Regular paper | Journal of the KIECS. pp. 1455-1464, vol. 19, no. 6, Dec. 31. 2024, t. 128, pISSN 1975-8170 | eISSN 2288-2189
http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2024.19.6.1455

칼로리 소모량 분석을 통한 체형 변화 예측 시스템

김정환* · 문미경**

A System for Predicating Body Shape Changes Through Calorie Consumption Analysis

Jeong-Hwan Kim* · Mi-Kyeong Moon**

요 약

첨단 기술 발전으로 개인 맞춤형 건강 관리 솔루션에 대한 수요가 높아지고 있으며, 이를 통해 보다 효과적이고 지속 가능한 건강 관리가 가능해졌다. 현재 제공되는 건강 관리 앱은 운동데이터와 식습관 데이터를 분리하여 제공하는 경향이 있다. 본 연구에서는 개인의 식습관과 운동데이터를 같이 분석하여 칼로리 축적 및 소모를 예측하고, 사용자의 신체 각 부위 치수를 예측하여 3D 모델링을 제공함으로써 건강 관리에 필요한 시각적 정보를 제공하는 시스템을 제안한다. 이를 통해 사용자는 자신의 건강 관리 상태를 보다 효과적으로 모니터링할 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT

The demand for personalized health management solutions has been increasing with the advancement of technology, enabling more effective and sustainable health management. Current health management apps tend to provide exercise data and dietary data separately. This study proposes a system that analyzes individuals' dietary habits and exercise data together to predict calorie accumulation and consumption, and provides 3D modeling based on predicted body measurements to deliver visual information necessary for health management. This is expected to allow users to monitor their health management status more effectively.

키워드

Personalized Health Management, Calorie Expenditure Calculation, 3D Modeling, Exercise Data Analysis
개인 맞춤형 건강 관리, 칼로리 소모 계산, 3D 모델링, 운동 데이터 분석

Ⅰ. 서 론

최근 식습관의 변화와 신체 활동 감소로 인해 전 세계적으로 비만 인구가 급증하고 있다. 세계보건기구(WHO)는 2018년 ICD-11 개정을 통해 비만을 공식적으로 질병으로 분류하였으며, 이는 과도한 지방 축적이 건강에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 반영한 것이다. 비만은 고혈압, 뇌졸중, 암, 제2형 당뇨병 등의 비전염성 질환 발생을 촉진할 수 있는 중요한 요인으로 작용한다[1]. 이로 인해 현대 사회에서는 개인의 건강

* 동서대학교 학부연구원(wjdghks3431@naver.com)
** 교신저자 : 동서대학교 소프트웨어학과
· 접 수 일 : 2024. 09. 24
· 수정완료일 : 2024. 11. 02
· 게재확정일 : 2024. 12. 12
· Received : Sep. 24, 2024, Revised : Nov. 02, 2024, Accepted : Dec. 12, 2024
· Corresponding Author : Mi-Kyeong Moon
Dept. Software, Dongseo University,
Email : mkmoon@dongseo..ac.kr

관리 중요성이 더욱 강조되고 있다. 건강한 생활습관을 유지하면 만성 질환을 예방하고 전반적인 삶의 질을 향상할 수 있다. 특히 첨단 기술의 발전과 함께, 개인 맞춤형 건강 관리 솔루션에 대한 수요가 급증하고 있어 개인의 건강 상태와 선호도를 반영한 효과적이고 지속 가능한 건강 관리 방안이 많이 나오고 있다[2].

운동 데이터 수집 기술은 웨어러블 기기를 통해 매우 주목받고 있다. 웨어러블 기기는 실시간으로 사용자의 심박수, 칼로리 소모량, 운동 강도 등 다양한 데이터를 수집할 수 있고, 사용자의 신체 상태를 더욱 정확하게 반영할 수 있다[3]. 이러한 데이터를 기반으로 맞춤형 피드백과 조언을 제공하여 사용자가 보다 효과적으로 운동을 계획하고 실행할 수 있다. 그러나 기존의 운동 관리 시스템은 데이터 수집과 이를 단순히 숫자 또는 그래프로 모니터링 하는 것에 초점을 두고 있어 사용자에게 지속적인 운동 동기를 부여하지 못하는 경향이 있다. 또한 현재 대부분의 헬스 앱에서는 주로 운동 데이터와 식습관 데이터를 각각 다루고 있다. AI 기반 3D 체형 모델링 기술을 헬스케어 분야에 적용하면 기존의 운동 관리 시스템이 가지는 한계를 극복하는데 큰 도움이 된다. 웨어러블 기기와 AI 모델을 결합하면, 단순히 운동 데이터와 식습관 데이터를 수집하고 모니터링하는 것을 넘어, 사용자의 체형 변화를 실시간으로 예측하고 시각화할 수 있다[4]. 이를 바탕으로 사용자의 체형 변화를 예측할 수 있다면, 사용자가 자신의 목표에 맞는 운동 계획과 식사 습관을 개선하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다.

하루 칼로리 계산은 하루 운동을 통한 소모 칼로리와 하루 동안 섭취한 음식의 섭취 칼로리를 함께 계산하여 하루 동안 소모한 칼로리를 측정하고, 소모된 칼로리를 축적함으로써 체중 감소 기준 소모 칼로리를 예측하는데 사용할 수 있다. 기존의 체질량지수(Body Mass Index, BMI)는 키와 체중으로 간략히 계산할 수 있지만, 이를 통해 비만도를 예측하는 데는 한계가 있다[5]. 즉, 근육량 증가로 인해 무게가 증가할 수도 있으므로 허리둘레와 같은 추가 지표를 고려하여 비만도를 보다 정확하게 예측할 필요가 있다. 이를 통해 정확한 비만도 예측과 신체 모형 개발에 기여할 수 있다.

본 논문에서는 개인의 운동데이터와 식섭취 데이터를 분석하여 칼로리 소모를 계산하고, 사용자의 신체 각 부위 치수를 예측하여 3D 모델링을 제공함으로써 건강 관리에 필요한 시각적 정보를 제공하는 시스템의 개발 내용에 관해 기술한다. 이를 통해 사용자는 자신의 체형 변화를 보다 효과적으로 확인할 수 있음으로써 건강 관리를 지속적으로 유지하게 될 것으로 기대할 수 있다.

II. 관련 연구

2.1 웨어러블 디바이스를 통한 운동 데이터 수집

웨어러블 디바이스는 신체에 착용, 부착, 삽입하여 정보를 입력하고 출력 및 처리하는 스마트 기기를 의미한다. 웨어러블 기기의 출하량은 매년 증하고 있으며, 사람들의 일상생활에 점점 더 밀착되고 있다. 이를 활용하여 메타버스 캐릭터에 반영하는 새로운 기술도 등장하고 있다[6]. 최근에서는 전문적인 의료 서비스를 제공하는 고급형 스마트워치의 개발로 질적인 성장이 함께 이루어지고 있다. 특히. 심전도, 혈압, 혈중 산소포화도 측정 등의 건강 관리 기능을 제공하며, 일부 기능은 의료기기(모바일 의료용 앱)로 허가받은 제품도 있다. 이러한 생체 신호를 수집하고 관리할 수 있음에 따라 운동량측정 생체 신호를 빅데이터 기반으로 저장하고 분석 수 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 스마트워치를 활용하여 건강 관리를 하는 소비자가 늘어나고 있다[7].

연구 [8]에서는 소비자에게 객관적인 제품 선택 정보를 제공하기 위해 소비자 선호도가 높은 스마트워치 8개 브랜드, 8개 제품을 종합적으로 시험・평가한 내용에 대해 기술하고 있다. 시험 결과, 제품별로 운동량 측정 정확도, 배터리 사용 시간 등의 핵심 성능의 차이가 있어 사용하는 용도와 제품 가격을 고려하여 제품을 선택해야 함을 알 수 있다. 스마트워치의 주요 기능에는 심전도 측정, 혈압 측정, 낙상 감지, 체성분 측정, 여성 건강 추적, SOS 발송, 코골이 감지, 칼로리 소모량, 수면 분석, 혈중 산소포화도 측정, 피부 온도 측정 등이 포함된다. 본 연구에서는 운동량 관리에 적합한 스마트 워치로 삼성 갤럭시 워치4를 선정하여 측정을 진행하였다. 갤럭시 워치4는 심박수, 걸음수, 운동 거리 측정의 정확도가 높고, 수영, 요가, 사이클 등 다양한 운동 모드와 분석 기능을 제공하여 운동량 관리에 우수한 성능을 보인다.

2.2 인체치수 데이터 및 활용

국가기술표준원에서는 2020년에 개발된 "제8차 한국인 인체치수 측정조사 프로토콜"에 근거하여, 인체치수 결과의 효율성과 신뢰성을 높여 산업기반 구축을 위한 기초자료를 제공한다[9]. 직접 측정은 마틴 인체 측정도구, 체성분 분석기 등 직접 측정도구를 이용하며, 3차원 측정은 전신스캐너, 발스캐너, 손스캐너의 3종의 인체 형상 측정용 스캐너를 이용하여 측정한다. 8차에서는 추가로 3차원 측정법과 직접 측정법의 상관성을 검토하고자 서울과 수도권 지역에서 남성 1,251명과 여성 1,547명을 대상으로 두 측정을 병행하여 수행하였다. 측정한 항목은 키, 몸무게, 가슴둘레, 허리둘레 등을 포함한 138개의 항목이다. 연구[10]에서는 치수데이터를 이용하여 성별과 나이에 따른 군집별 비지도 학습을 진행하고 이를 CNN으로 분류하는 모델을 제안한 연구도 존재한다. 본 논문에서는 시각적으로 모델의 외형을 변화시키는 10개의 항목(키, 허리둘레, 팔 길이, 가랑이 길이, 목둘레, 가슴둘레, 허벅지둘레, 허리 높이, 엉덩이둘레, 어깨너비)에 대한 인체치수 데이터를 사용한다.

2.3 칼로리 소모량 분석

체중 관리를 위해서는 하루에 필요한 열량을 정확히 계산하는 것이 중요하다. 하루에 섭취해야 할 열량은 식(1)로 계산할 수 있다.

$$\text{하루에 섭취해야 할 열량 } (kcal) = \frac{\text{체중 } (kg)}{0.45} \times 15 \cdots (1)$$

체중을 줄이기 위해서는 목표 체중에 따라 섭취 열량을 조절하거나 운동량을 늘려 조절해야 한다. 연구[11]에 따르면 1kg의 체중감량을 위한다면 약 7,000kcal의 음식물 섭취를 줄여야 한다. 급작스러운 체중감소는 몸에 무리를 줄 수 있으므로 보통 일주일에 0.5kg 정도의 감량을 권장한다. 0.5kg은 3,500kcal를 줄여야 하므로 하루에 500kcal 정도의 열량을 조절하여 하루 섭취량을 계산한다.

III. 시스템 개발

그림 1은 본 논문에서 제안하는 시스템의 개념도이다. 사용자는 자신의 신체정보를 입력한다. 이 정보를 사용하여 3D모델의 인체 체형이 생성된다. 사용자의 웨어러블 디바이스를 통해 운동 데이터가 기록된다. 사용자가 섭취한 음식은 직접 등록하여 기록한다. 시스템은 등록된 운동 및 음식 데이터를 통해 칼로리 소모량을 계산하며, 총 소비 칼로리가 7,000kcal에 도달할 때마다 사용자의 몸무게가 줄어드는 것으로 계산한다. 몸무게의 증감소가 발생할 때마다 신체 치수에 맞는 3D 모델 인체 체형이 변화된다. 최종적으로 사용자가 현재 진행하고 있는 칼로리 소모량을 기준으로 앞으로 변화될 본인의 모습을 볼 수 있다.

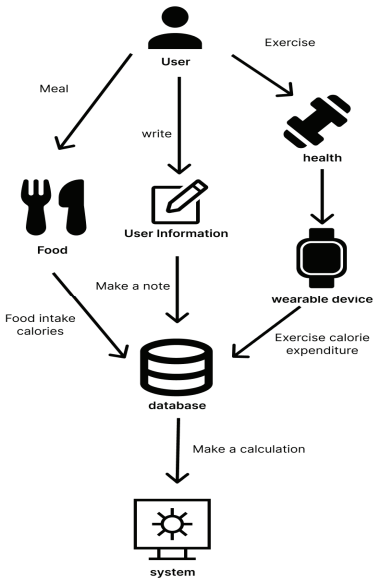

그림 1. 시스템 개념도
Fig. 1 System Conceptual Diagram

3.1 3D 인체 모델 설계

본 논문에서는 사실적인 인체 체형 및 포즈 모델을 위해 Meshcapade 사에서 개발한 인체 검출 오픈소스 SMPL(Skinned Multi-Person Linear)_body를 사용한다. SMPL_body는 그림 2와 같이 24개의 관절점을 조절하는 것으로 체형의 사실적인 변화를 지원할 수 있는 인체의 3D 모델이다.

그림 2. SMPL_body의 랜드마크
Fig. 2 Landmark Of SMPL_body

본 연구에서는 Unity에서 [1]SMPL 모델을 사용하여 사용자의 체형을 표현한다. [2]Unity는 2D 및 3D 애플리케이션과 게임을 개발할 수 있는 실시간 개발 플랫폼으로, 다양한 플랫폼에서 작동하는 고성능 콘텐츠를 제작할 수 있도록 돕는 도구이다. Unity에서 체형을 변화시키기 위해서는 SMPL Blendshapes(스크립트) 구성요소들을 변경해야 한다. 이 구성요소들은 수천 명의 사람을 대상으로 한 3D 스캔을 통해 학습한 모양 변형의 주요 구성요소이다. 본 연구에서는 인체의 신장, 뚱뚱한 정도, 가슴둘레, 배가 나온 정도 등 외관상의 표현을 위해 표 1과 같이 10개 항목(신체 부위)에 대해 Unity에서 치수 데이터를 대입하여 체형을 변형할 수 있도록 한다.

3.2 웨어러블에 기록된 운동 칼로리 값 추출

웨어러블 디바이스는 사용자의 일상적인 신체 활동을 모니터링하며, [3]헬스 커넥트를 통해 다양한 데이터를 수집 할 수 있다. 본 논문에서는 소모된 칼로리를 계산하기 위해 활동 칼로리(Active Calories)와 총 소모 칼로리(Total Calories Burned) 데이터를 수집하고 기록한다.

1) https://smpl.is.tue.mpg.de/
2) https://unity.com
3) https://health.google/health-connect-android/

표 1. 신체 부위 인덱스
Table 1. Index Of Body Parts

Body Parts	
height	shoulder width
waist circumference	thigh circumference
arm length	waist heigth
crotch length	hip circumference
the circumference of the neck	the circumference of the chest

3.3 식사량에 따른 축적 칼로리 값 추출

AI허브(AI Hub)[4] 사이트에서는 다양한 음식 종류에 대한 영양소와 칼로리 데이터를 제공한다. 본 연구에서는 AI허브에서 제공하는 음식 칼로리 데이터를 활용하여 사용자가 섭취한 음식의 칼로리를 계산하고, 이를 통해 일일 칼로리 균형을 산출한다.

본 시스템에서는 사용자가 섭취한 음식의 이름과 양을 입력하면, 데이터베이스에서 해당 음식의 칼로리 값을 자동으로 조회하여 총 섭취 열량을 계산하게 된다. 이 값은 칼로리를 축적시키는 값으로 체중 변화 분석에서 활용된다.

3.4 체중 변화량 계산식

체중 변화량은 하루 섭취 열량과 운동으로 인한 소비 열량을 반영하여 계산할 수 있다. 본 논문에서는 일주일 단위로 체중 변화를 예측하기 위해 다음과 같은 알고리즘을 사용한다. 먼저, 하루 열량 변화($\Delta kcal$)는 식(2)와 같이 계산한다.

$$\Delta kcal = (\text{섭취열량} - \text{기초대사율}) - \text{운동으로 소모한 열량} \quad \cdots (2)$$

주간 열량 변화는 일주일 동안의 하루 열량 변화를 누적하여 식(3)와 같이 계산한다.

$$\Delta kcal(week) = \sum_{i=1}^{7} \Delta kcal_i \quad \cdots (3)$$

체중 변화는 열량 변화로 결정되며, 7,000kcal가 1kg의 체중 변화를 일으킨다.

4) https://www.aihub.or.kr/aihubdata/data/view.do?currMenu=&topMenu=&aihubDataSe=data&dataSetSn=74

$$\Delta 체중(week) = \frac{\Delta kcal(week)}{7000} \quad \cdots (4)$$

목표 체중 도달 예상 기간은 현재 체중과 목표 체중의 차이를 주간 체중 변화로 나누어 식(5)와 같이 계산한다.

$$목표체중도달예상기간(주) = \frac{현재\ 체중 - 목표\ 체중}{\Delta 체중(week)} \quad \cdots (5)$$

3.5 K-means 알고리즘을 통한 치수 예측

본 논문에서는 사용자의 체형 변화를 고려한 모델을 만들기를 위하여 제8차 한국인 인체치수 측정조사 결과 자료를 사용한다. 이는 연령별 총 5,092명(남성 2,319명 여성 2,773명)에 대한 자료이다. 사용자가 입력한 기본값(키, 몸무게, 허리둘레)을 바탕으로 BMI(Body Mass Index)를 측정하고, K-means 알고리즘을 활용하여 5,000개의 치수 데이터를 통해 이에 근접한 치수를 예측한다. K-means 알고리즘은 간단하면서도 빠른 계산 속도를 제공하는 장점이 있어 본 연구에 선택되었다. 다른 군집화 알고리즘은 밀도 기반 클러스터링(DBSCAN)은 밀도 기반 클러스터링을 통해 비선형 구조를 포착할 수 있는 장점이 있지만, 연산 비용이 높아 대규모 데이터에서는 비효율적일 수 있다. 또한, 계층적 군집화(Hierarchical Clustering)는 클러스터의 계층 구조를 시각적으로 제공할 수 있지만, K-means에 비해 계산이 복잡하고 시간이 더 많이 소요된다. 이에 반해, K-means는 군비 수가 명확히 정의된 경우 빠르고 안정적인 성능을 제공하며, 인체치수 데이터를 효과적으로 분류할 수 있다. 이 접근 방식은 사용자의 체형을 더욱 정확하게 예측하고 치수 값들을 제공하는 데 중점을 둔다. K-means 알고리즘은 다음과 같은 단계로 진행된다. BMI 기준을 4개의 중심점으로 설정한다. 각 데이터 포인트는 가장 가까운 중심점에 할당된다. 유클리드 거리 계산을 통해 각 데이터 포인트가 가장 가까운 클러스터로 배정된다. 각 클러스터의 중심점을 해당 클러스터 내 데이터 포인트들의 평균값으로 재설정한다. 클러스터 할당과 중심점 재계산 단계를 클러스터가 더이상 변하지 않을 때까지 반복한다. 최종적으로 각 클러스터는 비슷한 특성을 가진 데이터 포인트들의 집합이 된다.

수식으로 표현하면 다음과 같다. i번째 클러스터의 중심을 μ, i클러스터에 속하는 점의 집합을 S_i라고 할 때, 전체 분산 V는 식(6)과 같이 계산된다.

$$V = \sum_{i=1}^{k} \sum_{x_j \in S_i} | x_j - \mu_i |^2 \quad \cdots (6)$$

이 값을 최소화하는 S_i를 찾는 것이 알고리즘의 목표가 된다. 입력된 기본값에 가장 유사한 3개의 데이터 포인트를 선택한다. 이를 위해 유클리드 거리 기준으로 가장 가까운 데이터 포인트들을 식별한다. 선택된 클러스터 내의 데이터 포인트들로부터 평균값을 계산하여 최종 치수 값들을 예측한다. 이는 각 클러스터에 있는 데이터 포인트들의 무게중심을 계산하는 것과 유사하다. 최종적으로, 예측된 치수는 사용자의 체형을 보다 정확하게 반영할 수 있다. 이 평균값을 기반으로 맞춤형 3D모델링을 제공한다.

Ⅳ. 모델 평가 및 연구 결과

4.1 Flutter를 활용한 애플리케이션 구현

본 논문에서는 사용자가 운동과 섭취한 음식들의 칼로리를 기록하고, 이를 통해 목표하는 몸무게를 실현하는 과정을 도와주는 애플리케이션을 Flutter를 사용하여 구현한다. Flutter[5]는 구글에서 개발한 오픈 소스 프레임워크로, 하나의 코드베이스로 모바일, 웹, 데스크톱 및 임베디드 장치용 애플리케이션을 만들 수 있다. 이 애플리케이션은 사용자가 목표하는 몸무게에 도달했을 때의 예상 신체 모습을 시각적으로 보여주고, 이에 맞는 신체 치수 값을 제공한다. 애플리케이션의 결과화면은 그림 3과 같다. 웨어러블 디바이스와 사용자 스마트폰이 기록한 생활 및 운동 칼로리는 데이터셋에 추가된다. 추가된 운동 칼로리는 소모 칼로리로 등록되며, ① 화면에서는 기록된 내용을 확인할 수 있다. 운동기록은 ② 화면에서 확인할 수 있으며, 사용자가 섭취한 음식을 등록 및 확인은 ③ 화면에서 가능하다. 이후, 칼로리 소모 계산을 통해 소비된 칼로리를 기록하며, 총 소비 칼로리가 7,000kcal에 도달할 때마다 사용자의 몸무게가 줄어드는 것으로 계산한다.

5) https://flutter.dev

④ 화면에서는 사용자가 자신의 현재 모습과 목표 달성 후의 모습을 미리 볼 수 있도록 구성되었다.

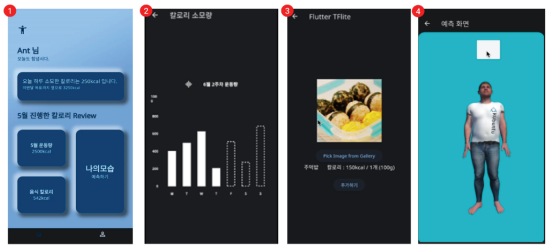

그림 3. 애플리케이션 사용자 인터페이스
Fig. 3 Application User Interface

4.2 체중감량 결과값 예측

본 논문에서는 사용자의 일상적인 신체 활동을 통해 얻어진 데이터와 사용자가 기록한 섭취량을 통해 사용자의 체중감량 결과값을 예측하였다. 표 3은 7일 동안의 섭취 열량과 운동량 데이터를 통해 체중감량 속도가 어떻게 변동하는지를 확인할 수 있다. 하루 열량 변화가 플러스(+)인 날도 포함하여, 각 열량 변화는 일주일 단위로 누적하여 체중감량 추이를 추적하고, 목표 체중 도달 예상 기간을 계산할 수 있다.

표 2. 사용자 칼로리 소비 측정 결과
Table 2. Result of measurement of user calorie consumption

Date	Current Weight (kg)	Daily Caloric Intake (kcal)	Daily Exercise (kcal)	Daily Caloric Change (kcal)	Cumulative Weight Loss(kg)	Estimated Weeks to Reach Goal Weight
Day 1	80	2600	500	-1000	0.14	14.86
Day 2	79.96	3000	300	-700	0.23	14.77
Day 3	79.77	2600	0	-500	0.30	14.70
Day 4	79.70	2500	700	-1300	0.48	14.52
Day 5	79.52	2800	200	-9090	0.61	14.39
Day 6	79.39	3100	400	+600	0.52	14.57
Day 7	79.48	2400	400	-1100	0.68	14.41

4.3 인체 치수 값 예측 평가

본 연구에서는 K-means 알고리즘을 활용하여 인체 치수 값을 예측하고, 이를 실제 값과 비교하여 평가한다. 그림 4는 K-means 알고리즘을 사용하여 BMI와 허리둘레를 기준으로 데이터를 클러스터링한 결과를 나타낸다. 사용자의 입력 데이터는 검은색 별표로 표시되어 있으며, 각 클러스터는 색상으로 구분되어 있다. 이 시각화를 통해 입력 데이터가 어느 클러스터에 속하는지, 그리고 각 클러스터의 분포를 시각적으로 확인할 수 있다.

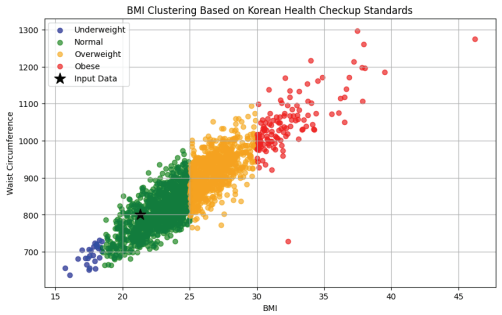

그림 4. K-means 측정 과정
Fig. 4 K-means measurement process

평가를 위해 사용된 데이터는 다음 표 3, 4, 5과 같다. 표 3는 3명의 사용자에 대한 실제 측정된 인체 치수 데이터를 나타낸 것이다.

표 3. 사용자 치수 측정 데이터
Table 3. Dimension measurement data for users

Measurement Item	User1	User 2	User 3
Height	176.0	181.0	165.0
Weight	66.0	75.0	55.0
Waist Height	105.0	108.0	98.0
Inseam Height	81.0	84.0	75.0
Neck Circumference	37.0	38.0	35.0
Chest Circumference	95.0	100.0	90.0
Waist Circumference	80.0	85.0	75.0
Hip Circumference	92.0	97.0	87.0
Shoulder Width	45.0	47.0	43.0
Arm Length	60.0	63.0	57.0

이 데이터는 각각의 사용자의 키, 허리둘레, 팔 길이, 가랑이 길이, 목둘레, 가슴둘레, 허벅지둘레, 허리높이, 엉덩이둘레, 어깨너비 등의 항목을 포함한다. 이 측정값은 K-means 알고리즘을 통한 예측값과의 비

교를 통해 예측 모델의 정확성을 평가하는 데 사용되었다. 각 사용자의 실제 치수는 개별 사용자의 체형을 정확하게 반영하고 있음을 보여준다.

표 4는 K-means 알고리즘을 적용하여 유사한 키와 같은 클러스터 내에서 예측된 평균값을 나타낸 것이다.

표 4. K-means 측정 결과 데이터
Table 4. K-means measurement result data

Measurement Item	User 1	User 2	User 3
Height	175.4	179.4	166.6
Weight	69.0	73.2	62.9
Waist Height	106.8	109.7	100.2
Inseam Height	79.6	81.8	74.4
Neck Circumference	37.0	37.4	36.6
Chest Circumference	99.0	100.4	95.6
Waist Circumference	80.7	81.5	80.5
Hip Circumference	94.9	96.4	91.7
Shoulder Width	44.6	45.4	42.7
Arm Length	59.1	60.6	55.9

표 5는 평균 절대 오차 (Means Absolute Error, MAE)와 평균 제곱근 오차(Root Mean Squared Error, RMSE)를 사용하여 예측의 정확성을 평가하였다. 각 치수 항목의 평가 결과는 다음과 같다.

표 5. 평가 지표
Table 5. Evaluation indicators

Measurement Item	MAE	RMSE
Height	1.53	1.59
Weight	4.03	4.38
Waist Height	1.93	2.00
Inseam Height	1.60	1.65
Neck Circumference	0.26	0.30
Chest Circumference	3.33	3.52
Waist Circumference	2.23	2.25
Hip Circumference	1.97	2.05
Shoulder Width	0.77	0.79
Arm Length	1.46	1.53

이 과정을 통해 K-means 알고리즘을 활용한 인체 치수 예측의 정확성을 확인할 수 있다. 각 치수 항목에 대한 MAE와 RMSE를 종합적으로 분석한 결과 낮은 MAE와 RMSE 값은 예측값이 실제 값에 매우 근접함을 의미한다. 특히 키, 허리 높이, 가랑이 높이, 목둘레, 어깨너비, 팔 길이 등에서 높은 예측 정확성을 보였다. 몸무게와 가슴둘레의 경우, 다른 항목에 비해 상대적으로 높은 오차값을 보였다. 이는 몸무게와 가슴둘레가 개인마다 변동성이 클 수 있음을 반영하며, 해당 항목들에 대한 예측 모델의 개선이 필요함을 시사한다.

4.4 3D 모델링 평가

본 연구에서는 Unity를 사용하여 개인 맞춤형 3D 모델링을 수행하였으며, 이를 통해 인체 치수 예측 결과를 시각적으로 확인하고 평가할 수 있었다. 3D 모델링은 다음의 프로세스를 거쳐 수행되었다. 첫째, 사용자의 키, 몸무게, 허리둘레 등의 데이터를 입력받아 K-means 알고리즘을 통해 예측된 치수를 계산한다. 둘째, 예측된 치수를 기반으로 Unity를 사용하여 3D 모델을 생성한다. 모델은 사용자의 신체 치수에 맞게 자동으로 조정된다. 셋째, 생성된 3D 모델을 통해 예측된 체형을 시각화하여, 사용자가 자신의 체형에 맞춘 예측 결과를 직관적으로 확인할 수 있도록 한다. 그림 5는 각 단계별, 세 가지 형태의 결과를 보여준다. 첫 번째는 사용자의 체형을 간단히 표현한 기본 신체 모델을 흰색으로 시각화한 것이다. 두 번째는 예측된 치수를 바탕으로 3D 모델을 통해 사용자의 체형을 시각화하였다. 세 번째는 모바일 애플리케이션을 통해 최종적으로 예측된 체형을 시각적으로 확인할 수 있도록 한 것이다.

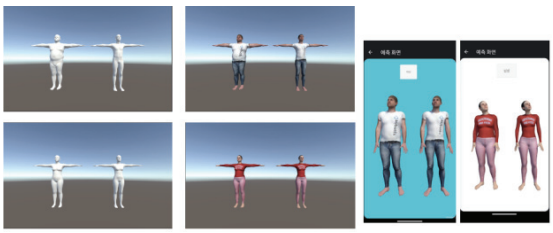

그림 5. 측정 결과
Fig. 5 Measurement Reults

Unity를 활용한 3D 모델링은 K-means 알고리즘을 통해 예측된 인체 치수를 바탕으로 사용자 맞춤형 솔루션을 제공하는 데 매우 유용한 도구임을 확인하

였다. 이 접근 방식의 주요 장점은 다음과 같다. 첫째 사용자의 실체 체형을 정확하게 반영한 3D 모델링을 통해 개인 맞춤측 결과를 구현할 수 있었다. 둘째, 모바일 애플리케이션을 통해 언제 어디서나 자신의 체형에 맞춘 결과를 시각적으로 확인할 수 있는 편리한 인터페이스를 제공하였다. 셋째, 맞춤형 건강 관리 및 체형 분석 등 다양한 실용적 응용이 가능하며, 이는 사용자 경험을 크게 향상시킬 수 있다.

이와 같은 3D 모델링 기술은 개인 맞춤형 건강 관리와 다양한 분야에서 활용될 수 있는 중요한 기초 자료를 제공하며, 사용자 맞춤형 서비스를 보다 정밀하게 제공하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 SMLP_body 시뮬레이터를 사용자가 운동하고 섭취한 칼로리를 계산한다. 이후 체중감량을 위한 일일 열량 계산 방법과 K-means 알고리즘을 활용한 체형을 예측하여 시각화하는 시스템의 개발 내용에 관하여 기술하였다.

K-means 알고리즘 기반의 체형 예측 방법은 대부분 치수 항목에서 높은 예측 정확성을 보이며, 개인 맞춤형 솔루션 제공에 효과적인 도구임을 확인하였다. 향후 연구에서는 예측 정확성이 낮은 항목들에 대한 모델 개선을 통해 더욱 정밀한 예측이 가능하도록 노력할 필요가 있다. 이 결과는 개인 맞춤형 건강 관리와 의류 산업 등 다양한 분야에서 활용될 수 있는 중요한 기초자료를 제공하며, 사용자 맞춤형 서비스를 보다 정밀하게 제공하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음 (2019-0-01817)

References

[1] Minisrty of Health and Welfare, Republic of Korea, "Comprehensive Plan for Obesity Prevention and Control," *Report,* 2018.

[2] J. Jang, and T. Song, "WHO obesity prevention poilcy trends," *Health and welfare Forum*, Seoul, South Korea, 2004
DOI: 10.23062/2004.07.6

[3] K. Seo, "Relationship between interest and exercise in fun-seeking tendencies, self-efficacy, and exercise among male college students," *J. of Health Education Health Promotion*, vol. 25, no. 1, 2008, pp. 1-12.

[4] J.Y. Lee, & C.G. Kim, "Development of AI-Based 3D Body Modeling Technology for Healthcare Applications," *Journal of the Korean Institute of Electronics and Information Engineers, vol. 19, no.3, 2024, pp. 633-639.*

[5] K. Choi, S. Yoo, and Y. Ko, "Ability Validity of BMI Obesity Index for Estimating Body Weight Ratio," *Journal of Koream Society of Measurement and Evalution in Phtsical Education and Sports Science (KSME)*, vol. 20, no. 2, 2018, pp. 1-10.
DOI: 10.21797/ksme.2018.20.2.001

[6] H.S. Kim, & M.K. Moon, "The Intersection of Wearable Devies and the Netaverse: A Study on Mapping Football Game Character Abilities Using Mi Band," *Journal of the Korean Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 18, no. 6, 2023, pp. 1345-1352.

[7] D. Kang, H. Yang, and C. Lim, "The effect of the main physical activity measurement function of smartwatches on user's goal-pursuing motivation: The mediating effect of health self-efficacy," *J. of Korean Society of Sport Industry Management*, vol. 29, no. 1, 2024, pp.114-131.
DOI: 10.31308/KSSM.291.115

[8] Korea Consumer Agency, "Comparative analysis and production results of smartwatches," *Report,* 2022.

[9] Korean Agency for Technology and Standards, "The 8th Korean Human Dimension Survey:Final Report," Technical report, 2021.

[10] T. Lee, C. Park, C. Kim, and H. Jung, "Design and Implantation of Body Fat

Percentage Analysis Model using K-means and CNN," Proceedings of the Korean Institute of Information and Communication Sciences Conference, Busan, South Korea, 2021, pp. 329-331.
[11] M. Lee, Health, Sports, and Nutrition Guide 12th Edition. Seoul: Life Sciece, 2021.

저자 소개

김정환(Jeong-Hwan Kim)

2019년~ 동서대학교 소프트웨어학과

※ 관심분야 : 컴퓨터비전, 데이터 분석

문미경(MI-KYEONG MOON)

1990년 이화여자대학교 전자계산학과 졸업(이학사)
1992년 이화여자대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사)
2005년 부산대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
2008년 동서대학교 소프트웨어학과 교수
※ 관심분야 : 소프트웨어공학, AI융합기술 응용