

# FarmSense

AI 기반 포도 스마트팜 통합 관리 플랫폼

## 시스템 종합 기술 분석 보고서

Version 1.0

2026년 1월

정부지원사업 및 기술협력용

## 1. 시스템 개요

### 1.1 프로젝트 비전

FarmSense는 대한민국 포도 재배 농가를 위한 AI 기반 통합 스마트팜 플랫폼입니다. 병해충 조기 감지, 환경 모니터링, 의사결정 지원 시스템(DSS)을 통합하여 농가의 생산성 향상과 품질 관리를 지원합니다.

### 1.2 핵심 가치

- 조기 감지:** 병명이 확정되기 전 '이상 징후'를 빠르게 포착하여 선제적 대응 가능
- 예방 농업:** PMI(병해 감염 지수) 기반 48시간 사전 경보 시스템
- 데이터 기반 의사결정:** 3,000개 이상의 논문과 실증 데이터를 기반으로 한 RAG 시스템
- 국가 농업 데이터 축적:** 센서 기록과 현장 사진의 체계적 수집으로 농업 연구 기반 마련

### 1.3 시스템 구성 요약

구분	기술 스택	주요 기능
백엔드 서버	Django 5.0 + DRF	REST API, 인증, 데이터 관리
AI 진단 서버	FastAPI + PyTorch	5개 양상별 모델 이상 징후 감지
RAG 서버	FastAPI + ChromaDB	129,008개 문서 기반 지식 검색
모바일 앱	React Native + Expo	Android 전용 앱
웹사이트	Next.js 14	홍보 및 대시보드
데이터베이스	PostgreSQL + Redis	영속 저장 + 캐싱

## 2. 시스템 아키텍처

### 2.1 전체 시스템 구조

FarmSense는 마이크로서비스 아키텍처를 채택하여 각 기능 모듈을 독립적으로 운영합니다. 이를 통해 확장성과 유지보수성을 확보하였습니다.

#### 서버 인프라 구성

서비스	포트	프로토콜	설명
Nginx	80/443	HTTP/HTTPS	리버스 프록시, SSL 종단
Django API	gunicorn.sock	Unix Socket	메인 REST API 서버
RAG 서버	8001	HTTP	지식 검색 및 답변 생성
진단 서버	8002	HTTP	AI 이상 징후 감지
Next.js 웹	3000	HTTP	홍보 웹사이트
PostgreSQL	5432	TCP	관계형 데이터베이스
Redis	6379	TCP	캐시 및 세션 관리

### 2.2 데이터 흐름

사용자 요청이 처리되는 전체 데이터 흐름은 다음과 같습니다:

1. **사용자 요청** → 모바일 앱에서 이미지 촬영 또는 질의 입력
2. **Nginx 라우팅** → SSL 처리 후 적절한 백엔드 서비스로 전달
3. **Django API** → 인증 확인, 농장 컨텍스트 수집, 요청 분류
4. **AI 서비스** → 진단 서버(8002) 또는 RAG 서버(8001)로 전달
5. **결과 통합** → DSS 엔진과 RAG 결과를 조합하여 최종 응답 생성
6. **데이터 축적** → 모든 이미지, 센서 데이터, 진단 결과를 DB에 저장하여 연구 자산화

### 3. AI 이상 징후 감지 시스템

#### 3.1 핵심 철학: 조기 감지 우선

"병명을 정확히 맞추는 것보다, 병이 오고 있다는 것을 빨리 캐치하는 것이 농가에게 더 중요합니다."

FarmSense의 AI 시스템은 의도적으로 다양한 병해 유형을 포괄하는 방향으로 설계되었습니다. 이로 인해 개별 병해에 대한 분류 정확도는 다소 낮아지지만, '정상 vs 이상' 감지 능력은 매우 높습니다. 농가 입장에서는 정확한 병명보다 '지금 뭔가 문제가 생기고 있다'는 조기 경보가 훨씬 가치있습니다.

#### 왜 조기 감지가 중요한가?

- 골든타임 확보:** 병해 초기(24-48시간 내)에 발견하면 방제 효과 3배 이상 증가
- 피해 최소화:** 증상이 명확해질 때까지 기다리면 이미 확산된 후
- 비용 절감:** 예방적 방제는 치료적 방제 대비 농약 사용량 50% 절감
- 환경 데이터 결합:** PMI 지수와 결합 시 병명 추정 정확도 향상

#### 3.2 진단 전략: 2단계 접근

단계	목표	방법
1단계	이상 징후 감지 (정상 vs 비정상)	AI 이미지 분석 + PMI 환경 지수 결합
2단계	병해 유형 추정	환경 조건 + 생육 단계 + 증상 패턴 분석

#### 3.3 학습 데이터셋

데이터 출처	규모	특징
AIHub 포도 데이터셋	78,000장	한국형 병해 (탄저병, 노균병 등)
Kaggle Grape Disease	15,000장+	글로벌 병해 (Black Rot 등)
네이버 밴드 자료	2,000장+	현장의 이미지

#### 3.4 감지 대상 이상 유형

유형 (한글)	유형 (영문)	분류	주요 발생 시기
탄저병	Anthracnose	곰팡이	6-9월
노균병	Downy Mildew	곰팡이	5-7월
흰가루병	Powdery Mildew	곰팡이	5-8월
축과병	Shriveling	생리장해	8-9월
일소 피해	Sunburn	생리장해	7-8월
검은썩음병	Black Rot	곰팡이	6-8월
새눈무늬병	Black Measles	곰팡이	5-7월
정상	Healthy	-	-

### 3.5 모델 아키텍처

5개의 독립적인 모델을 양상별하여 이상 징후를 감지합니다:

- YOLOv8-cls:** 빠른 추론 속도의 분류 모델 (메인 모델)
- ResNet50:** ImageNet 전이학습 기반 안정적 분류
- EfficientNet-B4:** 효율적인 연산과 높은 정확도
- ViT (Vision Transformer):** Attention 기반 특징 추출
- ConvNeXt:** 최신 CNN 아키텍처

### 3.6 정확도 향상 로드맵

현재는 조기 감지에 초점을 맞추고 있으며, 데이터가 축적된 이후 병해별 분류 정확도를 단계적으로 향상시킬 계획입니다.

단계	목표	필요 데이터	예상 시기
현재	이상 징후 감지	기존 학습 데이터	2026년 상반기
Phase 2	주요 병해 5종 구분	+50,000장 (현장 수집)	2026년 하반기
Phase 3	전체 병해 정밀 분류	+100,000장 (연구 협력)	2027년

## 4. 농업 데이터 확보 및 연구 기여

### 4.1 국가 농업 데이터 현황의 문제점

현재 국내 농업 데이터 인프라는 심각한 공백 상태에 있습니다. 농사로(농촌진흥청) 등 공공 데이터베이스에서도 **병해 정보에 이름과 설명만 있고, 실제 현장 사진이 없는 경우가 있을 정도입니다.**

#### 데이터 부재로 인한 문제

- AI 모델 개발 한계:** 학습에 필요한 레이블링된 이미지 데이터 절대 부족
- 농가 교육 어려움:** 실제 증상 사진 없이 텍스트만으로는 병해 구분 학습 불가
- 연구 지연:** 기후변화에 따른 새로운 병해 패턴 분석 데이터 미확보
- 정책 수립 근거 부족:** 지역별, 시기별 병해 발생 통계 데이터 미비

### 4.2 FarmSense의 데이터 수집 체계

FarmSense 플랫폼은 농가가 일상적으로 사용하는 과정에서 **자연스럽게 고품질 농업 데이터가 축적되도록 설계되었습니다.**

데이터 유형	수집 방법	연구 활용 가치
현장 사진	AI 진단 시 촬영 이미지 자동 저장	병해 이미지 DB 구축, AI 재학습
환경 센서 데이터	10분 단위 자동 수집 (온습도, 토양)	병해 발생 조건 분석, PMI 고도화
기상 데이터	기상청 API 연동 자동 기록	기후-병해 상관관계 연구
방제 이력	영농일지 입력	농약 효과 분석, 내성 연구
생육 기록	성장일지 사진 (주기적)	생육단계별 병해 취약점 분석
농가 Q&A	AI 상담 질의응답 기록	농가 실제 고민 파악, 교육 콘텐츠 개발

### 4.3 정부 및 연구기관 협력 기회

FarmSense가 수집하는 데이터는 정부 및 연구기관에게 **귀중한 연구 자산**이 될 수 있습니다.

#### 협력 모델 제안

7. **데이터 공유 협약:** 익명화된 농업 데이터를 연구 목적으로 제공
8. **공동 연구:** 농촌진흥청, 대학 연구팀과 병해 예측 모델 공동 개발
9. **국가 DB 기여:** 농사로 등 공공 플랫폼에 현장 사진 데이터 제공
10. **지역 농업 통계:** 지자체별 병해 발생 현황 리포트 제공

#### 예상 데이터 축적량 (1년 기준)

데이터 유형	예상 규모 (100농가)	연구 활용
병해 진단 이미지	50,000장+	AI 재학습, 이미지 DB
센서 측정 데이터	5,000만 건+	환경-병해 상관분석
방제 기록	10,000건+	농약 효과 분석
생육 사진	100,000장+	생육단계 DB 구축

## 5. RAG (Retrieval-Augmented Generation) 시스템

### 5.1 시스템 개요

RAG 시스템은 대규모 농업 지식 데이터베이스를 기반으로 농가의 질문에 정확하고 신뢰할 수 있는 답변을 생성합니다. 벡터 검색과 LLM을 결합하여 맥락에 맞는 전문가 수준의 응답을 제공합니다.

### 5.2 임베딩 데이터 현황

데이터 소스	문서/청크 수	내용
학술 논문 (PDF)	4,595개 / 249,096청크	포도 재배, 병해, 생리 연구
네이버 밴드 Q&A	4년치 / 15,000+	농가 실제 질문과 전문가 답변
YouTube 자막	500+ 영상	농업 유튜버 실전 노하우
농촌진흥청 공공데이터	다수	공식 재배 가이드라인
총계	약 129,008개 문서	-

### 5.3 기술 구성

- 벡터 데이터베이스:** ChromaDB (영속 저장, 빠른 유사도 검색)
- 임베딩 모델:** jhgan/ko-sbert-nli (한국어 특화 SBERT)
- LLM:** GPT-4 Turbo / Claude 3.5 Sonnet (하이브리드)
- 검색 전략:** 메타데이터 필터링 + 시맨틱 검색 결합

### 5.4 컨텍스트 기반 개인화

RAG 시스템은 농장별 컨텍스트를 수집하여 맞춤형 답변을 생성합니다:

- 농장 위치 (PNU 기반), 재배 품종, 재배 면적
- 현재 생육 단계 (GDD 기반 자동 계산)
- 실시간 센서 데이터 (온도, 습도, 토양수분)
- 기상청 예보 데이터 (향후 48시간)
- PMI (병해 감염 지수) 실시간 값

## 6. DSS (의사결정지원시스템)

### 6.1 PMI (Plant Management Intelligence) 엔진

PMI는 환경 데이터를 분석하여 병해 발생 위험도를 사전에 예측하는 핵심 알고리즘입니다. 48시간 사전 경보를 통해 예방적 방제가 가능합니다.

#### PMI 계산 요소

요소	가중치	설명
온도 적합도	25%	병해별 최적 온도 범위 (노균병: 15-25°C)
습도 적합도	25%	상대습도 85% 이상 시 급격히 증가
엽면습윤 시간	20%	6시간 이상 젖은 상태 유지 시 위험
1차 감염 조건	15%	3-10 규칙: 신초 10cm, 강우 10mm, 온도 10°C
포자 형성 조건	15%	야간 4시간+ 습도 95%+ 온도 18-25°C

#### PMI 등급 체계

PMI 점수	위험 등급	권장 조치
0-30	안전 (녹색)	정기 관찰 유지
31-50	주의 (노랑)	예방 방제 검토, 통풍 관리
51-70	경고 (주황)	48시간 내 예방적 살균제 살포
71-85	위험 (빨강)	24시간 내 긴급 방제 실시
86-100	긴급 (자주)	즉시 방제 + 확산 방지 조치

### 6.2 GDD (적산온도) 기반 생육단계 예측

GDD(Growing Degree Days)는 포도의 생육 단계를 객관적으로 판단하는 지표입니다. 일일 평균온도에서 기준온도(10°C)를 뺀 값을 누적합니다.

생육단계	누적 GDD	BBCN 코드	주요 관리
발아기	100-150	BBCN 09	수분 관리

전엽기	200-300	BBCH 11-15	비료 시비
개화기	600-700	BBCH 61-65	착과 관리
비대기	850-1100	BBCH 71-75	병해 방제
착색기	1500-1650	BBCH 81-83	당도 관리
수확기	1850+	BBCH 89	수확 결정

### 6.3 DOSAVIÑA 살포량 계산

DOSAVIÑA 모델은 수관 체적(TRV)을 기반으로 최적의 농약 살포량을 계산하여 과잉 살포를 방지하고 환경 부하를 줄입니다.

#### 계산 공식

- TRV** = (수관높이 × 수관폭 × 10,000) ÷ 열간거리
- 기본 살포량** = TRV × 0.1 (L/m<sup>3</sup>)
- 최종 살포량** = 기본량 × 밀도계수 × 재배방식계수 × 농약계수

#### 재배 방식별 보정 계수

재배 방식	보정 계수	비고
노지 재배	1.0	기준값
비가림 재배	0.85	15% 절감
시설 하우스	0.75	25% 절감

## 7. 외부 API 연동

### 7.1 기상청 API

API 서비스	용도
단기예보	3시간 단위 72시간 예보 (온도, 습도, 강수확률)
초단기실황	실시간 기상 관측 데이터
중기예보	주간 날씨 전망
특보	기상특보 (폭염, 강풍, 우박 등)

### 7.2 농사로 API

API 서비스	용도
병해충 정보	병해충 증상, 발생조건, 방제법 검색
농약 정보	등록 농약 검색, 희석배수, 안전사용기준

### 7.3 흙토람/팜맵 API

API 서비스	용도
토양 특성 조회	PNU 기반 토양 27종 특성 (pH, 유기물, EC 등)
포도 재배 적합성	토양 기반 포도 재배 적합도 평가
비료 처방	수령별 맞춤 시비량 계산

### 7.4 Google Earth Engine

위성 영상을 활용한 식생지수 분석:

- **NDVI (정규식생지수):** 작물 생육 상태 모니터링
- **NDWI (수분지수):** 수분 스트레스 감지
- **변화 탐지:** 시계열 비교를 통한 이상 징후 조기 발견

## 8. 모바일 애플리케이션

### 8.1 기술 스택

구분	기술
프레임워크	React Native + Expo SDK 52
상태 관리	Zustand (경량 상태 관리)
네비게이션	React Navigation 6
HTTP 클라이언트	Axios + 인터셉터
로컬 저장소	AsyncStorage + SQLite
플랫폼	Android 전용 (Google Play Store)

### 8.2 주요 화면 구성

- 홈 대시보드:** 실시간 환경 현황, PMI 게이지, 긴급 알림
- AI 이상 감지:** 카메라 촬영/갤러리 선택 → 3초 분석 → 조치 안내
- AI 상담소:** RAG 기반 채팅, 음성 입력 지원
- 영농일지:** 작업 기록, 사진 첨부, 음성 메모
- 스마트팜 관리:** 물관리, 비료관리, 방제관리, 수확예측
- 센서 모니터링:** 실시간 차트, 임계값 알림

## 9. 기대 효과 및 활용 방안

### 9.1 농가 관점 기대 효과

항목	기대 효과	비고
이상 징후 조기 감지	평균 3일 사전 경보	PMI 시스템
농약 사용량	20-30% 절감	DOSAVIÑA 적용
진단 시간	기존 3일 → 3초	AI 즉시 분석
수확량	10-15% 향상	최적 환경 관리
인건비	15-20% 절감	자동화 모니터링

### 9.2 정부/연구기관 관점 기대 효과

항목	기대 효과
병해 이미지 DB 확보	농사로 등 공공 DB에 실제 현장 사진 데이터 보강
기후-병해 상관 연구	센서 데이터와 병해 발생 기록의 연계 분석 가능
지역별 병해 통계	지자체별 병해 발생 현황 실시간 모니터링
AI 모델 공동 개발	축적된 데이터로 차세대 농업 AI 연구 기반 마련
농약 효과 분석	실제 방제 이력과 결과 데이터로 농약 효능 연구

### 9.3 활용 시나리오

#### 시나리오 1: 이상 징후 조기 감지

11. [오전 7시] 앱 푸시 알림: "A구역 환경 위험 '높음' (PMI 72점) - 확인 필요"
12. [오전 8시] 농가 현장 점검, 포도잎 사진 촬영 → AI 분석
13. [오전 8시 5초] "이상 징후 감지 (신뢰도 87%) - 곰팡이성 병해 가능성 → 예방 방제 권장"
14. [오전 10시] RAG 상담: "지금 약 치면 수확 전 안전한가요?" → 맞춤 답변

#### 시나리오 2: 연구 데이터 활용

15. 농촌진흥청에서 "2026년 화성시 노균병 발생 패턴" 연구 요청
16. FarmSense DB에서 해당 지역/기간 센서 데이터 + 진단 기록 추출

17. 온도-습도-강수량과 병해 발생 시점의 상관관계 분석
18. 연구 결과를 PMI 알고리즘 개선에 반영 → 예측 정확도 향상

## 10. 향후 개발 계획

### 10.1 단기 계획 (2026년 상반기)

- Android 앱 정식 출시 (Google Play Store)
- 센서 연동 확대 (그린랩스, KT 스마트팜 공식 연동)
- 베타 테스트 (화성시 포도 농가 10곳)
- 현장 데이터 수집 체계 구축

### 10.2 중기 계획 (2026년 하반기)

- AI 진단 모델 Phase 2 (주요 5개 병해 분류 정확도 향상)
- 작물 확장: 딸기, 토마토, 사과 (화이트라벨 구조)
- 드론 영상 연동 (캐노피 자동 측정)
- 농협/지자체 연계 서비스

### 10.3 장기 계획 (2027년)

- AI 진단 모델 Phase 3 (전체 병해 정밀 분류, 정확도 95% 목표)
- 해외 진출 (동남아 열대과일)
- 자동화 장비 연동 (관수 밸브, 창문 개폐)
- 블록체인 기반 생산이력 관리

---

*FarmSense - AI로 시작하는 스마트 농업의 미래*

데이터가 모이면 정확도가 올라갑니다. 함께 농업 데이터 인프라를 구축합시다.

문의: artmer3061@gmail.com