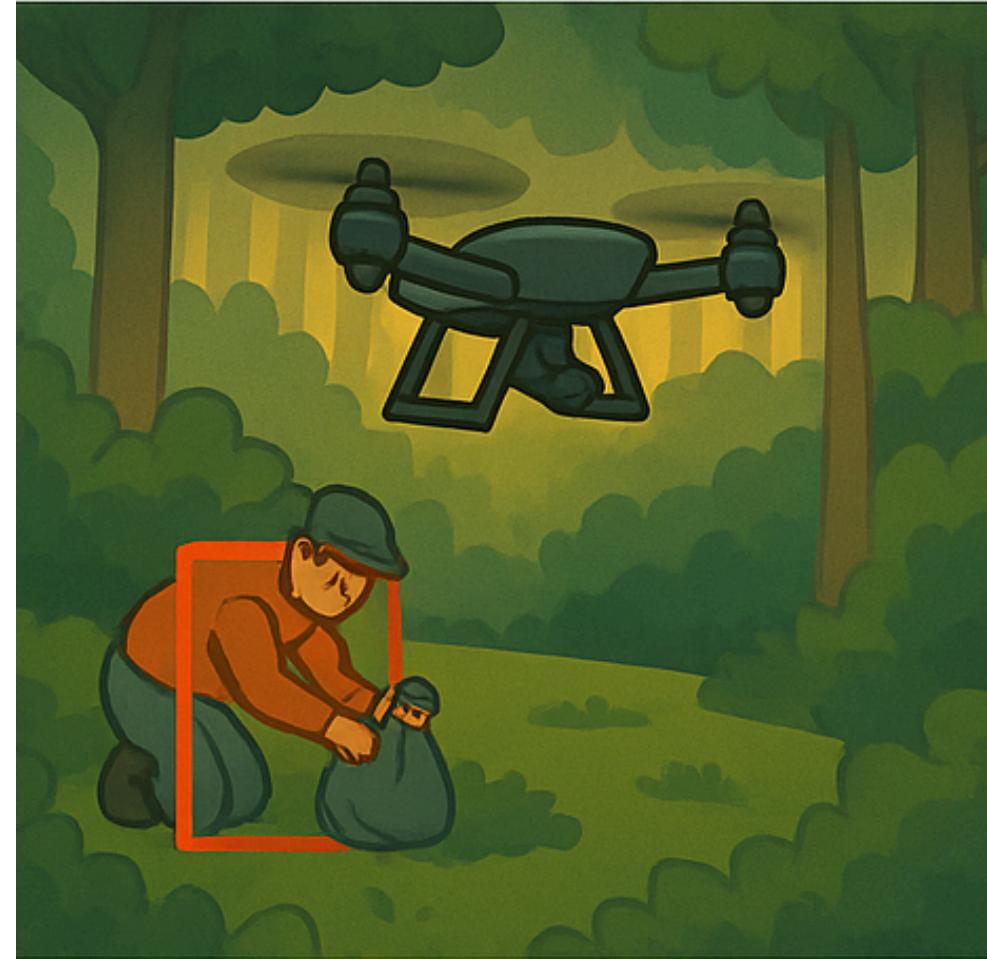
자연환경 위를 자율 비행하는 모습 시각화.



3컷-생육 상태(NDVI) 모니터링

NDVI 그래프를 통해 식생 건강도를 분석함.
지속적으로 악화되는 구역이

실시간 파악되고 있음.



4컷-불법 산나물 채취 포착 + 경고

드론이 산속에서 불법으로 나물을 채취 중인 사람을 인식함. (Bounding Box 포함)
드론 본체에서 스피커를 통한 음성 경고가 울림.
▶ “중단 경고! 본 행위는 불법입니다.”



5컷-탐지 정보 확인 및 알림 발생

운영자 노트북에 “ILLEGAL ACTIVITY” 경고 문구와 실시간 영상이 뜹.
영상, 위치정보, 위급 알림이 자동 전송됨
SMS / 앱 푸시: “위급! 즉시 출동”
영상·위치정보 공유됨



6컷-긴급 대응 요청

운영자가 휴대전화를 들고 즉시 출동 요청을 함.
모니터에는 여전히 불법 채취 영상이 띄워져 있음.
사람-기계 협업을 통한 즉각 대응 가능성을 강조.

05 + 추가 스토리보드 영상



MINIMAX | Hailuo AI

06 도시에 대한 영향

도시에 대한 영향



도시권 재해 예방

불법 벌목·산림 훼손 방지로 도시 인근 산사태·홍수 등의 2차 재해 위험 감소
도시 주민의 안전망 강화 효과

산림 건강도 향상

NDVI 기반 숲 건강도 모니터링으로 산림의 생태계 복원력·기능 강화
숲의 공기정화·온도조절 기능(도시열섬 완화) 강화

미세먼지·열섬 현상 완화

건강한 숲이 도시 외곽의 미세먼지 필터 역할을 수행
여름철 폭염·열섬 현상 완화에 기여

주민 삶의 질·여가환경 개선

숲의 복원과 산림보호로 도시민의 휴양·힐링 공간 보존
도시 주민의 건강·삶의 질 향상

07 위험성 또는 부작용

01

기술적 한계

- 드론·AI 탐지의 정확도가 기상·지형 조건에 따라 변동
- 밤·비·안개 등 악천후에서 탐지 성능 저하 가능성
- 탐지 오차·오탐·누락으로 현장 확인 필요

02

주민 사생활 침해·갈등

- 드론·카메라로 인한 주민 사생활 침해 우려
- 산림 인근 주민·산나물 채취 지역 주민과의 사회적 갈등 발생 가능성
- 주민 수용성 확보와 소통 중요

03

운영 예산·인력 부담

- 초기 투자비용(드론·AI)과 연간 운영비(인력·유지보수) 부담
- 예산 논란·재정 낭비 비판 가능성
- 단계별 성과 검증·확산 전략으로 보완 필요



Thank you

감사합니다

Q & A