

인공신경망을 이용한 시설원예 농산물 생산량 예측 방안

민재홍* · 허미영* · 박주영*

*한국전자통신연구원

The agricultural production forecasting method in protected horticulture using artificial neural networks

J. H. Min* · M. Y. Huh* · J. Y. Park*

*ETRI

E-mail : jhmin@etri.re.kr

요 약

국내 온실용 복합환경제어 기술은 온도, 습도 및 CO₂ 등의 환경을 작물재배 기술 및 전문가의 자문을 통하여 환경을 설정하여 하드웨어를 기계적으로 조작하는 단계이다. 이러한 자동화는 노동력 절감 등의 단순효과는 있으나, 실질적인 생산량 증대 및 품질을 개선하기 위하여 식물의 생육, 생리 상태를 실시간으로 추적하고 그에 맞게 실시간으로 최적 환경을 제어하는 소프트웨어 기반의 복합환경제어 기술이 필요하다. 따라서 본고는 이러한 복합환경제어기술의 방안제시의 일환으로 국내에서 수행중인 스마트팜 빅데이터 분석 체계와 인공신경망 기술동향을 분석하고, 이를 기반으로 인공신경망을 이용한 시설원예 생산량 예측 방안을 제시하고자 한다.

ABSTRACT

The level of domestic greenhouse complex environmental control technology is a hardware-oriented automation steps that mechanically control the environments of greenhouse, such as temperature, humidity and CO₂ through the technology of cultivation and consulting experts. This automation brings simple effects such as labor saving. However, in order to substantially improve the output and quality of agricultural products, it is essential to track the growth and physiological condition of the plant and accordingly control the environments of greenhouse through a software-based complex environmental control technology for controlling the optimum environment in real time. Therefore, this paper is a part of general methods on the greenhouse complex environmental control technology, and presents a horticulture production forecasting methods using artificial neural networks through the analysis of big data systems of smart farm performed in our country and artificial neural network technology trends.

키워드

복합환경제어, 스마트농업, 시설원예, 인공신경망

I. 서 론

우리나라 농업은 FTA체결에 따른 시장개방으로 곡물의 자급률이 하락하고, 농촌의 고령인구 증가 가속화로 국내 농업이 위축되고 있다. 이러한 대내외적인 어려움을 극복하고 농업을 새로운 국가 성장 동력으로 육성하기 위하여 자본·기술 집약적인 차세대 농업생산시스템으로서 스마트팜 기술개발이 필요한 시점이다. 스마트팜은 기존의 온실, 축사 및 과수원의 자동화 생산기술에 ICT

기술을 접목하여 원격 및 자동으로 작물과 가축의 생육환경을 적정하게 유지 관리하여 농산물의 생산성과 품질 제고하는 농장을 의미한다. 특히, 온실용 복합환경제어는 농작물의 생육정보와 환경정보 등에 대한 정확한 데이터를 기반으로 농작물의 생육환경을 원격·자동으로 제어하여 작물의 최적 성장환경을 유지·관리하는 것으로 스마트팜 구현을 위한 핵심기술이다[1][2]. 한편 국내 온실용 복합환경제어 기술은 온도, 습도 및 CO₂ 등의 환경을 작물재배 기술 및 전문가의 자

문을 통하여 환경을 설정하여 기계적으로 조작하는 하드웨어 자동화 단계이다. 이러한 자동화는 노동력 절감 등의 단순효과는 있으나, 실질적인 생산량 증대 및 품질을 개선하기 위하여 식물의 생육, 생리 상태를 실시간으로 추적하고 그에 맞게 실시간으로 최적 환경을 제어하는 소프트웨어 기반의 복합환경제어 기술이 필요하다.

따라서 본고는 이러한 복합환경제어기술의 방안제시의 일환으로 농촌진흥청 및 농림수산물교육문화정보원에서 수행중인 스마트팜 빅데이터 분석 체계와 인공지능경망 기술동향을 분석하고, 이를 기반으로 인공지능경망을 이용한 시설원에 생산량 예측 방안을 제시하고자 한다.

II. 스마트팜 빅데이터 분석 현황

시설원예농가에서는 환경 및 작물의 생육상태를 정밀 관리하기 위하여 복합환경제어시스템을 설치하여 농가 환경(광, 온도, 습도 등)의 상태가 실시간으로 농가 PC에 저장된다. 이러한 온실 환경 데이터를 활용하여 분석된 정보를 재배현장에 적용하기 위한 종합적인 건설팅 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구의 증가는 광, 온도, 관수, CO₂ 등의 주요 환경의 변화에 따라 작물의 생육상태(생장 길이, 줄기 굵기, 화방높이, 개화, 착과 등)가 직접적으로 영향을 받기 때문에 환경과 생육상태의 연관성을 분석하면 작물의 생산성을 높일 수 있는 최적 복합환경제어에 대한 해결방안을 도출할 수 있기 때문이다. 이러한 환경, 생육 및 생산과의 연관성을 도식하면 (그림 1)과 같다[3].



그림 1. 시설원에 환경, 생육 및 생산 관계

농촌진흥청에서 수행중인 스마트팜 측정빅데이터 분석 과정을 살펴보면 다음과 같다. <표-1> 과 같은 환경데이터를 분 단위로 수집하여 일 단위 및 주 단위의 평균으로 환산한다. 또한 주요 생육 항목에 대하여 1주에 1번 정해진 시간에 측정하여 기록한다. 그리고 정리된 데이터를 생육단계별·주별·일별·시간별 환경·생육정보의 최소, 평균, 최대값 및 표준편차를 산출하여 시계열그래프를 작성하고, 시설환경가이드라인과 비교하여 온실 환경·생육의 특이치를 확인한다. 또한, 주별로 환경, 생육 및 생산량을 그래프를 각각 구분하여 표현하여 생산량에 영향을 미치는 생육 및 환경 요인 변화를 비교하고, 주요 생육상태와 환경수준을 생육단계별로 상관관계를 구하여 가장 큰 영향을 미치는 환경요소를 분석한다[3].

<표1> 기관별 환경·생육 정보

	농촌진흥청	농정원
환경 정보	(지상부) 온도, 습도, CO ₂ , 일사량 (근권부) 일공급횟수, 일회공급량, 일배액량, 배수율, G-EC공급, G-pH공급, Slab-EC 배지, Slab-pH 배지	(내부환경) 온도, 습도, CO ₂ , 고아량, 일사량 (수경정보) 급액량, 급액pH, 급액EC, 지습, 지온, 수분함수율, 배액량, 배액EC, 배액pH
생육 정보	생장길이, 잎길이, 잎폭, 잎수, 줄기굵기, 화방높이, 개화군, 착과군, 수확군, 열매수, 수확량, 평균과중 등	생장길이, 잎길이, 잎폭, 잎수, 줄기직경, 화방높이, 개화군, 수확군, 착과군, 열매수,

농림수산물교육문화정보원에서는 스마트팜 우수농가로부터 <표 1>과 같은 환경데이터를 1분 단위로, 생육데이터를 주단위로 수집하여 분석하여 다음과 같은 정보서비스를 제공하고 있다 [1][2].

- 맞춤형분석서비스 : 환경정보 및 생육정보 항목을 농가가 선택하여 비교분석 할 수 있는 서비스로 선도농가의 환경관리 조건을 벤치마킹하여 생산성 향상에 활용
- 개화착과출현분석 : 각 화방이 출현하고 개화하고 착과하는 시간 간격을 분석하여 수확시기를 예측하여 적기출하에 활용
- 작물생육지표 : 작물의 성장 밸런스를 선도농가와 비교 분석 영양성장 혹은 생식생장을 강화할지 의사결정을 지원
- 잠재에너지수요량분석 : 온실 내 작물의 필요 에너지와 실제 받는 에너지 비교 분석을 통한 에너지 운영의 효율성 제고
- 개화착과속도분석 : 개화와 착과시기 간격을 분석하여 작물 영양 상태를 판단

III. 인공지능경망

2장에서 살펴본 빅데이터 기반의 환경과 생육 관계 분석은 환경과 생육간의 데이터 기반의 회귀분석 및 시계열 분석을 이용하여 현재의 성장상태를 해석하고 일정 기간 후의 생산량을 예측하는 방식이다. 즉 주요 환경 요인에 기반한 작물의 생육상태에 대한 수학적 모형을 설정하고 다른 환경요인에 의한 생육상태를 정량적으로 해석하기 위하여 통계적 방법에 의한 회귀분석, 시계열 분석 등을 이용하고 있지만, 복합 환경과 생육간의 정량적 관계에 대한 규칙을 도출하기에는 어려움이 있다[5].

한편 인공지능경망 모형은 학습을 통한 패턴인식이란 측면에서 강점을 가지고 있다. 특히, 변수

간에 관계가 존재할 것으로 보이지만 그 관계를 수식 또는 통계적으로 명확히 표현하기 어려운 경우 충분히 많은 관측 자료를 이용할 수 있을 때 효과적인 방법이다. 그러나 인공신경망 모형에 의해 추정된 결과는 논리적 근거를 확보하지 못한다는 단점이 있으나, 다양한 요인에 의해 복잡한 패턴 및 불규칙한 모형에서도 우수한 예측력을 지니는 특징이 있다[5].

인공 신경망은 정보가 들어오는 입력 층, 뉴런에 미치는 영향의 크기를 조절하는 연결강도, 입력과 연결강도를 결합하는 결합함수, 그리고 결합함수로부터 나온 결과를 변환하여 출력 값을 결정하게 하는 활성화 함수로 구성된다. (그림 2)는 인공 신경망이며, n개의 입력을 받아 각각 연결강도를 곱한 총합을 활성화 함수에 의해 변형하여 출력 값을 계산한다[6].

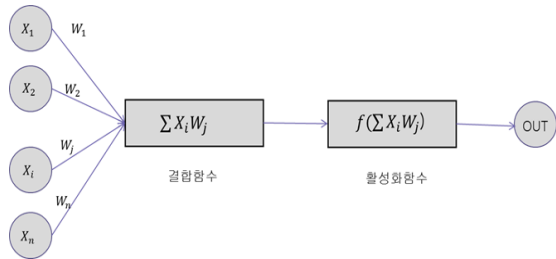


그림 2. 신경망의 기능 모델

현재 다양한 신경망 모델들이 제안되고 있지만 계층 수, 출력형태, 데이터유형, 학습 방법 및 활성화 함수 등 몇 가지 기준에 의해 신경망을 분류할 수 있다. 먼저 계층의 수에 따른 분류를 보면 크게 단층(single-layer) 신경망과 다층(multi-layer) 신경망의 2가지로 구분된다. 단층 신경망은 가장 단순한 구조로서 외부 입력을 받아들이는 입력 층과 신경망에서 처리된 결과를 출력하는 출력 층으로 구성된다. 단층 신경망은 AND, OR 연산 등 선형분리 가능한 응용에만 적용할 수 있다. 다층 신경망은 임의 유형의 분류가 가능하므로 보다 다양하게 응용될 수 있다. 다층 신경망은 여러 계층으로 구성된 신경망 구조이다. 일반적으로 가장 널리 사용되는 것은 3계층 신경망 구조이며, 3계층 신경망은 외부 입력을 받아들이는 입력 층, 처리된 결과가 출력되는 출력 층, 입력 층과 출력 층 사이에 위치하여 외부로 나타나지 않는 은닉 층의 3계층으로 구성되어 있다. 3계층 신경망 구조에서는 입력 층의 입력에 따라 은닉 층의 출력이 나오며, 은닉 층의 출력은 다시 출력 층에 입력되어 최종 출력이 나오게 된다[6].

(그림 3)은 일반적으로 가장 널리 사용하고 있는 3계층 신경망 구조를 나타낸 것이다. 특수한 응용 목적에 따라서는 2개 또는 3개의 은닉 층을 사용하는 4계층 또는 5계층의 다층 신경망 구조도 이용되고 있다[6].

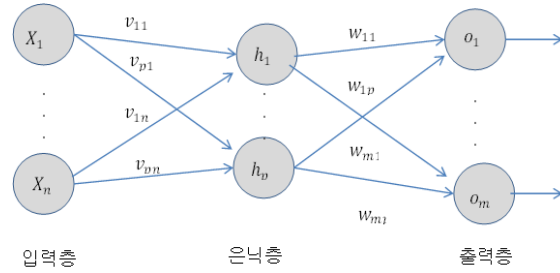


그림 3. 다층 신경망의 구조

IV. 인공신경망을 이용한 농작물 생산량 예측

기존의 시설원예 농작물의 생산량 예측은 작물 생육모형을 이용하여 육묘 후 수확 전까지 생육 상태를 관측하여 이를 기반으로 생산량을 추정하는 방식이다. 그러나 이러한 추정방식은 대부분이 회귀모형 및 시계열 모형에 지나치게 의존하고 있는 경향이 있다. 본 연구는 회귀모형 및 시계열 모형을 이용한 생산량 모형 개발 방법에서 발견되는 문제점을 보완할 수 있는 새로운 모형 개발 방법을 도입하여 기존 모형과 상호 보완적인 모형을 개발하고자 하였다. 그 중에서 인공신경망은 독립변수 간 상관관계, 변수 분포에 대해 특별한 가정을 하지 않고, 변수들 간의 비선형 관계에 대한 분석이 가능하여, 모형의 일반화에 장점을 가지고 있다[5].

이에 본 연구는 대표적인 시설원예 작물인 과채류(토마토 및 파프리카)에 대한 생산량 예측 인공신경망 모형 개발에 대한 방향을 제시한다. 인공신경망의 구조는 정보가 들어가는 입력 층, 결과 값을 내는 출력 층과 입력 층과 출력 층 사이에서 정보를 처리하는 1개의 은닉 층으로 구성되어 있으며, 각 구성 층은 가중치와 연결강도에 의해 결정된다. 입력 층의 노드는 (그림 1)과 같이 생산량에 일차적인 영향요인인 환경요인으로 구성되고 은닉 층은 생산량에 직접적인 요인인 생육상태 요인으로 구성하고 출력 층은 생산성의 중요지표인 생산량, 품질, 수확시기로 구성한다. 이러한 원칙에 따라 수경재배 과채류에 대한 생산량 예측인공신경망의 구조를 (그림 4)와 같다 [5].

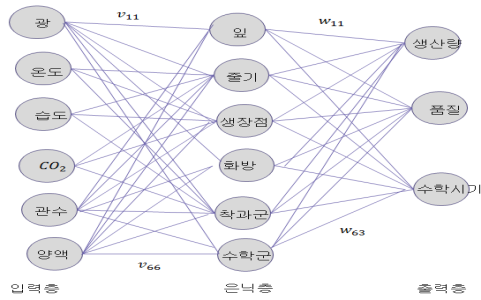


그림 4. 생산량 예측 인공신경망 구조

환경요인의 입력 값이 단위가 다르고 인공신경망의 입력 값의 중요도를 동일하게 하기 위해서 모든 입력 값이 0과 1사이로 입력이 되도록 데이터전처리 과정을 통하여 조정한다. 이는 인공신경망의 학습데이터는 0과 1사이의 값을 가질 때 수렴 속도가 빠르고 학습이 원활하기 때문이다. 따라서 모든 입력 값은 아래와 같은 공식을 사용하여 속성의 값이 0.1에서 0.9의 범위를 갖도록 변환한다[7].

$$x_n = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \times 0.8 + 0.1$$

x_n = 데이터 값

min = x 데이터가 가지는 값 중 최소값

max = x 데이터가 가지는 값 중 최대값

그리고 초기의 연결강도를 환경요인과 생육요인과의 상관관계를 분석하여 v_{ij} 값을, 생육요인과 생산량과의 상관관계를 분석하여 w_{ij} 값을 설정한다. 그리고 초기 연결강도를 학습을 통하여 목표치에 근접하도록 조정한다. 또한 환경요인과 생육간의 정량적 관계를 수학적 공식으로 모델화한 생장예측 모델을 분석하여 결합함수와 활성화 함수를 선정하고, 식물의 생장해석을 통하여 생산과실의 생산량 및 품질을 예측하는 생장해석 모델을 분석하여 결합함수와 활성화 함수를 선정한다 [4].

V. 결 론

국내 온실용 복합환경제어 기술은 온도, 습도 및 CO₂ 등의 환경을 작물재배 기술 및 전문가의 자문을 통하여 환경을 설정하는 하드웨어 자동화 단계이다. 이러한 자동화는 노동력 절감 등의 단순효과는 있으나, 실질적인 생산량 증대 및 품질을 개선하기 위하여 식물의 생육, 생리 상태를 실시간으로 추적하고 그에 맞게 실시간으로 최적 환경을 제어하는 소프트웨어 기반의 복합환경제어 기술이 필요하다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 S/W 기

반의 복합환경제어기술의 방안 제시의 일환으로 농촌진흥청 및 농림수산물교육문화정보원에서 수행중인 스마트팜 빅데이터 분석 체계와 인공신경망 기술동향을 분석하고, 이를 기반으로 인공신경망을 이용한 시설원에 생산량 예측 방안을 제시하고자 하였다. 따라서 본 논문에서 제시한 인공신경망을 이용한 생산량 예측 방안을 복합환경제어 장치에 적용하여 최적 환경제어에 활용하기 위하여 시설원에 현장에서 발생하는 환경 및 생육 자료를 장기적으로 축적하고, 이를 기반으로 환경과 생육간의 계량적인 관련성을 분석하여 인공신경망의 입력 항목, 출력항목, 결합함수 및 활성화 함수에 대한 수학적 함수를 도출하여야 한다. 또한 지속적으로 환경, 생육 및 생산량 정보를 수집하고, 인공신경망에 입력하여 학습을 통한 최적의 노드 간의 가중치를 구하여야 한다.

본 논문에서 제시한 인공신경망을 이용한 복합환경제어 알고리즘 개발은 작물 재배 분야 전문가와 인공지능분야 전문가의 협업을 통하여 장기적인 과제를 지속적으로 수행하여야 한다. 또한 작물별로 개발된 알고리즘의 학습 및 보안을 지속적으로 수행하기 위하여 장기적이고 지속적인 자료 수집이 요구됨으로, 자료 구조에 대한 표준화를 지속적으로 보완하여 자료 수집 및 활용의 효율성을 높이는 작업이 병행되어야 한다.

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.R0166-15-1025,스마트농업 서비스 프레임워크 및 농작물 메타데이터 표준 개발)

참고문헌

- [1] 김상철, “한국형 스마트팜 모델 개발과 표준화”, 국립농업과학원, 2016. 2.
- [2] 농림수산물교육문화정보원, “스마트팜 빅데이터 수집 및 활용체계 구축”, 2016. 7.
- [3] 지식정보화담당관실, “스마트팜 측정빅데이터 분석 매뉴얼(ver.1)”, 농촌진흥청, 2016. 8.
- [4] 정경진의, “시설원에 생육/생장관리 메타데이터 타당성검증”, 순천대학교 산학협력단, 2015. 1.
- [5] 박진기, “인공신경망을 이용한 쌀 생산량 예측 및 기후변화 시나리오 적용”, 충북대학교 대학원, 2014. 2.
- [6] 박진금, “신경망 및 신경망-유전자 결합모형을 이용한 하천 유출량 예측”, 전남대학교 대학원, 2006.2.
- [7] 정승훈, “인공신경망을 이용한 프로스포츠 소비자행동 분석 및 예측”, 경희대학교 대학원, 2011.08.