

# 의사결정트리 기법을 이용한 파프리카용 스마트팜 전문가 시스템

정혜선<sup>1</sup> · 이인용<sup>2</sup> · 임중선<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>동의대학교 · <sup>2</sup>오토이노텍

## Smart Farm Expert System for Paprika using Decision Tree Technique

Hye-sun Jeong<sup>1</sup> · In-yong Lee<sup>2</sup> · Joong-seon Lim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dong-eui University · <sup>2</sup>AutoInnoTech Co. Ltd.

E-mail : tktp060@naver.com / samjintech1@hanmail.net / jslim@deu.ac.kr\*

### 요 약

기존의 파프리카 스마트팜 시스템의 경우 여러 센서 값을 기준 값에 추종하도록 설정 되어 있기 때문에 다른 외란의 값이 들어오면 시스템이 최적의 판단을 하지 못하는 경우가 많아 파프리카 생장에 유해한 경우가 발생한다. 이를 의사결정 나무 기법을 활용하여 파프리카 스마트팜용 전문가 시스템을 설계하여 주변 환경에 따라 달라지는 요소들에 의해 생성되는 데이터를 사용하여 농민의 경험치와 유사한 의사결정 구조를 가진 제어 알고리즘을 구축한다.

현재의 스마트팜 제어시스템의 경우 농민이 설정해둔 기준 값에 센서 값들을 추종하도록 시스템화 되어 있기 때문에 주변 환경의 외란에 대한 사용자의 개입이 필수적이다. 파프리카 스마트팜 장비를 제어하기 전 여러 환경 요소 중 가장 영향력을 미치는 것을 선정한 후 농민들의 경험치와 표준 의사결정 기준이 반영된 복합 환경제어를 위한 전문가 시스템을 모델링하였다.

설계된 모델은 내외부 환경 데이터에 의해 학습된 의사결정트리 기반의 파프리카용 전문가시스템으로서, 사용자의 간섭을 최소화한 제어를 설계할 수 있도록 지원한다.

이번 연구를 통해 여러 데이터를 복합 시키면서 각 환경 요소들이 상호관계를 갖고 있으며, 나아가 여러 주변 환경 요소들이 생장에 영향을 미치고 있기에 전문가용 파프리카 스마트팜을 만들 때 표준이 될 수 있는 제어 알고리즘이 될 것으로 기대한다.

### ABSTRACT

Traditional paprika smart farm systems are often harmful to paprika growth because they are set to follow the values of several sensors to the reference value, so the system is often unable to make optimal judgement. Using decision tree techniques, the expert system for the paprika smart farm is designed to create a control system with a decision-making structure similar to that of farmers using data generated by factors that depend on their surroundings.

With the current smart farm control system, it is essential for farmers to intervene in the surrounding environment because it is designed to follow sensor values to the reference values set by the farmer. To solve this problem even slightly, it is going to obtain environmental data and design controllers that apply decision tree method.

The expert system is established for complex control by selecting the most influential environmental factors before controlling the paprika smart farm equipment, including criteria for selecting decisions by farmers.

The study predicts that each environmental element will be a standard when creating smart farms for professionals because of the interrelationships of data, and more surrounding environmental factors affecting growth.

### 키워드

Smart Farm, Expert System, Decision Tree, Big Data, Paprika

---

\* corresponding author

## I. 서 론

스마트팜(Smart Farm) 시스템은 생육환경 관련 인자 값들(온도, 습도, 토양상태 등)을 센서로 부터 수집하여 사용자들에게 모니터링 기능을 제공하고, 시스템의 생육환경 관련 인자 값들의 기준 값과 비교 판단하여 시설내의 생육환경 조절장치를 작동시켜서 시설내의 생육환경을 최적으로 유지하는데 중점을 두고 있다.[1]

1세대 스마트팜 시스템들은, 농부가 직접 현재 생육 환경 값들(온도, 습도 등)을 모니터링하고 수동으로 제어장치들(난방기, 냉방기, 스프링클러, 창문 등)을 작동시키는 형태였다. 이는 스마트폰을 통해 원격으로 작동하는 환경자동제어라 할 수 있다.

2015년 이후 스마트팜의 급속한 확산과 함께 스마트팜 관련 기술은 환경자동제어나 ICT가 아니라 빅데이터에 초점이 맞춰지면서 빅데이터는 2세대 스마트팜의 핵심으로 떠올랐다.

온도, 습도, 광량 등의 환경정보를 모은 빅데이터를 통해 최적의 생육조건을 찾고 그에 따른 최적 환경을 유지함으로써, 생산성 증대와 생산비 절감 및 작물의 품질 제고가 스마트팜의 목적이 되었다.

시설원예 온실의 경우, 실시간 데이터를 이용하여 최적 환경을 유지하는 기술은 이미 보편적으로 적용되고 있다. 문제는 최적 환경을 유지하는 기술은 발전해 있으나, 현재 시점에서 생산목표에 부합하는 최적 환경이 무엇인지에 대한 지식은 공식적으로 알려져 있는 것이 없다.

스마트팜 관련 연구에서의 병목점 중 하나가 바로 상황별 최적 환경 조건을 찾는 문제이며, 이 문제를 해결하기 위해서는 작물의 생육량을 파악해서 어떤 환경일 때 원하는 방향으로 생육을 하는지 파악해야 한다.[2]

따라서, 시설작물 생육관리 모델개발을 위한 동적 생육량 및 복합적 환경요인들 간의 상호관계 분석모델과 개발된 모델을 이용한 최적 환경조건 도출을 위한 의사결정 시스템의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 의사결정트리를 이용한 전문가 시스템을 활용하여 파프리카 스마트팜의 최적환경 모델을 도출하고 이를 검증해 본다.

## II. 본 론

### 2.1 데이터 유형 및 처리

먼저 파프리카 스마트팜 장비의 제어에 영향을 미치는 요인들을 선정함에 있어, 농촌진흥청에서 발행한 ‘스마트팜 적정관리를 위한 빅데이터 활용법: 파프리카’의 기준과 ‘품목별 농업소득 향상 운영 매뉴얼’의 여름작형 작업 기준을 참고하여 환경(내외부) 요인과 제어항목을 선정하였다.[3][4]

선정된 요인별로 최적 모델의 학습을 위한 시뮬레이션 환경 데이터를 생성하였다.

외부 환경 데이터는 ‘기상 자료 개발 포털’를 기준으로, 외부 온습도, 강우, 풍속, 풍향, 일사량 등의 총 9가지 외부 환경 값을 생성하였다.

내부 환경 데이터는 ‘품목별 농업소득 향상 운영 매뉴얼’에 제시된 파프리카의 여름작형 재배 기준을 근거로, 시설 재배에 필요한 실내 온습도, CO2량, 난방관 온도, 지면 온습도 값 등 총 6가지의 내부 환경 값을 생성하였다.

파프리카는 수경재배도 가능하나, 본 논문은 노지 재배를 대상으로 하므로 PH 및 EC 값은 상수로 설정하였다.

일별 환경요인 데이터를 적용할때, 파프리카의 생장정보 센서 값을 낮음, 적정, 높음으로 구분하여 확인하고, 각 환경 센서 값의 상황에 따라 장비 제어의 유무를 결정하도록 하였다.

표 1. 파프리카 환경정보 (‘17.7.4.에시)

#### (a) 외부 환경

지역	일시	외부 온도 (°C)	강수량 (mm)	풍속 (m/s)	풍향 (16 방위)	외부 습도 (%)	일조량 (hr)	일사량 (MJ/m <sup>2</sup> (10분위))	지면 온도 (°C)	계절	
부산	2017-07-04 1:00	25		2.1	250	88			22.3	여름	
부산	2017-07-04 3:00	24	19.9	1.9	230	96		10	22	여름	
부산	2017-07-04 5:00	22.7	30.1	7.8	250	97		10	21.9	여름	
부산	2017-07-04 7:00	21.9	3.5	3.6	180	97	0	0.01	10	24.4	여름
부산	2017-07-04 9:00	22	0.8	2.5	200	97	0	0.28	10	31.5	여름
부산	2017-07-04 11:00	23.8	0	3.6	250	97	0.2	1.01	10	38.3	여름
부산	2017-07-04 13:00	26.4		4.4	200	81	0.7	2.66	8	39.3	여름
부산	2017-07-04 15:00	26.9		4.2	200	77	1	2.38	5	38.7	여름
부산	2017-07-04 17:00	25.7	6.9	2.8	250	96	0.1	0.4	6	29.9	여름
부산	2017-07-04 19:00	23.6	9	1.1	250	96	0	0.01	10	25.9	여름
부산	2017-07-04 21:00	23.2	7.1	1.3	90	97			10	24.6	여름
부산	2017-07-04 23:00	23	1.9	1.1	70	97			10	24.4	여름

#### (b) 내부환경

지역	일시	PH	EC (ds/m)	근권EC (ds/m)	내부 온도 (°C)	내부 습도 (%)	내부 CO2 (ppm)	난방관 온도 (°C)	지온 (°C)	난방	냉방	구름	정상 온도 여부
부산	2017-07-04 1:00	5.5	2.8	0	26.0	92	392	26.3	26.2	밤	맑음	맑음	높음
부산	2017-07-04 3:00	5.5	3.1	0	25.0	96	391	25.3	25.2	밤	비	흐림	높음
부산	2017-07-04 5:00	5.5	2.8	0	21.7	99	370	0.0	22.2	밤	비	흐림	높음
부산	2017-07-04 7:00	5.5	2.8	0	22.9	95	384	23.2	23.1	낮	비	흐림	낮음
부산	2017-07-04 9:00	5.5	3.1	0	23.0	96	398	23.3	23.2	낮	비	흐림	정상
부산	2017-07-04 11:00	5.5	3.1	0	22.8	96	383	0.0	23.3	낮	비	흐림	낮음
부산	2017-07-04 13:00	5.5	3	0	25.4	80	394	0.0	25.9	낮	맑음	흐림	높음
부산	2017-07-04 15:00	5.5	2.8	0	25.9	73	385	0.0	26.4	낮	맑음	흐림	높음
부산	2017-07-04 17:00	5.5	2.9	0	24.7	92	372	0.0	25.2	낮	비	흐림	정상
부산	2017-07-04 19:00	5.5	3	0	24.6	95	376	24.9	24.8	낮	비	흐림	정상
부산	2017-07-04 21:00	5.5	3.2	0	23.2	93	392	23.2	23.2	밤	비	흐림	높음
부산	2017-07-04 23:00	5.5	2.5	0	24.0	96	372	24.3	24.2	밤	비	흐림	높음

#### (c) 생장정보 및 제어기 정보

지역	일시	생식생장				제어기 구동													
		일사량	지온	습도	CO2	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
부산	2017-07-04 1:00	밤	높음	높음	낮음	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
부산	2017-07-04 3:00	밤	높음	높음	낮음	x	x	x	x	0	0	0	0	0	x	x	x	x	x
부산	2017-07-04 5:00	밤	정상	높음	낮음	x	x	x	x	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x
부산	2017-07-04 7:00	낮음	높음	높음	낮음	x	x	x	x	0	x	0	x	x	x	x	x	x	x
부산	2017-07-04 9:00	높음	낮음	높음	낮음	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
부산	2017-07-04 11:00	높음	높음	높음	낮음	x	x	x	x	0	x	0	x	x	x	x	x	x	x
부산	2017-07-04 13:00	높음	높음	정상	낮음	0	x	x	x	0	x	0	x	x	x	x	x	x	x
부산	2017-07-04 15:00	높음	높음	정상	낮음	0	x	x	x	0	0	0	0	x	x	x	x	x	x
부산	2017-07-04 17:00	높음	높음	높음	낮음	x	x	x	x	0	x	0	x	x	x	x	x	x	x
부산	2017-07-04 19:00	높음	높음	높음	낮음	x	0	x	x	0	0	0	0	x	x	x	x	x	0
부산	2017-07-04 21:00	밤	정상	높음	낮음	x	0	x	x	0	0	0	0	x	x	x	x	x	x
부산	2017-07-04 23:00	밤	정상	높음	낮음	x	0	x	x	0	0	0	0	x	x	x	x	x	x

장마철을 포함한 2017년 6월부터 9월까지 3개월 간에 총 1,453개의 시뮬레이션 학습 데이터가 생성되었다. 생성 주기는 2시간 단위로 설정하였으며, 하루치의 환경정보를 예시로 들면 표 1과 같다.

## 2.2 전문가시스템 개요

기존의 파프리카 스마트팜 시스템의 경우 여러 센서 값을 기준 값에 추종하도록 설정 되어 있기 때문에 다른 외란의 값이 들어오면 시스템이 최적의 판단을 하지 못하는 경우가 많아 파프리카 생장에 유해한 경우가 발생한다.

아울러 현재의 스마트팜 제어시스템의 경우 농민이 설정해둔 기준 값에 센서 값들을 추종하도록 시스템화 되어 있기 때문에 주변 환경의 외란에 대한 사용자의 개입이 필수적이다.

이를 의사결정 나무 기법을 활용하여 파프리카 스마트팜용 전문가 시스템을 설계 하여 주변 환경에 따라 달라지는 요소들에 의해 생성되는 데이터를 사용하여 농민의 경험치와 유사한 의사결정 구조를 가진 환경알고리즘을 구축한다.

환경정보와 생육정보의 최적관계를 결정하기 위한 모델로서 MATLAB의 의사결정트리를 사용하여 파프리카용 전문가시스템을 모델링하였다.

MATLAB은 머신러닝을 위한 의사결정트리(Decision Tree), K-최근방(K-nearest neighbours), 나이브 베이지안(Naive Bayesian) 및 신경망 네트워크(Neural Network) 등을 포함하는 분류 알고리즘으로 최적 예측모델을 개발하는데 매우 적합하다.

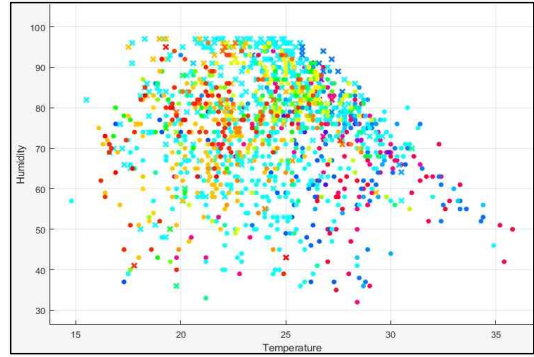
MATLAB의 분류학습기 조밀트리를 이용하여 각 환경 데이터와 제어 항목을 선택하고 생성된 시뮬레이션 데이터에 의해 학습을 시킨 이후, 실제 상황에 기반한 별도의 테스트 데이터로 모델을 검증하였다.

실 테스트 데이터는 농촌진흥청의 "시설농업 ICT융합 운영활성화 모델 개발(2014~2016)" 연구 과제에서 수집된 스마트 온실의 환경 데이터를 인용하였다. 해당 데이터는 농림수산물 교육문화정보원에서 운영하는 Smartfarmkorea.net에서 오픈API 신청 후 사용이 가능하다. 1분 단위로 제공되는 정보는 2시간 단위로 가공하여 수집주기를 일치시켰으며, 1/1,000 정도의 비율을 보인 결측치는 선형 보정하였다.

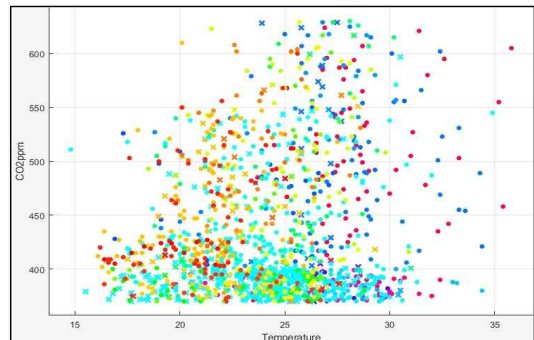
## 2.3 시뮬레이션 결과

그림 1은 시뮬레이션 환경 데이터에 의해 모델을 학습시킨 결과이며, 그림 2는 실 데이터에 의한 학습모델의 운영 결과이다.

학습 결과, 온도 변화에 따른 습도 제어(창, 냉난방기 및 스프링클러) 및 온도에 따른 시설내 잔존 CO<sub>2</sub> 제어(배기팬 및 CO<sub>2</sub> 공급밸브)는 83%의 확률로 예측하였다.

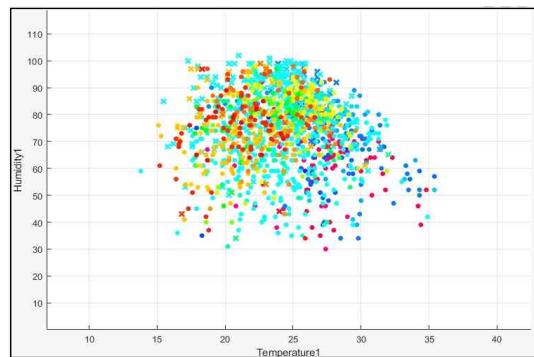


(a) 온도와 습도 (Temperature vs Humidity)

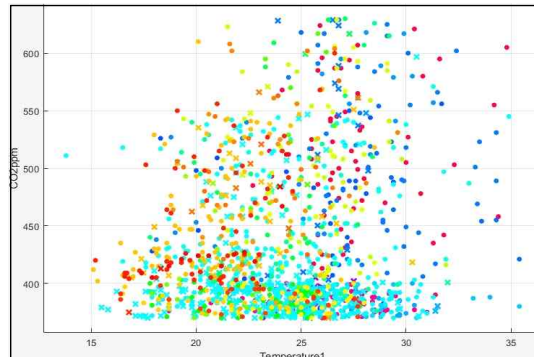


(b) 온도와 CO<sub>2</sub> (Temperature vs CO<sub>2</sub>)

그림 1. 환경 데이터 학습결과



(a) 온도와 습도 (Temperature vs Humidity)



(b) 온도와 CO<sub>2</sub> (Temperature vs CO<sub>2</sub>)

그림 2. 실 데이터 테스트

다른 환경 요소들에 대한 예측 정확도는 위 범위와 크게 차이를 보이지 않았다. 이는 파프리카가 온습도에 가장 크게 영향을 받는 것을 확인할 수 있었으며, 예측된 조건에서의 장비제어가 이루어질 때 최적의 시설내 환경이 유지될 수 있도록 해 준다.

예측의 정확도는 아래와 같이 계산되어 제공된다.

구분		예측치	
		Class=Yes	Class=No
실제값	Class=Yes	TP	FN
	Class=No	FP	TN

$$Accuracy(\%) = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN} \times 100$$

### III. 결 론

설계된 모델은 내외부 환경 데이터에 의해 학습된 의사결정트리 기반의 파프리카용 전문가시스템으로서, 사용자의 간섭을 최소화한 제어를 설계할 수 있도록 지원한다.

MATLAB을 이용한 의사결정트리 기반의 간단한 알고리즘으로, 다양한 외부 환경요인과 내부 환경요인의 어떤 요인이 영향을 주는 지 동시비교와 상관관계를 분석함으로써 파프리카의 재배 기준의 확실한 중요도를 알 수 있었고 이를 더 다양한 환경 요소를 포함시키면 파프리카의 생육 향상을 기대할 수 있을 것이다.

지금까지는 농가가 가진 농사기술에 의존한 재배 방법 확산이 주를 이루었기 때문에 농업 ICT 도입과 작물 생육 분석이 부족한 실정이나, 국가적 차원에서 스마트팜 개발 사업을 통해서 사물인터넷 기술을 기반으로 지능형 스마트팜 개발을 목표로 다양한 연구가 진행되고 있다.

현재 농촌진흥청에서 추진하고 있는 한국형 스마트팜 3세대 개발은 농업 ICT 시설화, 정밀 생육 관리 및 환경 관리 자동화, 에너지 최적화 및 무인 자동화를 목표로 이루어져 있으며 단계별로 개발 중이다. 2017년 현재 기술 개발 수준은 1세

대 기술 개발이 완료된 상태이며, 2018년까지 기술 개발 완성을 목표로 빅데이터 기술을 기반으로 한 2세대 기술을 완성함으로써 생육 및 환경 관리를 자동화 할 계획이다. [5]

이에 따라 앞으로의 한국형 스마트팜 기술 개발의 방향은 ICT융합 시설로부터 수집된 데이터를 이용하여 작물 생육의 최적 환경을 조정하고 작물의 성장 및 과실의 수확량을 예측하는 것으로 빅데이터로 부터의 기계 의사결정 알고리즘 개발이 핵심이라 할 수 있다. [6]

이번 연구를 통해 여러 데이터를 복합 시키면서 각 환경 요소들이 상호관계를 갖고 있으며, 나아가 여러 주변 환경 요소들이 생장에 영향을 미치고 있기에 전문가용 파프리카 스마트팜을 만들 때 표준이 될 수 있는 제어 알고리즘이 될 것으로 기대한다.

### References

- [1] J. W. Oh, "Design and implementation of big data application machine learning-based smart farm system", Dissertation, The Graduate School of Daegu Catholic University, Aug. 2018.
- [2] AgData Lab., Understanding to the Data of Smart Farm [Internet]. Available : [http://agdatalab.com/post/smartfarm\\_data1/](http://agdatalab.com/post/smartfarm_data1/).
- [3] 이해림, 박수진, 조용빈, 윤남규, 스마트팜 적정관리를 위한 빅데이터 활용법: 파프리카, 농촌진흥청, 2017.
- [4] 정창도, 고인배, 이준구, 품목별 농업소득 향상 운영 매뉴얼(채소분야) 파프리카, 농촌진흥청, 2011.
- [5] 한국온실작물연구소, 작물생육 자동센싱 및 생육데이터 분석 시스템 개발 (연구과제 최종보고서), 농촌진흥청, 2016.
- [6] 연승우, 스마트팜 국내동향, 팜인사이트 이슈리포트, 2018.6.29. [Internet]. Available : <http://www.farminsight.net/news/articleView.html?idxno=470/>.