

근권 환경부 측정장치를 이용한 지역별 관수제어 모델링 연구

정진형*, 조재현**, 김승훈**, 최안렬**, 이상식**

A Study on Modeling of Watering Control status by Regions Using the Measurement Device of the Ministry of Root Environment

Jin-Hyoung Jeong*, Jae-Hyun Jo**, Ahnryul Choi**, Sang-Sik Lee**

요약 세계 농업 생산성 보고서에 따르면 현재 농업의 연평균 성장률은 1.63% 수준으로 2050년까지 증가하는 세계 인구 약 100억 명을 지원하기 위한 성장률 1.73% 보다 낮은 수준이며 이는 세계 농업의 생산성은 2050년까지 세계 인구의 식량, 사료, 바이오에너지 수요를 지속적으로 충족시킬 수 있을 만큼 증가하지 않고 있으며 미래의 식량난을 예고하고 있다. 본 연구는 농작물의 생산비용 감소, 생산량 증대, 품질 향상 등을 목적으로 국내 농가의 근권 환경 데이터 수집 후 데이터 분석을 통해 지역별 관수 제어 모델을 만들고 해당 지역에서 농사를 시작하는 농부들에게 조언을 줄 수 있는 모델을 제시하는 것을 목적으로 진행되었다. 본 연구에서 제시하는 관수제어 모델링은 시간의 흐름 및 기후에 따른 근권 환경 변화로 인한 배지무게·급액량·배액량의 변화를 그래프 모형으로 나타내는 것을 의미한다. 관수제어 모델링을 위해 근권 환경부 측정 장치를 통해 충청남도 논산, 부여, 예산 지역의 3~6월 근권환경 데이터 및 배지무게·급액량·배액량의 변화에 대한 데이터를 수집했으며 수집된 데이터를 통해 관수제어 모델도출을 위한 매개변수 설정하고 매개변수를 통해 시간의 흐름에 따른 무게·급액량·배액량의 변화를 확인 할 수 있는 관수제어 모델을 도출했다.

Abstract According to the World Agricultural Productivity Report, the current annual average growth rate of agriculture is 1.63%, which is lower than 1.73% to support the world's 10 billion people, which is growing by 2050. The demand for food, feed, and bioenergy is not growing enough to continue to meet the demand, and it is predicting a future food shortage. The purpose of this study was to create a regional irrigation control model for the purpose of reducing the production cost of crops, increasing production, and improving quality, and presenting a model that can give advice to farmers who start farming in the region. The irrigation control modeling presented in this study means to represent the change of medium weight·supply liquid·drainage amount due to changes in the root zone environment according to the passage of time and climate in a graph model. For water control modeling, we collected data on the change in the amount of the root zone environment and the weight of the badge·supply amount·drainage amount from March to June in Nonsan, Buyeo, and Yesan regions in Chungnam Province through the measuring device of the Ministry of Environment in the root region. We set up the parameters for derivation and derived an irrigation control model that can confirm the change in weight · supply liquid · drainage amount over time through the parameters.

Key Words : Plant weight, Root management, SaaS, Smartfarm, Water control

This research was supported by the Ministry of SMEs and Startups for the regional specialized industry promotion project (S2907801).

*Department of Biomedical IT, Catholic Kwandong University

**Corresponding Author : Department of Bio-medical Engineering, Catholic Kwandong University (lsskyj@cku.ac.kr)

Received April 20, 2021

Revised April 21, 2021

Accepted April 29, 2021

1. 서론

세계 농업 생산성 보고서에 따르면 현재 농업의 연평균 성장률은 1.63% 수준으로 2050년까지 증가하는 세계 인구 약 100억 명을 지원하기 위한 성장률 1.73% 보다 낮은 수준이며 이는 세계 농업의 생산성은 2050년까지 세계 인구의 식량, 사료, 바이오에너지 수요를 지속적으로 충족시킬 수 있을 만큼 증가하지 않고 있으며 미래의 식량난을 예고하고 있다[1].

농업은 인류의 생존을 위해 고대부터 지금까지 진행되어 왔으며, 수백 년 전의 농작물 순환의 체계적인 사용과 기타 농업 방식의 발전에 이르기까지 많은 진화를 이뤘다. 비료와 살충제는 수십 년전 마지막 혁신이었다. 최근에는 스마트 농업기술의 발전을 통해 농업 기술을 발달시키려 하고 있다[2].

스마트 농업기술은 ICT 기술을 농업에 적용하는 것으로서 작물의 성장환경 센싱을 통한 데이터 확보 후 확보된 데이터를 분석하여 성장환경을 모니터링 하고 이를 통해 비료와 살충제 투입량 및 관수 최적화 등을 통해 최적의 성장환경을 조성하여 작물의 생산비용 감소 및 생산량 증가, 품질 향상을 목적으로 한다[1-3]. 스마트 농업에서 관수제어는 최적의 성장환경 조성에 중요한 역할을 하며 환경보호 차원에서도 중요한 이슈이다[2,4,5].

스마트 농업과 관련된 관수제어에 관한 연구로는 배지의 수분 함량을 근거로 작물의 성장 환경을 최적화하려는 연구[7,8], 화학 센서를 통해 목부액의 물리·화학적 특성 분석을 통해 관수계획을 수립하는 연구[9~12], 광량에 따른 관수 제어[13] 등 ICT 기술과 융합된 다양한 연구가 진행되고 있다.

본 연구는 농작물의 생산비용 감소, 생산량 증대, 품질 향상 등을 목적으로 국내 농가의 근권 환경 데이터 수집 후 데이터 분석을 통해 지역별 관수 제어 모델을 만들고 해당 지역에서 농사를 시작하는 농부들에게 조언을 줄 수 있는 모델을 제시하는 것을 목적으로 진행되었다. 본 연구에서 제시하는 관수제어 모델링은 시간의 흐름 및 기후에 따른 근권 환경 변화로 인한 배지무게·급액량·배액량의 변화를 그래프 모형으로 나타내는 것을 의미한다. 관수제어 모델링을 위해 근권 환경부 측정 장치를 통해 농가별 근권 환경 및 배지무게·급액

량·배액량의 변화에 대한 데이터를 수집했으며 수집된 데이터를 통해 관수제어 모델도출을 위한 매개변수를 설정했다. 수집한 데이터에 설정한 매개변수 추출을 위한 데이터 분석을 통해 추출한 매개변수를 기반으로, 시간의 변화에 따른 무게·급액량·배액량의 변화를 확인할 수 있는 그래프 모형을 도출하는 연구를 진행했다.

2. 실험 방법

2.1 근권 환경 데이터 수집

근권 환경이란 작물의 뿌리표면으로부터 수mm~1cm 범위의 환경을 의미한다[6]. 근권 환경부 데이터 수집을 위해 ㈜이레이에스에서 서비스 중인 배지함수를 측정장치인 알렘팜을 통해 수집된 농가의 작물 재배 시 근권 환경부 데이터를 사용했으며, 알렘팜의 주요 사양은 표 1과 같다.



그림 1. 근권 환경부 데이터 측정 장치 알렘팜
Fig. 1. RMFarm, a data measurement device of the Ministry of Root Environment

표 1. 근권 환경부 데이터 측정장치 알렘팜 사양
Table 1. Data measurement device specification of the Ministry of Root Environment

구분	사양
공급사	IReis
실시간 무게	10g~40Kg 감도 5g
급액량	5cc / bucket
배액량	5cc / bucket
배액EC	0~20ms/cm, 정확도 ± 0.02ms/cm
배액pH	0~14, 정확도 5%
배지온도	-20~85℃, 정확도 ± 3%
온도	-40 ~ 124℃, 정확도 ± 0.4℃
습도	0 ~ 100%, 정확도 ± 3%

다양한 지역의 데이터를 수집했으나, 본 논문에서는 충청남도 논산, 부여, 예산 지역의 농가 각 1곳의 3~6

월 까지의 데이터만 사용했다. 3곳의 농가 데이터는 충청남도 지역이라는 공통점이 있으며, 토마토를 재배하는 농가이다.



그림 2. 데이터 수집 농가간의 거리
Fig. 2. Distance between data collection farms

그림 1은 농가의 거리 차이를 나타낸 지도이다. 충남 예산지역 농가와 논산지역 농가는 62.27km 떨어져 있으며, 논산지역 농가와 부여지역 농가는 14.12Km, 부여지역 농가와 예산지역 농가는 42.18km 거리 차이가 있었다.

근권 환경부 측정장치를 통해 수집된 근권 환경 데이터는 (주)이레아이에서 관리 중인 서버에 저장되며 본 연구를 위해 그림 2에 제시된 TablePlus라는 프로그램을 통해 알렘팜을 통해 수집된 근권 환경 데이터를 관리하는 서버에 접속 후 csv 파일로 정리된 농가별 근권 환경 데이터를 수집하였다.

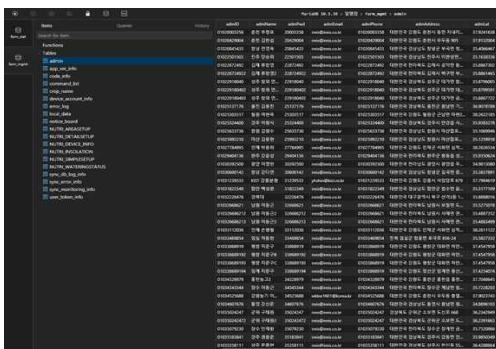


그림 3. 근권 환경 데이터 서버 접속 프로그램 (Table Plus)
Fig. 3. Rural Environment data server connection program (Table Plus)

2.2 근권 환경 데이터 분석

수집한 데이터에는 일별로 시간에 따른 온습도 및 pH, EC 농도의 변화, 배지의 무게 변화, 급액량 및 배액량의 변화 등 실제 알렘팜을 사용하는 농가들의 작물 재배 시 근권환경 데이터에 해당한다.

데이터 분석을 위해 수집한 농가별 CSV 파일을 하루 (24시간)기준으로 분류하였으며 하루 기준으로 분류된 데이터에서 표 2에 제시된 매개변수 값을 구하고 매개변수 값을 바탕으로 시간에 따른 배지무게·급액량·배액량 그래프를 도출을 통해 관수제어 모델을 만들었다. 데이터 분석은 Excel을 사용하여 진행하였다.

표 2. 지역별 관수 제어 모델링을 위한 매개변수
Table 2. Parameters for regional watering control modeling

구분	매개변수
무게	초기중량
	마지막 중량
	일출 시간 및 일출시 중량
	일몰 시간
	첫 급액 시 중량
	첫 배액 시 중량
	초기 감소 횟수
	중기 감소 횟수
	초기 평균 중량 감소량
	중기 평균 중량 감소량
급액량	전체 급액시간
	순간 평균 급액량
	일일 급액량
	급액 횟수
배액량	급액 간 평균 시간
	전체 배액시간
	순간 평균 배액량
	일일 배액량
	배액 횟수
	배액 간 평균 시간

3. 실험 결과 및 고찰

지역별 관수제어 모델링을 위해 근권 환경부측정 기기를 통해 데이터 수집 및 분석을 진행하였으며 이를

통해 수집한 지역에 농가에 대한 관수제어 현황 모델을 도출하였다.

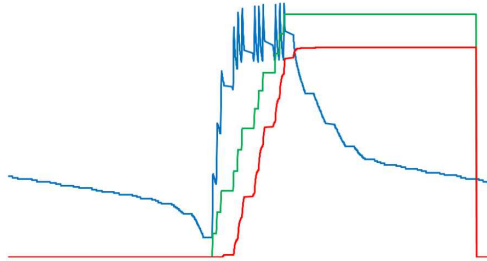


그림 4. 하루 동안 배지 무게·배액량·급액량의 변화
Fig. 4. Change in weight·drainage·supply amount during the day

일별로 추출한 데이터를 기반으로 배지무게·급액량·배액량의 변화량에 대한 그래프를 만들었다. 그림 4는 충청남도 논산의 한 농가의 하루 동안의 배지무게·급액량·배액량의 시간에 따른 변화량을 그래프화 한 것이다. 그래프에서 청색선은 배지무게, 녹색선은 급액량, 적색선은 배액량의 변화를 의미한다.

수집한 데이터의 가공을 위해 일별로 데이터를 추출하고, 일별로 추출된 데이터에서 표2에 제시한 매개변수 추출을 위한 방법은 다음과 같다.

3.1 무게 매개변수 추출

무게 매개변수에서 초기 중량을 구하기 위해 00시 중량 데이터를 추출하였으며, 마지막 중량을 구하기 위해 23:59분에 해당되는 데이터를 추출했다. 일출 시간과 일몰시간에 대한 데이터는 한국천문연구원 데이터 및 구글 검색을 통해서 확보했으며, 일출시 중량 데이터의 경우 일별 일출 시간에 해당되는 무게데이터를 추출했다.

첫 급액 시 중량과 첫 배액 시 중량을 구하기 위해 각각 첫 급액 시, 첫 배액 시 중량 데이터를 추출했다. 초기 평균 중량 감소량을 구하기 위해 첫 배액이 나오기 전까지 무게 감소량의 평균을 데이터를 구했다.

급액 및 배액량에 따른 배지무게 변화의 차이를 구분짓기 위해 첫 급액 시점을 기준으로 초기 중량 감소 구간, 중기 중량 감소구간을 구분하였으며, 각 구간의 감소 횟

수와 감소량 평균을 구하였다.

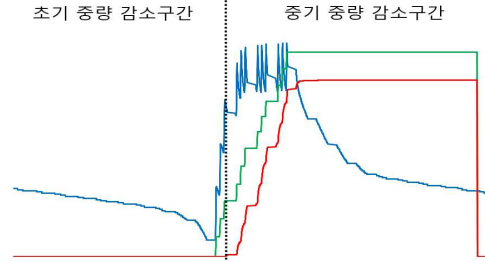


그림 5. 초기중기 중량 감소구간 기준
Fig. 5. Based on the initial and mid-term weight reduction section

초기 중량 감소량은 00시 부터 첫 배액시점 전까지 배지의 무게가 기후 또는 급액으로 인해 급격하게 올라간 후 감소하다가 급액으로 인해 다시 올라가는 구간까지의 감소량을 의미한다. 즉 그림 6에서 a_1 또는 a_n 구간에서부터 a_2 또는 a_{n+1} 구간 사이의 무게 감소량이다. 초기 중량 감소평균을 구하기 위해서는 초기 감소 구간에서의 감소 횟수를 알아야 하며, 구하는 방법은 수식 (1)과 같다.

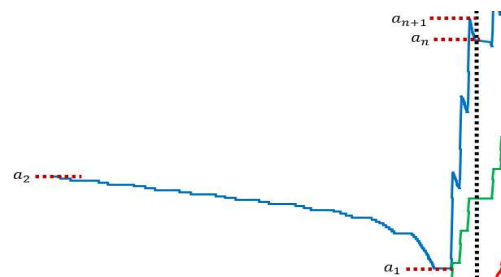


그림 6. 초기 중량 감소 그래프
Fig. 6. Early weight loss graph

$$A_n = a_{n+1} - a_n$$

$$A_N = \text{초기중량감소횟수}$$

$$\frac{A_1 + \dots + A_n}{A_n} \tag{1}$$

중기 중량 감소량은 첫 배액부터 첫 마지막 배액시점까지 배지의 무게가 급액으로 인해 급격하게 올라간 후 배액으로 인해 감소하다가 다시 급액으로 인해 올라가는 구간까지의 감소량을 의미한다. 즉 그림 7에서 m_1 또는 m_n 구간에서부터 m_2 또는 m_{n+1} 구간 사이의 무게 감소량이다. 중기 중량 감소평균을 구하기 위해서는 중기 감소 구간에서의 감소 횟수를 알아야 하며, 구하는 방법은 수식 (2)과 같다.

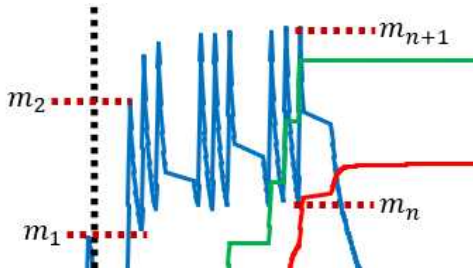


그림 7. 중기 중량 감소 그래프
Fig. 7. Mid-term weight loss graph

$$M_n = m_{n+1} - m_n$$

$$M_N = \text{초기중량 감소횟수}$$

$$\frac{M_1 + \dots + M_n}{M_n} \quad (2)$$

3.2 급액량 및 배액량 매개변수 추출

급액에 대한 매개변수에서 첫 급액 시간과 마지막 급액 시간을 구하기 위해 각각 첫 급액 시 시간, 마지막 급액 시 시간 데이터를 추출했고, 수식 (3)을 적용하여 하루치 배액시간을 구했다. 일일 급액량은 하루치 급액량 중 최대값에 해당되어 일일 급액량 데이터에서 최대값을 추출했으며 순간 평균 급액량을 구하기 위해 수식 (4)을 적용하였다. 급액 횟수는 그래프 상에서 계단 형태로 변하는 구간의 횟수에 대한 데이터를 추출했으며, 급액 간 평균 시간에 대한 데이터는 수식 (5)을 적용하여 추출했다.

$$\text{전체급액시간} = \text{마지막급액시간} - \text{첫급액시간} \quad (3)$$

$$\text{순간 평균 급액량} = \frac{\text{일일 급액량}}{\text{급액횟수}} \quad (4)$$

$$\text{급액간 평균시간} = \frac{\text{전체급액시간}}{\text{급액횟수}} \quad (5)$$

배액에 대한 매개변수에서 첫 배액 시간, 마지막 배액 시간은 각각 첫 배액 시 시간, 마지막 배액 시 시간에 대한 데이터를 추출했으며, 이를 수식 (6)에 적용하여 전체배액시간을 구했다. 일일 배액량은 하루치 배액량 중 최대값에 해당되어 일일 배액량 데이터에서 최대값을 추출했으며, 순간평균 배액량을 구하기 위해 수식 (7)을 적용했다. 배액 간 평균 시간에 대한 데이터는 수식 (8)을 적용하여 추출했다.

$$\text{전체배액시간} = \text{마지막배액시간} - \text{첫배액시간} \quad (6)$$

$$\text{순간 평균 배액량} = \frac{\text{일일 배액량}}{\text{배액 횟수}} \quad (7)$$

$$\text{배액간 평균시간} = \frac{\text{전체배액시간}}{\text{배액시간}} \quad (8)$$

3.3 관수제어 모델링 결과

알렘팜 관리서버에서 수집한 충청남도 지역의 논산, 부여, 예산 지역의 농가의 3~6월 근권환경 데이터 및 배지무게, 배액량, 급액량의 변화에 대한 농가데이터를 일별로 나누고 일별로 나눈 데이터 각각의 매개변수 값을 구했다. 일별로 구해진 각각의 매개변수의 평균값을 구하여 시간의 변화에 따른 배지무게·급액량·배액량의 변화량 그래프 그려 관수제어 모델을 도출했다.

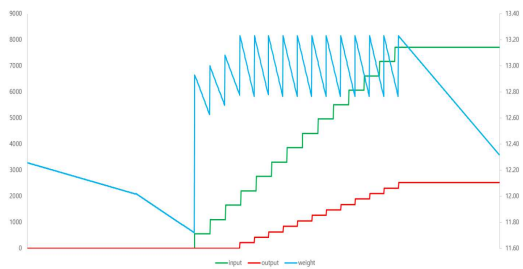


그림 8. 충청남도 지역의 관수제어 모델링
Fig. 8. Irrigation control modeling in Chungcheongnam-do

그림 8을 충청남도 지역의 관수제어 현황 모델링 이다. 청색선은 무게, 녹색선은 급액량, 적색선은 배액량을 의미하며 모두 시간에 따른 변화량을 의미한다.

본 연구를 통해 도출된 관수제어 현황 모델링은 충청남도 예산, 부여, 논산 지역 농가의 데이터만 분석하여 결론을 도출했다. 보다 유효성 있는 데이터 제시를 위해서 더 많은 데이터를 확보하여 모델링을 진행할 예정이다며, 본 논문에서 제시한 매개변수 외에도 유효성 있는 매개변수를 추가하는 방안도 검토할 예정이다. 추후 국내 타 지역에 대한 데이터 수집 및 분석을 통해 관수제어 모델링을 진행할 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 근권 환경부 데이터 수집 장치를 통해 수집된 근권 환경 데이터를 분석하여 지역별로 관수제어 현황 모델링을 도출하여 작물 재배 시 관수제어에 참고할 수 있는 데이터를 제시하는 것을 목적으로 진행되었다. 이에 모델링을 위한 매개변수 도출 및 도출된 매개변수를 수집된 데이터에 적용하여 관수제어 모델링 시 필요한 매개변수 확보를 진행했고, 이를 통해 관수제어 모델을 도출했다. 본 논문에서 제시된 관수제어 모델링은 충청남도 지역의 논산, 부여, 예산 농가의 3~6월의 데이터만을 분석하여 도출한 결과임으로 추후 더욱 유용한 데이터 제공을 위해서는 보다 다량의 데이터 분석이 필요할 것이며, 추후 유효성 검증을 위해 실제 농작물 재배 시 관수제어 모델을 적용하여 유효성을 검증할 예정이다.

REFERENCES

[1] KREI(Korea Rural Economic Institute), "World Agriculture", October 2019
 [2] Vasileios Moysiadis, Panagiotis Sarigiannidis a, Vasileios Vitsas, Adel Khelifi, "World Agriculture", Computer Science Review, January 2021
 [3] COMPA(Commercializations Promotion Agency for R&D Outcomes) "Smart Farm

Technology and Market Trend Report" S&T Market Repott, Vol 69, November 2019
 [4] Sotirios Kontogiannis, George Kokkonis, Soutana Ellinidou and Stavros Valsamidis, "Proposed Fuzzy-NN Algorithm with LoRaCommunication Protocol for Clustered Irrigation Systems" mdpi journal Future Internet, 2017, 9(4), 781, November 2017
 [5] A.Mérida GarcíaI. Fernández, GarcíaE.Camacho PoyatoP.Montesinos, BarriosJ.A.Rodríguez Díaz, "Coupling irrigation scheduling with solar energy production in a smart irrigation management system", Journal of Cleaner Production Volume 175, 20 Pages 670-682 February 2018
 [7] Young Bae Choi¹ · Jong Hwa Shin¹, "Soil dictionary", Analysis of the changes in medium moisture content according to a crop irrigation strategy and the medium properties for precise moisture content control in rock wool, Received: 22 August 2018 / Revised: 28 February 2019 / Accepted: 6 March 2019 / Published online: 28 May 2019
 [8] Jin-Hyoung Jeong, Chang-Mok Lim, Jae-Hyun Jo, Ju-hee Kim, Su-Hwan Kim, Ki-Young Lee, Sang-Sik Le, "A Study on the Monitoring System of Growing Environment Department for Smart Farm", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology 12(3) 2019.6, 290-298(9 pages)
 [9] Hee Su Lee¹, Sung Kyeom Kim^{2*}, Hee Ju Lee¹, Jin Hyoung Lee¹, Sewoong An¹, and Sang Gyu Lee³, "Soil dictionary", Development of Crop Water Stress Index for Kimchi Cabbage Precision Irrigation Control, Korean Journal of Horticultural Science & Technology 37(4), 2019.8, 490-498(9 pages)
 [10] Hyun Jun Park¹ · Jin Hee Park² · Kyoung Sub Park³ · Jung Eek Son¹ , "Evaluating plant stress conditions in paprika by comparing internal electrical conductivity, photosynthetic response, and sap flow, Received: 12 March 2018 / Revised: 3 September 2018 / Accepted: 7 September

2018 / Published online: 5 December 2018.

- [11] Shiva Ram Bhandari¹ · Min Ji Lee¹ · Han Cheol Rhee² · Gyeong Lee Choi² · Sang Seok Oh³ · Je Taek Lee⁴ · Jun Gu Lee^{1,5}, "Rapid monitoring of proline accumulation in paprika leaf sap relative to leaf position and water stress", Received: 5 September 2017 / Revised: 12 February 2018 / Accepted: 19 February 2018 / Published online: 2 July 2018.
- [12] Seon Woo Park^{1†}, Sewoong An^{2†}, and Yurina Kwack^{3*}, "Changes in Transpiration Rates and Growth of Cucumber and Tomato Scions and Rootstocks Grown Under Different Light Intensity Conditions in a Closed Transplant Production System", Protected Horticulture and Plant Factory, Vol. 29, No. 4:399-405, October (2020).
- [13] S. H. Ryu, "Soil dictionary", Seoul National University Press, February, 2001.

저자약력

정진형 (Jin-Hyoung Jeong) [정회원]



<관심분야>

- 2012년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업 (학사)
 - 2014년 2월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업 (공학석사)
 - 2017년 8월: 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업 (공학박사)
 - 2017년 9월 ~ 2021.02: 가톨릭관동대학교 초빙교수
 - 2021년 03월 ~ 현재: 가톨릭관동대학교 의료IT학과 조교수
- 의료 시스템, 데이터 분석, 통신, 인공지능

조재현 (Jae-Hyun Jo)

[정회원]



<관심분야>

- 2015년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업 (학사)
- 2017년 2월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업 (공학석사)
- 2020년 8월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업 (공학박사)
- 2020년 9월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 시간강사

의용메카트로닉스, 디지털 신호처리, 영상처리,

김승훈 (Kim-Seung Hun)

[정회원]



<관심분야>

- 2018년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업 (학사)
- 2020년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업 (공학석사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 박사과정

의용메카트로닉스, IoT, u-Health, 의료영상처리

최안렬 (Ahnryul Choi)

[정회원]



<관심분야>

- 2006년 2월 : 성균관대학교 학사 졸업
- 2007년 8월 : 성균관대학교 일반대학원 졸업 (공학석사)
- 2011년 8월 : 성균관대학교 일반대학원 졸업 (공학박사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 조교수

기계학습, 시스템 개발, 데이터 분석

이상식 (Sang-Sik Lee)

[중신회원]



<관심분야>

- 1993-2000년 LG전선(주)
- 1996-2000년 성균관대학교 박사
- 2001-2004년 (주)미도테크
- 2004-2010년 성균관대학교 연구교수
- 2011-현재 가톨릭관동대학교 의료공학과 교수

의용메카트로닉스, u-Health, 생체역학, 의용전기전자