

농장비 설계를 위한 한국 척수장애인의 대표 인체모델군 개발

김태구 · 류태범[†]

한밭대학교 산업경영공학과

Development of Representative Body Models of Spinal Cord Disabilities for Agricultural Equipment Design

Taegu Kim · Taebeum Ryu

Department of Industrial and Management Engineering, Hanbat National University

Korea's agriculture is facing a manpower shortage due to a decrease in the population and an aging workforce. Involving disabled people in agriculture as a solution to the problem of manpower shortage can help both agricultural workers and people with disabilities, and for this purpose, it is necessary to develop agricultural tools that disabled people can use in agricultural tasks. This study was intended to create a representative human body model used in the anthropometric design of agricultural tools for people with spinal cord disabilities. This study used the existing anthropometric data for the spinal cord disabled and created a representative human body model using the method of boundary for the accommodation range of the body size distribution. As a result of factor analysis, 26 body dimensions were reduced to 4 factors, and the representative group had 16 body models to have an accommodation rate of 90% of the distribution. As a result of the evaluation of the accommodation rate of the representative human model group, only 42% of cases satisfied all the ranges of 26 body dimensions for the representative group, but 88% of cases satisfied all the ranges of 23 body dimensions, which is close to the target rate. The representative human model group for spinal cord disabilities was visualized using the Tecnomatix human model module. This can be utilized in identification of problems with existing agricultural tools and anthropometric design for the disabled.

Keywords: Agricultural Equipment, Spinal Cord Disabilities, Human Body Models, Boundary Method, Acceptance Rate

1. 서론

농작업은 부적절한 자세와 중량물 취급의 특징을 주로 갖고 있어 다른 산업의 작업들과 비교하여 힘든 작업으로 알려져 있다. 농작업은 대부분 낮은 위치에서 이루어져 과도한 무릎의 사용, 쪼그려 앉기, 과도한 허리의 굽힘 및 비틀 등 부적절한 자세가 매우 빈번히 발생하고, 종자, 비료, 약품, 수확물 등 중량물을 다루는 경우도 많다(Lee, 2012). 또한 농업은 시기에 따라 이루어져야 하는 일이 정해져 있어 짧은 특정시기에 작업 작업량이 집중되는 특성을 갖는다(Kim and Choi, 1997). 농업의 이러한 작업 특성으로 우리나라 농업인의 근골격계 통증

경험의 비율은 80.5%로 매우 높으며, 요통 및 무릎 통증을 특히 높은 유병률을 보이는 것으로 조사되었다(Ko, 2012).

농작업의 육체적 힘들과 함께 우리나라 농가 인구는 빠르게 감소하고 있고 또한 고령화되어 가고 있어, 이에 대한 대책이 절실하다. 2020년 우리나라 농가인구는 약 232만 명으로 직전 조사인 2015년에 비해 25만 명(10%)가량이나 감소하였다(Hong and Baek, 2021). 더욱이, 농가 인구 중의 43%는 65세 이상 고령자로, 2015년에 비해 4.1%p 증가하였고, 농가 인구 연령의 중위수는 62세로 2015년 보다 3세나 증가하였다. 이에 따라 농업 인력의 부족 현상이 지속적으로 나타나고 있어, 2022~2023년에 부족한 농업인력은 8만 명에 달할 것으로 예측

이 연구는 농촌진흥청 농업과학기술 연구개발사업으로 수행되었음(과제번호: PJ015313032021).

[†] 연락저자 : 류태범 교수, 주소: 34158, 대전광역시 유성구 동서대로 125, Tel : 042-821-1757, E-mail: tbryu@hanbat.ac.kr
2021년 10월 12일 접수; 2021년 11월 22일 수정본 접수; 2022년 2월 8일 게재 확정.

되고 있다(Jung *et al.*, 2019). 농업 인력의 부족은 농가에 과도한 인건비 증가를 불러올 수 있어 농가의 소득에 악영향을 미치므로 농업 인력의 부족을 해결할 근본적인 대책이 필요하다.

한편, 우리나라 장애인의 취업률은 다른 나라에 비해 낮은 편이어서, 이들의 경제활동을 위한 대책이 필요하다. 우리나라 장애인 경제활동 인구는 2020년 약 95만 명으로 경제활동 참가율은 37%에 불과하고, 장애인의 60% 이상이 경제활동을 하지 않는 것으로 나타났으며, 이중 약 20만 명은 경제활동의 사가 있는 것으로 나타났다(고용개발원, 2020). 장애유형별 경제활동참가율은 지체장애 47%, 시각장애 45%, 청각 및 언어장애 32% 순으로 나타났다(고용개발원, 2020). 장애인의 높은 비경제활동참여 비율은 이들의 사회적, 경제적 비용 및 부담을 가중시키므로 이들의 취업을 위한 대책이 필요하다.

우리나라 장애인의 근무시간은 비교적 짧은 편인데, 근로에 따른 육체적 힘들이가 주요 원인으로 나타났다. 2018년 장애인 경제활동실태조사에 따르면, 임금 근로 장애인의 근무시간은 건설업의 경우 3년 4개월로 가장 짧았고, 가장 근무시간이 긴 제조업의 경우 평균 7년 11개월로 비교적 짧은 근무시간을 보였다(Korea Employment Agency for the Disabled, 2018). 장애인의 고용유지에는 장애 및 건강 요인, 심리적 요인, 사회적 지지 등과 같은 다양한 요인들이 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Kim, 2018; Chun *et al.*, 2019). 2018년 장애인의 임금근로자의 근무시 애로사항 조사에서, 17~39세는 ‘장애로 인해 체력적으로 힘들다’는 항목을 1순위로 선택하였다(Korea Employment Agency for the Disabled, 2019). 즉, 장애인의 고용유지에 장애에 의한 육체적 힘들이가 1순위였다.

장애인을 농업 활동에 종사하도록 유도하는 것은 농촌 지역의 고령화, 공동화, 일력 부족 현상을 해결할 수 있는 하나의 대안으로 고려될 필요가 있고, 장애인의 경제 자립을 위해서도 필요하다. 그러나 이를 위해서는 장애인들이 어려운 농업 활동에 종사할 수 있는 기술적 지원이 선행되어야 하고, 이러한 방법은 장애인을 위한 농작업기기 및 작업보조기기의 설계 및 개발이다. 장애인의 농작업 수행을 위해서는 장애 유형에 따라 다른 특성에 맞는 농작업보조기기가 필요하나 이에 대한 연구는 부족한 형편이다.

본 연구는 이를 위해 먼저 장애인을 위한 농작업기기의 설계 및 평가에 필요한 장애인 대표 인체모델군을 개발하고자 하였다. 장애인용 농작업기기는 이들의 인체크기와 기능 특성에 맞추어 개발되어야 하고, 이를 위한 인체측정학적 설계는 설계 대상 인구의 인체측정데이터를 기반으로 한 대표 인체모델군을 활용하여 이루어진다. 본 연구는 장애유형 중 먼저 최근에 측정된 인체측정데이터(Hong *et al.*, 2021)가 있는 척수장애인을 대상으로 이들을 대표하는 인체모델군을 개발하고자 하였다. 이 데이터는 장애인의 농업활동 참여 지원을 위한 농장비 설계기준 설정을 목적으로 하는 Yook *et al.*(2020)에 의해 수행된 연구과제에 의해 측정된 결과이다. 농기구는 단일 치수로 설계되므로 본 연구는 인구 수용 범위 경계선 생성 방법

으로 척수장애인의 대표인체모델들을 생성하였다. 그리고 이들을 Tecnomatix의 인체 모델 모듈을 이용하여 가시화하였다. 이들 인체모델군은 현재의 농작업 기기가 척수장애인에게 적합한지 평가하고, 척수장애인을 위한 농작업 기기 개발에 활용될 수 있을 것이다.

2. 문헌 연구

인체의 크기와 관련된 제품의 설계, 즉 인체측정학적 제품설계(anthropometric product design)는 인체치수의 측정 데이터를 사용하는데, 인구의 각 개인은 여러 인체치수 측면에서 상당한 다양성을 보이는 것으로 잘 알려져 있다. 예를 들어, 어떤 사람은 눈높이에서 16백분위수에 해당하지만, 팔 길이는 60백분위수, 다리길이는 70백분위수에 해당할 수 있다. 이러한 각 개인이 보여주는 인체크기의 다양성은 매우 혼란 일인데, 이는 인체치수간 상관관계가 평균적으로 0.6 정도 밖에 되지 않는다는 것으로도 설명된다(Haslegrave, 1986). 이러한 특성으로 인해 여러 인체치수가 관련된 제품설계에서 인체치수별로 특정 인구의 비율을 수용하는 범위를 각각 설정할 경우, 해당 인체치수들의 범위 내에 공통적으로 존재하는 인구의 비율은 목표치 보다 훨씬 작아지게 된다.

이러한 인체크기의 다양성으로 인해 여러 인체치수가 사용되는 대부분의 설계는 컴퓨터상에 그래픽으로 표현된 디지털 인체모델을 주로 이용한다. 과거의 인체치수 데이터를 이용한 설계는 제품관련 인체치수를 선정하고 제품이 수용할 인구의 범위를 결정한 후 각 인체치수에서 해당 수용범위에 해당하는 백분위수의 값으로 설계를 하였다(Pheasant and Haslegrave, 2006). 예를 들어, 문의 크기 설계는 키와 어깨 너비를 제품 관련 인체치수로 선정하고 인구의 95%를 수용하기 위해 키와 어깨 너비의 95 백분위 값에 이용하였다. 그러나 이러한 방법은 인체 크기의 다양성으로 인체치수가 많아질수록 모든 인체치수의 범위에 수용되는 사람의 비율이 점차 작아지는 문제점을 가졌다. 따라서 현재는 인체치수들의 분포에서 특정 수용률의 범위 경계에 있는 점들에 해당하는 인체치수들로 대표 인체모델군을 생성하고 이를 설계에 활용하는 방법이 이용되고 있다(Jung and You, 2007).

그래픽 기반 인간공학설계지원 시스템은 디지털 인체모델을 사용하여 제품 설계 과정의 효율성을 제고시켜 준다. 그래픽 기반 설계 시스템은 자동차 운전석, 제조 작업장 등의 설계를 그래픽으로 표현하고, 디지털 인체 모델을 설계 내에 배치하여 도달성, 시계성, 거주성 등과 같은 인간공학설계 사항을 평가하고 설계의 문제점을 설계자가 알 수 있게 한다(Ryu *et al.*, 2003). 이를 이용한 제품 설계는 인체측정학적 설계를 신속하고 경제적으로 이루어지도록 한다.

지정된 범위의 인구를 수용하는 적합한 제품 설계를 위해서는 설계 대상 인구를 대표하는 다양한 크기를 가진 인체모델들이

필요한데, 기존 인간공학설계 시스템은 통계적 대표성이 결여된 소수의 인체모델만을 제공한다. Tecnomatix 인체모델 모듈을 포함한 기존 인간공학설계지원 시스템들은 신장의 평균과 5, 50, 95 백분위수에 해당하는 인체모델의 생성을 제공하고 있다. 설계된 제품이 대상 인구를 타당하게 수용하는지 파악하기 위해서는 인구의 인체크기 특성을 반영한 다양한 크기의 인체모델을 이용한 제품 평가가 필요하다(Ryu *et al.*, 2003).

대표 인체모델을 생성하는 방법은 적용될 제품 설계의 특성에 따라 인구 수용 범위 경계선 생성방법 또는 경계선 내부 생성방법으로 나뉜다(Jung and You, 2007). 인구 수용 범위 경계선 생성방법은 환경 설계와 같은 단일 치수 설계(one-size design)에 적용된다. 대표적으로 Bittner(2000)는 작업장 설계에서 요인분석으로 인체 치수의 차원을 축소시킨 인구분포의 특정 범위를 수용하는 경계선에서 대표 인체모델을 생성하였다. 경계선 내부 생성방법은 의복과 같이 다중 치수 설계(multiple-size design)에 적용된다.

3. 척수장애인의 인체모델군 생성

본 연구는 척수장애인 인체모델군 생성을 위해 척수장애인을 대상으로 측정된 인체치수 데이터를 이용하였다. 이 데이터는 농업진흥청의 농업현안리빙랩 프로젝트의 한 과제인 “장애인 등 취약계층의 사용자 적용 농작업 장비 설계기준 설정 및 적합성 평가”에서 측정되었다(Yook *et al.*, 2020). 이 데이터의 측정항목은 인체치수, 동작범위 그리고 근력 측정의 세 가지 분류로 총 78가지로 이루어져 있고, 남자 58명, 여자 20명으로 구성된 총 78명의 측정치를 담고 있다. 본 연구는 이 데이터의 인체치수 관련 41개(키, 몸무게 포함) 측정 항목을 이용하였다.

본 연구는 인구 수용범위 경계선 생성 방법으로 대표적인 Bittner(2000)의 방법을 이용하여 척수장애인의 대표 인체모델군

을 생성하였다. 농장비는 주로 단일치수로 제작되므로 인구 수용범위 경계선 생성방법이 본 연구에 적합하였다. Bittner (2000)의 방법은 여러 인체치수들에 의해 나타난 인구의 분포를 요인분석을 통해 차원을 축소하여 나타내고, 축소된 분포의 특정 수용범위 경계에 해당하는 몇 개의 점을 추출한다. 그 후 이 방법은 축소된 차원에서 추출된 점들을 요인 적재값을 이용하여 다시 인체치수들의 차원으로 변환하여 인체치수 값을 추정한다.

본 연구는 인체데이터의 인체치수들의 차원을 축소하기 위해 요인분석(factor analysis)을 이용하였다. 요인 추출 방법으로 주성분(principal component) 방법이 이용되었고 추출 기준은 요인의 eigenvalue 값이 1보다 큰 것으로 하였으며, 요인의 회전 방법으로 베리맥스(Varimax)가 사용되었다.

본 연구는 인체모델군 생성 방법에 의한 인체모델군을 Siemens Tecnomatix 소프트웨어를 이용하여 3D 모델로 표현하였다. Siemens Tecnomatix는 3차원 상의 공정 시뮬레이션에 특화된 소프트웨어로 기존 인체모델 기반 설계 및 평가 프로그램인 Jack의 인체모델 생성과 인간공학적 평가 기능을 포함하고 있다. 이 소프트웨어는 키, 몸무게, 어깨너비 등 12개의 인체치수로 인체모델을 생성할 수 있다.

3.1 인체치수의 1차 요인분석

1차 요인분석 결과, 41개 항목의 인체치수 차원은 7개 요인의 차원으로 축소되었다. 이들 요인들에 의해 설명된 누적분산의 비율은 76.6%였다. 이들 요인들은 키와 상하지 길이 관련 인체치수, 앉은키 및 앉은 높이 관련 인체치수, 손의 인체치수, 몸무게와 둘레 및 두께 관련 인체치수, 도달높이의 기능적 인체치수 등을 설명하는 것으로 나타났다(<Table 1> 참조). 하지만, 키와 상하지 길이에 앉은 어깨 너비, 가슴너비가 포함되는 등 다른 특성의 인체치수가 한 요인에 포함되는 경우가 있는 것으로 나타났다.

Table 1. Factor Analysis for 41 Anthropometric Variables

	Anthropometric variables(English)	Anthropometric variables(Korean)
Factor 1	Buttock-popliteal length, shoulder-elbow length, buttock-knee length, height, lateral Reach Fist Length (Right), arm length, lateral Reach Fist Length (left), elbow-wrist length, foot length, elbow-grip length, forearm-fingertip length, biacromial breadth, chest breadth, waist back length	앉은 엉덩이 오금 수평 길이, 위팔 수직 길이, 앉은 엉덩이 무릎 수평 길이, 키, 앉은 옆으로 뻗은 주먹 수평 길이(우측), 팔 길이, 앉은 옆으로 뻗은 주먹 수평 길이(좌측), 아래팔 수평 길이, 발직선 길이, 팔꿈치 주먹 수평 길이, 팔꿈치 손끝 수평 길이, 앉은 어깨너비, 가슴너비, 등 길이
Factor 2	Shoulder height sitting, cervicale height, elbow height sitting, axilla height sitting, neck point to breast point to waist line	앉은 어깨 높이, 앉은 목뒤 높이, 앉은 팔꿈치 높이, 앉은 겨드랑이 높이, 목덜머 허리둘레선 길이
Factor 3	Hand breadth, wrist breadth, wrist circumference, maximum hand breadth, hand length, palm length	손 너비, 손목 너비, 손목둘레, 최대 손 너비, 손 직선 길이, 손바닥 직선 길이
Factor 4	Chest depth, bust depth, hip breadth sitting, waist breadth, weight, knee clearance, abdominal depth	가슴두께, 젖가슴두께, 앉은 엉덩이너비, 허리너비, 몸무게, 무릎간격, 앉은 배 두께
Factor 5	Unobstructed high forward reach, unobstructed high side reach, overhead fist reach	전방 최고 도달높이, 측방 최고 도달 높이, 앉은 머리 위로 뻗은 주먹 높이
Factor 6	Unobstructed low forward reach, unobstructed low side reach, forward reach fist length	전방 최저 도달 높이, 측방 최저 도달 높이, 앞으로 뻗은 주먹 수평 길이
Factor 7	Thigh clearance	앉은 넓다리 높이

분석된 7개 요인으로 나타낸 데이터 분포에서 대표 인체모델군을 생성할 경우 너무 많은 인체모델들로 인해 설계에 적용이 현실적으로 매우 어렵다. 최소의 인체모델군을 추출하는 방법으로 축소된 7개 차원 각각에서 양 극단의 경우를 모두 조합하면 총 128개의 점이 추출되어 이 모든 인체모델들을 설계에 적용시키기 매우 힘들다. 또한 이 인체모델의 개수는 본 연구에서 사용하는 인체데이터 개수인 78개를 초과한다. 따라서 2차 요인 분석에서는 인체측정 항목을 감소시켜 요인의 수를 최소화하고자 하였다.

3.2 인체치수의 2차 요인분석

본 연구는 척수장애인의 다양한 특성을 나타내면서도 분석된 요인의 수를 줄이기 위해 먼저 기능 인체치수(functional anthropometric variable)를 인체치수 데이터에서 제외하였다. 기능 인체치수는 본 연구가 인체모델로 만들려는 3차원 인체형상 모델의 크기를 결정하는데 사용되지 않아 제외될 변수로 먼저 선정되었다. 또한, 1차 요인 분석에서 기능 인체치수들은 하나의 요인으로 주로 설명되어 이들을 제거함으로써 요인 축소의 효과를 볼 수 있을 것으로 추정되었다. 본 연구의 인체데이터에서 제외된 기능적 인체치수들은 <Table 2>와 같다. 이 단계에서 제외된 것은 ‘앞으로 뺀은 주먹 수평 길이’, ‘전방 최고

도달높이’와 같이 도달 거리나, ‘목옆 허리둘레 선길이’와 같이 의복 설계와 관련된 기능적 인체치수들이다.

또한, 인체치수들 중 중복적인 것을 요인 분석에서 제외하기 위해 인체모델 생성에 꼭 필요한 인체치수를 선정한 후, 다중공선성 분석을 수행하였다. 먼저, 본 연구의 데이터에서 인체모델 생성에 꼭 필요한 인체치수는 Tecnomatix의 인체모델 생성과 관련된 변수들로 <Table 2>와 같이 선정되었다. Tecnomatix의 인체모델의 크기는 키와 몸무게로 기본적으로 설정되고, 상체의 너비 및 둘레 관련 인체치수들, 앉은 키, 손과 발 길이로 상세적으로 조정된다. 인체치수들은 그 특성상 상호 상관관계가 높는데, 요인분석을 통해 이를 통합하여 축소된 차원으로 대표 인체모델군을 생성하는 것이 본 연구의 접근법이다. 그러나, 특정 인체치수가 다른 인체치수들에 의해 높은 수준으로 설명되는 경우에는 해당 변수에 새로운 정보가 없는 중복(redundancy)이 발생하고 있다고 볼 수 있다. 따라서 요인 분석에 앞서 이러한 중복 변수를 판별하여 차원을 줄일 수 있다. 인체치수의 중복을 판별하기 위해 다중공선성 분석을 수행하였으며, 분산팽창요인(VIF, Variance Inflation Factor)값을 기준으로 5 이상의 값을 가진 치수들을 제외하였다. 단, 이때 인체모델에 있어서 필수적인 항목(Tecnomatix variable)에 해당하는 치수들은 대상에서 제외하였다. 또한 다중공선성의 특성을 고려하여 하나의 인체치수를 제외한 후에는 다시 다중공선성 분석을

Table 2. Functional and Tecnomatix Anthropometric Variables

Functional anthropometric variables		Tecnomatix anthropometric variables	
English	Korean	English	Korean
Forward Reach Fist Length	앞으로 뺀은 주먹 수평 길이	Height	키
Lateral Reach Fist Length(Right)	앞은 옆으로 뺀은 주먹 수평 길이(오른쪽)	Weight	몸무게
Lateral Reach Fist Length(Left)	앞은 옆으로 뺀은 주먹 수평 길이(왼쪽)	Chest Depth	가슴두께
Overhead Fist Reach	앞은 머리 위로 뺀은 주먹 높이	Chest Breadth	가슴너비
Unobstructed High Forward Reach	전방 최고 도달 높이	Waist Breadth	허리너비
Unobstructed Low Forward Reach	전방 최저 도달 높이	Sitting Height	앉은키
Unobstructed High Side Reach	측방 최고 도달 높이	Biacromial Breadth	앉은 어깨너비
Unobstructed Low Side Reach	측방 최저 도달 높이	Elbow-Wrist Length	아래팔 수평 길이
Knee clearance	무릎 간격	Hip Breadth, sitting	앉은 엉덩이 너비
Neck point to Breast Point to Waistline	목옆 허리둘레 선 길이	Foot Length	발 직선 길이
		Hand length	손 직선 길이
		Hand breadth	손 너비

Table 3. Elimination of Redundant Variables by Multicollinearity Analysis

Round	Eliminated Variable		VIF
	English	Korean	
1	Buttock-knee length	앉은 엉덩이 무릎 수평 길이	17.927
2	Shoulder height sitting	앉은 어깨높이	11.204
3	Eye height sitting	앉은 눈높이	10.393
4	Cervicale height sitting	앉은 목뒤높이	8.926
5	Arm length	팔 길이	7.667
6	Shoulder-elbow length	위팔 수직 길이	5.772

Table 4. Factor Analysis for 26 Anthropometric Variables

	Anthropometric variables(English)	인체치수
Factor 1	Shoulder-elbow length, height, buttock-popliteal length, elbow-wrist length, elbow-grip length, forearm-fingertip length, foot length, waist back length	위팔 수직 길이, 키, 앉은 엉덩이 오금 수평 길이, 아래 팔 수평 길이, 팔꿈치 주먹 수평 길이, 팔꿈치 손끝 수평 길이, 발직선 길이, 등 길이
Factor 2	Hand breadth, hand length, maximum hand breadth, wrist breadth, wrist circumference, biacromial breadth	손너비, 손직선 길이, 최대 손너비, 손목 너비, 손목둘레, 손바닥 직선길이, 앉은 어깨 너비
Factor 3	Chest depth, bust depth, waist breadth, weight, hip breadth sitting, abdominal depth, chest breadth	가슴두께, 젓가슴두께, 허리너비, 몸무게, 앉은 엉덩이 너비, 앉은 배 두께, 가슴너비
Factor 4	Elbow height sitting, axilla height sitting, sitting height	앉은 팔꿈치 높이, 앉은 겨드랑이 높이, 앉은키
Factor 5	Thigh clearance	앉은 넓다리 높이

수행하여 다음 인체치수를 선택하였다. 단계별 다중공선성 결과와 제외된 인체치수들은 <Table 3>과 같다.

기능 인체치수 및 상관성이 높은 인체치수를 제거한 후 요인 분석결과, 26개 항목의 인체치수 차원은 5개 요인의 차원으로 축소되었다. 이들 요인들에 의해 설명된 누적분산의 비율은 73.8%였다. 이들 요인들은 키와 상하지 길이 관련 인체치수, 손의 인체치수, 몸무게와 둘레 및 두께 관련 인체치수, 앉은키 관련 인체치수 등을 설명하는 것으로 나타났다. 하지만, 손의 인체치수 요인에 앉은 어깨너비가 포함되는 경우가 있었고, 여전히 요인의 수가 많았다.

3.3 인체치수의 3차 요인분석

추출된 요인의 수가 5개에 의한 최소 인체모델의 수가 32개로 여전히 많아, 설계에 이용될 현실적 인체모델의 수를 고려하여 요인의 수를 4개로 고정된 요인분석이 수행되었다. 분석결과(<Table 5> 참조), 4개의 요인은 전체분산의 69.7%를 설명하는 것으로 나타났다. 이들 요인들은 키와 상하지 길이 인체치수, 손 관련 인체치수들, 몸무게 및 인체 너비 및 두께 관련 인체치수들, 앉은 키 관련 인체치수를 설명하는 것으로 나타났다.

3.4 인체모델 생성

네 개 요인의 분석 결과로부터, 척수장애인의 대표 인체모델군이 Bittner(2000) 방법을 기반으로 개발되었다. 네 가지 요인으로 축소된 차원들은 베리맥스 방법에 의해 서로 독립적이었고, 이들 차원에 의한 인체데이터의 분포를 요인 점수(factor score)로 확인한 결과 모든 차원에서 모두 평균은 0, 표준편차는 1로 나타났다. 본 연구는 Bittner(2000) 방법에 따라 확인된 4 차원의 90% 수용 범위 경계를 하이퍼 직사각형(hyper-rectangular)의 각 꼭지점에 해당하는 점을 이용하여 대표 인체모델을 생성하였다. 이를 위해 사변량 표준 정규분포(quatro-variate standard normal distribution)에서의 90%를 수용하는 경계의 분포 중심으로 부터 거리를 자유도 4의 2 분포로부터 계산하여 각 꼭지점의 값

(1.3946)을 설정하였다. 그리고 이들 경계점과 요인적재 값을 식 (1)과 같이 곱하여 인체치수 별 표준 정규분포에서 해당 경계점의 표준화 값을 구하였다. 예를 들어 키의 표준화 값은 식 (2)과 같이 구한다. 이 후, 경계 점의 인체치수의 크기는 해당 인체치수의 평균과 표준편차를 이용하여 식 (3)과 같이 변환된다. 예를 들어 키는 식 (4)과 같이 구한다. 생성된 척수장애인 대표 인체모델군의 인체크기는 <Table 6>과 같다.

Table 5. Factor Loadings for Four Factor Analysis

Body dimension	F1	F2	F3	F4
Shoulder-elbow length	0.807	0.217	0.220	0.131
Height	0.752	0.301	0.222	0.345
Elbow-wrist length	0.710	0.381	0.272	0.098
Buttock-popliteal length	0.703	0.181	0.290	-0.023
Elbow-grip length	0.686	0.399	0.149	0.155
Forearm-fingertip length	0.638	0.453	0.081	0.124
Waist back length	0.611	0.056	0.158	0.209
Foot length	0.604	0.527	0.240	0.167
Thigh clearance, sitting	0.370	0.036	0.332	0.161
Hand breadth	0.253	0.842	0.171	0.153
Hand length	0.412	0.781	0.162	-0.061
Maximum hand breadth	0.269	0.768	0.101	0.082
Wrist breadth	0.197	0.750	0.268	0.266
Wrist circumference	-0.008	0.737	0.303	-0.027
Palm length	0.502	0.659	0.142	0.086
Biacromial breadth	0.364	0.491	0.389	0.256
Chest depth	0.097	0.238	0.836	-0.033
Bust Depth	-0.001	0.158	0.819	-0.074
Waist breadth	0.332	0.242	0.766	0.104
Weight	0.414	0.318	0.733	0.298
Hip breadth, sitting	0.290	0.039	0.733	0.139
Abdominal depth	0.398	0.262	0.634	0.072
Chest breadth	0.411	0.410	0.568	0.254
Elbow height, sitting	0.042	0.039	0.031	0.902
Axilla height, sitting	0.340	0.100	-0.032	0.826
Sitting height	0.191	0.179	0.232	0.746
Eigen value	12.25	2.35	2.07	1.45
Percent variation	0.47	0.09	0.08	0.06

Table 6. Body Sizes of Generated Human Models

	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Min.	Max
Shoulder-elbow length	369.5	362.2	357.2	349.9	357.4	350.0	345.1	337.7	369.5	292.6
Height	1848.4	1779.9	1804.3	1735.8	1788.5	1720.0	1744.4	1675.9	1848.4	1526.2
Elbow-wrist length	284.8	280.3	272.5	268.1	267.6	263.2	255.4	251.0	284.8	219.1
Buttock-popliteal length	508.6	510.6	482.8	484.8	492.5	494.5	466.7	468.8	510.6	404.4
Elbow-grip length	359.7	351.2	351.6	343.2	338.0	329.6	330.0	321.5	359.7	284.4
Forearm-fingertip length	486.7	477.5	480.7	471.4	452.9	443.6	446.9	437.6	486.7	390.0
Waist back length	540.7	510.8	518.2	488.2	532.8	502.8	510.2	480.2	540.7	393.0
Foot length	273.2	265.3	261.8	253.9	248.2	240.3	236.8	228.9	273.2	200.2
Thigh clearance, sitting	130.4	120.4	109.8	99.8	128.2	118.2	107.6	97.6	130.4	74.6
Hand breadth	94.9	92.7	92.5	90.3	82.7	80.5	80.3	78.1	94.9	74.4
Hand length	200.8	202.4	196.3	198.0	179.4	181.0	174.9	176.6	202.4	163.6
Maximum hand breadth	117.5	115.9	115.5	113.8	102.1	100.5	100.1	98.4	117.5	93.0
Wrist breadth	67.2	64.2	64.2	61.3	58.9	56.0	55.9	53.0	67.2	50.8
Wrist circumference	191.6	192.8	178.2	179.4	159.0	160.2	145.6	146.8	193.2	145.6
Palm length	120.1	118.5	117.5	116.0	108.2	106.7	105.6	104.1	120.1	95.1
Biacromial breadth	449.2	428.8	418.3	397.9	410.1	389.7	379.2	358.8	449.2	329.8
Chest depth	264.0	266.4	203.3	205.7	246.7	249.2	186.0	188.4	266.4	179.0
Bust Depth	264.0	269.3	204.5	209.8	252.5	257.8	193.0	198.3	269.4	193.0
Waist breadth	379.6	368.9	301.2	290.5	354.8	344.1	276.4	265.7	379.6	231.7
Weight	975.7	866.0	706.2	596.6	858.7	749.1	589.3	479.6	975.7	327.4
Hip breadth, sitting	419.5	407.3	355.3	343.1	416.0	403.8	351.9	339.7	419.5	314.4
Abdominal depth	336.5	327.7	259.2	250.5	304.6	295.8	227.3	218.6	336.5	170.1
Chest breadth	399.6	375.9	346.6	322.9	361.4	337.6	308.3	284.6	399.6	246.3
Elbow height, sitting	289.6	194.9	286.3	191.6	285.6	190.8	282.3	187.5	289.6	183.1
Axilla height, sitting	514.8	430.7	518.1	434.0	504.6	420.5	507.9	423.8	518.1	385.9
Sitting height	1008.4	868.8	965.0	825.3	975.0	835.3	931.5	791.9	1008.4	756.2
	Point 9	Point 10	Point 11	Point 12	Point 13	Point 14	Point 15	Point 16	Min.	Max
Shoulder-elbow length	324.4	317.0	312.1	304.7	312.2	304.9	299.9	292.6	369.5	292.6
Height	1698.8	1630.2	1654.7	1586.1	1638.9	1570.3	1594.8	1526.2	1848.4	1526.2
Elbow-wrist length	252.9	248.4	240.7	236.2	235.7	231.3	223.5	219.1	284.8	219.1
Buttock-popliteal length	446.2	448.2	420.5	422.5	430.1	432.2	404.4	406.4	510.6	404.4
Elbow-grip length	322.5	314.1	314.4	306.0	300.8	292.4	292.8	284.4	359.7	284.4
Forearm-fingertip length	439.1	429.9	433.1	423.9	405.3	396.0	399.3	390.0	486.7	390.0
Waist back length	453.5	423.5	430.9	401.0	445.5	415.5	422.9	393.0	540.7	393.0
Foot length	244.5	236.6	233.1	225.2	219.5	211.6	208.1	200.2	273.2	200.2
Thigh Clearance, sitting	107.4	97.4	86.8	76.8	105.2	95.2	84.6	74.6	130.4	74.6
Hand breadth	91.3	89.1	88.8	86.6	79.1	76.9	76.6	74.4	94.9	74.4
Hand length	189.5	191.1	185.0	186.7	168.1	169.8	163.6	165.3	202.4	163.6
Maximum hand breadth	112.1	110.5	110.1	108.4	96.7	95.1	94.7	93.0	117.5	93.0
Wrist breadth	65.0	62.1	62.0	59.1	56.7	53.8	53.8	50.8	67.2	50.8
Wrist circumference	191.9	193.2	178.5	179.8	159.4	160.6	146.0	147.2	193.2	145.6
Palm length	111.0	109.5	108.5	106.9	99.2	97.6	96.6	95.1	120.1	95.1
Biacromial breadth	420.2	399.8	389.3	368.9	381.1	360.7	350.2	329.8	449.2	329.8
Chest depth	257.0	259.4	196.3	198.7	239.7	242.1	179.0	181.4	266.4	179.0
Bust Depth	264.0	269.4	204.6	209.9	252.6	257.9	193.1	198.4	269.4	193.0
Waist breadth	345.6	334.9	267.2	256.5	320.8	310.1	242.4	231.7	379.6	231.7
Weight	823.4	713.8	554.0	444.3	706.5	596.9	437.0	327.4	975.7	327.4
Hip breadth, sitting	394.1	381.9	330.0	317.8	390.7	378.5	326.6	314.4	419.5	314.4
Abdominal depth	288.0	279.2	210.7	202.0	256.1	247.3	178.8	170.1	336.5	170.1
Chest breadth	361.2	337.5	308.2	284.5	323.0	299.3	270.0	246.3	399.6	246.3
Elbow height, sitting	285.2	190.4	281.9	187.1	281.1	186.4	277.8	183.1	289.6	183.1
Axilla height, sitting	480.2	396.0	483.5	399.3	470.0	385.9	473.3	389.2	518.1	385.9
Sitting height	972.8	833.1	929.3	789.7	939.3	799.6	895.8	756.2	1008.4	756.2



Figure 1. Visualization of 16 Human Body Models Using Tecnomatix Human Models

Standardized value vector of body dimensions (26×1)
at each point = factor loading matrix (26×4)
• factor score vector (4×1)

예) Standardized valued of height at point 1
= 0.752×1.3946 + 0.301×1.3946 + 0.222×1.3946
+ 0.345×1.3946 = 2.259

Height at point 1 = average of height + standardized value
×SD of height

예) Height at point 1 = 71.319 + 2.259 × 1687.3 = 1848.4

생성된 16개 인체모델들을 Tecnomatix 인체모델 모듈로 가시화한 결과는 <Figure 1>과 같다. 이들 16개 인체 모델들은 키와 몸무게, 그리고 가슴두께로 성별이 구분되었다. 각 인체모델은 2003년 SizeKorea 데이터베이스를 기반으로 키, 몸무게, 어깨너비, 손 길이, 발 길이 등의 치수를 입력하여 생성되었다. 가시화 결과 다양한 크기의 척수 장애인 모델이 생성되었음을 볼 수 있다.

4. 수용률 분석

본 연구는 척수장애인 인체치수 데이터의 90% 수용률(accommodation rate)을 갖도록 대표 인체모델군을 생성하였으므로,

(1) 이들이 인체치수 데이터의 90%를 포함하는지 분석하였다. 수용률은 척수장애인 인체치수 데이터의 전체 78명 중 Table 6 인체모델군의 26 개 인체치수의 최소와 최대 범위 내에 있는 경우의 비율로 산출된다.

(2) 수용률 분석 결과는 <Table 7>의 두번째 열과 같이 척수장애인 데이터 78명 중, 대표 인체모델군의 26개 인체치수 최소-최대 범위 내에 모두 있는 경우의 수는 33명에 불과하고 수용률은 42%로 나타났다. 이는 일반인의 인체모델군 생성에 주로 사용된 Bittner(2000)의 방법에 의한 본 연구의 인체모델군이 목표 수용률을 만족하지 않음을 나타낸다. 반면 만족해야 하는 인체치수 최소-최대 범위의 수를 25개로 줄였을 경우, 이 범위를 모두 만족하는 척수장애인 수는 56명으로 수용률은 72%로 증가하였다. 이와 같이 기준을 좀더 완화해 최소-최대 범위를 23개로 줄일 때, 경우의 수는 69명으로 수용률은 88%로 목표 수용률에 근접하였다.

<Table 8>은 척수장애인 데이터 78명 중 생성된 인체모델군의 인체치수 최소-최대 범위의 밖에 존재하는 경우의 수와 수용률을 인체치수별로 나타낸 것이다. 이는 생성된 인체모델군의 최소-최대 범위가 척수장애인 데이터를 얼마나 포함하는지를 인체치수별로 볼 수 있다. 키, 몸무게의 인체치수 측면에서 인체모델 최소-최대 범위 밖에 존재하는 척수장애인의 수는 1명으로 매우 작은 반면, 등길이, 앉은넙다리높이, 앉은엉덩이 오금수평길이 측면에서는 인체모델 최소-최대 범위 밖에 존재하는 척수장애인의 수가 9명 이상으로 상대적으로 많음을 볼 수 있다. 이는 이들 인체치수에서 척수장애인들의 다양성이 큼을 나타낸다.

Table 7. Accommodation Analysis

Anthropometric variables in min-max range of human models	26	25	24	23	22
Number of cases	33	56	63	69	71
Accommodation rate	0.42	0.72	0.81	0.88	0.91

Table 8. Number of Cases Outside Accommodation Range for Each Body Dimension

Body dimension	# of cases outside accommodation range	Accommodation rate	Body dimension	# of cases outside accommodation range	Accommodation rate
Height	1	0.99	Elbow-grip length	2	0.97
Weight	1	0.99	Abdominal depth	4	0.95
Chest depth	6	0.92	Thigh clearance	9	0.88
Bust depth	8	0.90	Axilla height sitting	6	0.92
Chest breadth	2	0.97	Hip breadth sitting	5	0.94
Waist breadth	3	0.96	Buttock-popliteal length	9	0.88
Waist back length	11	0.86	Foot length	3	0.96
Sitting height	4	0.95	Hand length	4	0.95
Biacromial breadth	2	0.97	Palm length	5	0.94
Elbow-wrist length	3	0.96	Hand breadth	3	0.96
Shoulder elbow length	4	0.95	Maximum hand breadth	7	0.91
Elbow height sitting	7	0.91	Wrist breadth	3	0.96
Forearm-fingertip length	5	0.94	Wrist circumference	3	0.96

5. 토론 및 결론

본 연구는 척수장애인의 인체 크기를 고려한 설계를 위해 이들을 대표하는 인체모델군을 생성하였는데 의의를 갖는다. 기존의 척수장애인을 위한 설계 관련 연구들은 설계와 관련된 인체치수 측정값의 특정 백분위수를 독립적으로 적용하여 경기용 의자 또는 휠체어를 설계하였다(Jung *et al.*, 2010; Yi *et al.*, 2010). 그러나 이의 일변량적 설계 방법은 인체의 다양성으로 인해 설계가 원하는 목표 인구의 수용률을 만족하지 못하는 문제를 갖는다. 본 연구의 대표 인체모델군을 이용한 설계는 다변량적인 설계 방법으로 이의 문제점을 해결할 수 있다.

본 연구의 척수장애인 인체치수 데이터에 대한 요인분석은 일부 인체치수를 제외하고도 5개의 비교적 많은 요인들 도출하였다. 다섯 개의 요인은 키와 상하지 길이 관련 인체치수, 손의 인체치수, 몸무게와 둘레 및 두께 관련 인체치수, 앉은키 관련 인체치수 등을 설명하는 것으로 나타났다. Kim and Hwang (1997)은 한국 정상인 인체치수 데이터를 이용하여 대표 인체모델군 생성하기 위해 요인분석을 수행하였고 그 결과 3 개 요인을 도출하였다. 이들 요인들은 키와 높이 및 길이 인체치수, 몸무게와 두께 및 너비 인체치수 그리고 앉은키와 관련 높이 인체치수를 설명하였다. 이의 인체치수 분류는 인체치수의 계층적 추정을 한 You and Ryu(2005)의 인체치수 분류와 비슷하다. Park *et al.*(2014)은 휠체어 장애인인 장시간의 휠체어 사용으로 팔과 어깨, 가슴이 발달하여, 목둘레, 가슴둘레, 위팔둘레, 어깨너비, 팔길이 등이 비장애인보다 크다고 하였다. 반면, 허반신의 경우 넓다리둘레, 넓다리중간둘레, 장딴지최대 둘레, 다리가쪽길이는 비장애인 보다 작은 것으로 파악되었다. 따라서 요인분석에서 척수장애인 인체치수 데이터의 복잡한

특성을 표현하기 위해 보다 많은 요인의 수가 필요한 것으로 사료된다.

본 연구의 척수장애인의 대표 인체모델군 생성은 농업에 장애인의 참여를 지원하는 농업장비 설계를 위해 이루어졌으나, 농업장비가 한정되지 않아 주로 정적인 인체치수를 이용하여 외형적으로 측면에서 인체모델이 생성된 한계를 갖는다. 설계의 대상이 정해지지 않아, 본 연구는 외형적인 3차원 인체모델 개발을 위해 다양한 성질의 인체치수가 모두 포함된 데이터 중, 기능적 인체치수와 다중공선성이 높은 인체치수도 제외하였다. 따라서 본 연구의 인체모델은 척수장애인의 외형적 대표일 뿐 기능적 치수를 대표하지 못하는 한계를 갖는다.

본 연구는 제품 설계에 인체모델들을 현실적으로 이용하기 위해 요인의 수를 4개로 한정하고 각 요인에서 수용률에 따른 두 극점을 모두 조합하여 16개 인체모델을 생성하였다. 본 연구의 16개 인체모델들은 4차원 상에서 인구 수용 범위 경계선 생성 방법으로 가장 적게 생성할 수 것으로, 90% 수용률을 나타내는 하이퍼 직사각형의 각 꼭지점을 이용하여 생성되었다. 설계의 대상이 한정되고 그에 따라 과련 인체치수가 적어진다면, 보다 적은 요인이 도출되어 타원형 수용 경계의 점들을 이용한 것과 같이 다양한 방법으로 인체모델들의 생성이 가능하다.

수용률 분석결과 <Table 7>과 같이 생성된 인체모델의 26개 인체치수의 범위를 모두 만족하는 척수 장애인의 비율(0.42)은 척수장애인의 인체의 다양성으로 인해 목표 수용률(0.9)을 크게 밑돌았다. 이는 Bittner(2000)의 방법이 인체치수의 다양성이 큰 장애인을 대표하는 인체모델 생성에 적합하지 않을 수 있음을 나타낸다. 하지만 본 연구의 수용률 분석과 같이 인체치수 다양성이 큰 변수를 일부 제외하면 인체모델의 수용률이 목표에 근접하였다. 본 인체모델군의 낮은 수용률은 이용된 인체치수의 수가 비교적 많은 것이 한 원인일 수 있다. 특히

인체 다양성이 큰 척수장애인의 경우 인체치수간 상관성이 낮아 26개 모든 인체치수의 범위를 모두 만족하는 경우는 기대보다 매우 작았다. 척수 장애인의 경우 장시간의 휠체어 사용으로 앉은 넓다리 높이, 앉은 엉덩이 오금 수평 길이 등과 같이 하체의 크기가 예외적으로 특이한 경우가 다수 있었고, 등길 이도 키에 비례하지 않고 예외적으로 특이한 경우가 다수 있었다. 다른 원인으로는 본 연구에 사용된 인체치수 데이터의 수가 매우 부족하다는 것을 들 수 있다. 정상인에 비해 장애인의 인체치수 측정에는 시간과 노력이 크게 소요되는 한계상 본 연구에서 사용된 척수장애인의 인체치수 데이터의 수가 매우 적었다.

본 연구는 척수장애인들을 위한 농작업 도구의 인체측정학적 설계에 사용되는 대표 인체모델을 생성하였다. 16개 모델이 포함된 대표 인체모델군은 척수장애인의 인체치수 측정 데이터를 기반으로 인구 수용 범위 경계선 생성 방법을 적용하여 개발되었다. 개발된 인체모델군은 완화된 수용률 분석결과 척수장애인의 인체치수 측정 데이터의 약 90%의 수용률을 나타내었다. 본 연구가 제시하는 척수장애인 인체모델군은 농업 환경 및 농업 장비와 함께 컴퓨터상에 그래픽 디지털 모델로 표현되어 농업장비의 문제점 파악 및 장애인을 위한 농업 장비의 인체측정학적 설계에 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- Bittner, A. C. (2000), A-CADRE: Advanced family of manikins for workstation design, *Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress*. San Diego, CA, 774-777.
- Chun, Y. H., Park, H. W., and Kim, H. J. (2019), Study on factors affecting employment continuation of employees with serious disabilities, *Basic Project Report*, 2019. Dec, 1-118.
- Employment Development Institute (2020), *한 눈에 보는 2020 장애인 통계*, Korea Employment Agency for Persons with disabilities.
- Haslegrave, C. M. (1986), Characterizing the anthropometric extremes of the population, *Ergonomics*, **29**(2), 281-302.
- Hong, S. T., Son, B. C., Park, Y. J., and Yook, J. H. (2021), Development of measurement items for human body dimensions, range of motion, and muscle strength for the disabled with lower extremity paraplegia, *Journal of Rehabilitation*, **25**(1), 1-16.
- Hong, Y. G. and Baek, S. M. (2021), Press release (http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/8/2/index.board, 2021. 4. 27), *Census of Agriculture, Forestry and Fisheries*, Statistics Korea.
- Jung, J. H., Im, D., and Kim, Y. H. (2019), 2020~2025 Agricultural labor demand forecast, *Journal of Rural Development*, **42**(4), 47-67.
- Jung, K., Kim, H., Lee, N., Jeon, K., Won, B., and Hong, J. (2010), Anthropometric evaluation and design of wheelchair, *Proceeding of the Ergonomic Society of Korea Conference*, 128-131.
- Jung, K. and You, H. (2007), Evaluation of a representative human model generation method for anthropometric design: Grid approach, *Journal of the Ergonomic Society of Korea*, **26**(1), 103-109.
- Korea Employment Agency for the Disabled (2018), 2018 Survey on the employment status of people with disabilities.
- Korea Employment Agency for the Disabled (2019), 2018 Panel survey of employment for the disabled.
- Kim, J. H. and Whang, M. C. (1997), Development of a set of Korean manikins, *Applied Ergonomics*, **28**(5), 407-410.
- Kim, M. J. and Choi, J. H. (1997), A study for farmers to reduce work load on the different working conditions (II) - Cultivating welsh onion in the summer ground, *The Korean Journal of Community Living Science*, **8**(2), 119-124.
- Kim, S. S. (2018), Influential factors on job retention of physically challenged person, *Disability & Employment*, **28**(4), 67-86.
- Ko, S. B. (2012), Work-related diseases and injury of Korean farmer: causes, epidemiology, and countermeasure, *Journal of the Korean Medical Association*, **55**(11), 1044-1045.
- Lee, C. G. (2012), Work-related musculoskeletal disorders in Korean farmers, *Journal of the Korean Medical Association*, **55**(11), 1054-1062.
- Park, K., Park, J., Yang, C., Jeon, E., and You, H. (2014), Development of a sizing system of mass-customized clothing for wheelchair users: men's suit sizes, *Fashion and Textile Research Journal*, **16**(4), 625-634.
- Pheasant, S., and Haslegrave, C. M. (2006), *Body Space* (3rd Ed.), CRC Press, NW.
- Ryu, T., Jung, I., You, H., and Kim, K. (2003), Development and application of a generation method of human models for ergonomic product design in virtual environment (written in Korean), *IE Interfaces*, **16**(special edition), 144-148.
- Yook, J. H., Kong Y. G., and Ryu, T. (2020), *An establishment of equipment design criteria and suitability evaluation for agricultural work regarding vulnerable social groups such as people with disabilities* (PJ0153132020). Retrieved from Agriculture Science Technology Information System (<http://atis.rda.go.kr/rdais/reportYear/reportYearWrite.vw>).
- You, H. and Ryu, T. (2005), Development of a hierarchical estimation method for anthropometric variables, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **35**(4), 331-343.
- Yi, J., Kim, Y. H., Han, H., Whang, S., and Park, S. (2018), Sport wheelchair design considering anthropometry of the Korean disabled and biomechanical aspects, *Proceeding of the Ergonomic Society of Korea Conference*, 221-228.

저자소개

김태구 : 서울대학교 산업공학과에서 2002년 학사, 2013년 박사 학위를 취득하였다. 2015년부터 한밭대학교 산업경영공학과 부교수로 재직하고 있다. 주요 연구분야는 수요예측, 확산모형, 데이터분석, 경제성평가, 국방과학 등이다.

류태범 : 포항공과대학교 산업경영공학과에서 1998년 학사, 2000년 석사학위를 취득하고 동대학교에서 2006년 산업경영공학 박사학위를 취득하였다. 2007년부터 한밭대학교 산업경영공학과 교수로 재직하고 있다. 연구분야는 감성공학, 사용자경험 디자인 등이다.