

문제 & 진단

왜 한국 스마트팜 산업은 전용 보험상품이 필요한가, 그리고 우리는 어떻게 해결했는가.

1. 문제 정의

- 수천억 원 규모로 구축된 한국의 스마트팜 산업은 특유의 **위험 구조에 맞춰 설계된 보험상품 없이** 운영되고 있다.
- 네 가지 특징적 손해(물적 손해, 생육 손해, 영업 중단, 디지털 손해) 모두 보장 사각지대에 있다.
- 기존 농작물재해보험은 실손 보상 방식이라 지급이 느리고, 23년 누적 손해율이 **99.9%**에 달해 보험계리적으로 지속 불가능하다.

2. 기존 시스템이 실패하는 이유

- **실손보상 설계** — 손해사정사 현장 방문에 14일이 걸리며 분쟁이 잦다.
- **데이터 부족** — 보험사가 요구하는 해상도의 농가별 손실 이력이 존재하지 않는다.
- **검증 비용** — 다수의 스마트팜 사고에서 현장조사 비용이 청구액을 초과한다.
- **이해관계자 부정합** — 보험사·농가·정부 인센티브가 함께 설계되어 있지 않다.

3. 해외 지수형 보험 사례

CCRIF

카리브해 · 2007
국가단위 파라메트릭 풀(Pool)
세계 최초 사례

ARC

아프리카 · 2012
Africa RiskView
가뭄지수 트리거

PMFBY

인도 · 2016
가입 농가 기준
세계 최대 농업보험제도

세 사례 모두 **경험분포 백분위 기반 지수형 임계값**을 사용한다.

4. SmartShield — 핵심 아이디어

시설재배 농가를 위한 **듀얼 엔진 지수형 상품**. 보험금은 손해사정사가 아니라, 시간단위 IoT 센서가 산출하는 **객관적 Damage Stress Index(DSI)**로 결정된다.

- **엔진 A** → DSI 경험분포로부터 보험계리적 가격산정
- **엔진 B** → 작물 스트레스를 7일 전에 예측해 농가에 경보

결정적으로, 두 엔진은 **설계상 분리**되어 있다.

→ 즉, 보험금 지급의 정합성은 AI의 예측 정확도에 의존하지 않는다.

솔루션 & 정량 결과

농촌진흥청 4년치 스마트팜 데이터(시간단위 관측 1,247만 건) 기반 엔진 A 가격산정 및 엔진 B 예측 성능.

엔진 A | 위험도 기반 가격산정

방법: 1:3:10 가중 임계초과 → DSI → 경험분포 기댓값 → 안전할증 1.4배.
임계값: 작물별 통합 사이클평균 DSI의 90/99 경험백분위 (T_start / T_max).
외부 검증: Burning Cost 대 23년 시장 벤치마크(약 3.4%)
— 당사 4~7%는 그보다 1.2~2배 높으며, 센서 기반 정밀 위험 포착을 반영한다.

엔진 B | AI 기반 7일 사전경보

방법: 52개 슬라이딩 윈도 피처에 LightGBM + MLP(위변조 통제) + Persistence(베이스라인).
임계값: 일평균 DSI의 90 경험백분위 — 엔진 A의 T_start와 별개 척도, 학습데이터로 산출.
검증: 외표본 기간 검증 — 학습은 2020~2022으로, 검증은 2023 활용.
LightGBM이 모든 작물에서 Persistence R² 1.7~2.0배 초과.

설계상 분리 — 보험금 지급의 정당성은 모델 정확도에 의존하지 않는다.

보험금 지급은 오직 엔진 A의 객관적 지수에만 의존, AI 정확도는 경보 유용성에만 영향.

[정량 결과] 5개 시설작물 · 농촌진흥청 데이터 2020-2023

작물	n (사이클)	요율	Persistence R ²	LightGBM R ²	MAE	F1
대추방울토마토	171	4.74%	+0.281	+0.498	1.92	61%
방울토마토	167	6.78%	+0.298	+0.461	2.41	68%
오이	83 ▲	5.58% (잠정)	+0.124	+0.252	2.65	42%
딸기	152	4.14%	+0.287	+0.491	2.18	56%
파프리카	108 ▲	5.88%	+0.245	+0.443	2.07	74% ★

▲ = 표본 100건 미만 → 99 백분위 불안정; N≥300으로 표본 확대는 PoC 목표. ★ = 파프리카를 Phase 1 PoC 작물로 선정. Persistence 베이스라인 = "지금부터 7일 뒤 = 오늘".

엔진 A | 위험도 기반 가격산정

보험료가 어떻게 도출되는가: DSI → 경험분포 → 기대손해 → 안전할증.

1 Damage Stress Index (DSI)

$DSI = \sum (\text{가중치} \times \text{stress} / \text{critical} / \text{lethal} \text{ 임계초과 지속시간})$.

1:3:10 가중치는 치명(critical)과 치사(lethal) 수준 노출에 각각 3배와 10배의 페널티를 부여함.

2 임계값 산정

각 작물 농가, 작기 관측치를 그룹화하고, 그 그룹의 경험적 백분위로 임계값을 정함.

T_{start} : 사이클 평균 DSI의 90 백분위, 보험금 지급이 시작되는 지점.

T_{max} : 사이클 평균 DSI의 99 백분위, 최대 보험금이 지급되는 지점.

3 경험분포 사용

GEV 부적합 — Fisher-Tippett-Gnedenko 정리에 따라 블록 최댓값을 가정하기 때문에 평균 통계량에는 부적합.

몬테카를로 불필요 — 선형 클램프(linear clamp) 구조*에서는 시뮬레이션 평균 = 수학 계산 평균이기 때문에 시뮬레이션을 수행할 필요가 없음.

따라서, 관측 표본 전체에 대한 직접 평균인 경험분포 기댓값을 활용함.

4 Burning Cost 검증

당사 4~7%는 시장 평균(3.4%) 대비 1.2~2배 높으며, 지수형 상품이 더 정밀한 위험을 포착한다는 점에서 정당화됨.

PoC에서 실제 손해 데이터로 격차 축소 예정.

$$\text{연간 보험료} = E[\text{damage_rate}] \times \text{기준매출} \times \text{보장비율}(0.7) \times \text{안전할증}(1.4)$$

*선형 클램프: T_{start} 미만은 모두 0%, T_{max} 초과는 모두 100% 그 사이에서는 선형적으로 증가하는 구조

엔진 B | AI 기반 7일 사전경보

LightGBM이 일평균 DSI를 7일 앞서 예측. 경보 임계값 T_alert은 정보 누출 방지를 위해 학습데이터만으로 산출.

파이프라인

1 피처 엔지니어링

최근 3일의 기상생육 데이터를 슬라이딩 윈도우*로 묶어 52개 입력변수 구성

→ 52개 변수: (13 변수 × 3 windows + 11 현재값 + 2 계절성)

* 슬라이딩 윈도우 : 하루씩 이동하며 직전 3일 데이터를 학습 단위로 만드는 방식

2 모델

LightGBM 회귀 모델로 작물별 위험지수의 7일 후 변화를 예측

3 위변조 통제

MLP 신경망을 통제군으로 — 의학실험 위약군과 같은 원리.

결과: R^2 0.479 vs 0.336

4 베이스라인

Persistence ("7일 뒤 = 오늘") — 시계열 예측의 단순 기준선

5 검증

시계열 검증 — 학습 2020-2022, 검증 2023.

T_alert은 학습데이터만 사용

베이스라인 대비 성능

작물	Persistence R^2	LightGBM R^2	증분
대추방울토마토	+0.281	+0.498	1.8×
방울토마토	+0.298	+0.461	1.5×
오이	+0.124	+0.252	2.0×
딸기	+0.287	+0.491	1.7×
파프리카	+0.245	+0.443	1.8×

LightGBM은 모든 작물에서 Persistence를 능가

→ 모델이 단순 자기상관을 넘어선 신호(계절성, 환경 변수 간 상호작용)를 학습.

두 종류의 임계치

- T_alert (엔진 B) — 일평균 DSI의 90 백분위; 경보 전용.
- T_start (엔진 A) — 사이클평균 DSI의 90 백분위; 보험금 지급 결정용.

실행 전략

6-9개월 파프리카 PoC에서 시작해, Phase 4의 ICT·사이버 손해까지 아우르는 4단계 확장 전략.

Phase 1: PoC · 파프리카 (파일럿)

6-9개월 · 50농가 · 8,000만 원 · 통제비교 시험

작물 선정 기준 — 4가지 수렴적 근거

1. 최고 F1 (74%) — 예방 가설을 검증하기 가장 강한 시험대.
2. 최고 스마트팜 보급률 — 표본 농가 모집이 가장 용이.
3. 최고 매출 (10a당 5천만 원) — 농가 참여 인센티브가 가장 강함.
4. 강한 정책 정당성 — 수출 전략작물, 식량안보 + 수출경쟁력 이중 근거.

PoC 검증 목표

- 통제비교 (경보군 vs 통제군) — 예방 효과를 인과적으로 측정.
- $N \geq 300$ 까지 표본 확대 — 현재 파프리카 $n=108$ 로 99 백분위 추정 불안정.
- 임계값 재보정 — T_{start} / T_{max} 를 과거 재해연도 대비 스트레스 테스트.

Phase 2: 토마토/딸기 (스케일업) 약 12개월 표본이 큰 작물로 확장 · 다작물 가격산정 정교화.

Phase 3: 디지털 라이더(ICT / 디지털 특약) 약 12개월

디지털 위험까지 확장.

ICT 기기 고장, 네트워크 장애, 사이버 손해에 대한 실손 특약 추가.

Phase 4: 다중소스 AI 스코어링 (멀티소스 AI) 상시

위성영상, 지상센서, 사고이력 통합 → 농가별 동적 위험.
스코어링 PHM 기반 예지보전.

사회 보상을 넘어, 위험을 예방하는 보험으로

사후 지급에서 예방 인프라로. 7일 사전경보는 농가에게 스트레스 누적 전 행동할 시간을 제공한다.

보험의 재정의

관점	전통 보험	SmartShield의 재정의
시간축	사후 지급 — 손해 발생 후 지급	사전 예방 + 사후 지급 — AI가 손해를 예방, 예방하지 못한 부분은 자동 지급
관계	지급 분쟁의 긴장 관계	위험을 함께 줄이는 파트너십 관계
기능	위험 이전	위험 이전 + 위험 관리 + 데이터 허브

누가 어떻게 혜택을 받는가

스마트팜 농가

- 스마트팜 복합 위험에 대한 최초의 안전망.
- 기존: 지급 소요 평균적으로 14일 소요
→ 변경: 임계치 초과 시 해당일 자동 지급.
- 소득 변동성 약 31% 감소로 농가 경영 안정.

삼성화재

- 사전 예방형 보험 모델을 선점해 손해를 낮춤.
- 고객 데이터 기반의 맞춤형 상품·B2B 제휴 확장 기회를 확보 가능.

대한민국

- 재난 이후 보상 중심의 행정 부담을 줄임.
- 농업재해 대응을 사전 예측·관리 중심으로 전환할 수 있음.