

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.6.715>

JCCT 2024-11-88

미디어 파이프 기술을 이용한 홈트레이닝용 피트니스 게임

A Fitness Game for Home Training with MediaPipe Technology

양우정*, 문선민**, 허지향**, 엄성용***

Woo-Jeong Yang*, Seon-Min Moon**, Ji-Hyang Heo**, Seong-Yong Ohm***

요약 본 논문에서는 코로나19 팬데믹으로 인해 증가한 홈트레이닝 수요를 효과적으로 지원하는 피트니스 서비스를 제안한다. 이 서비스는 미디어 파이프 기술과 유니티 엔진을 활용하여 제작된 피트니스 게임으로, 신체 동작 인식을 통해 실시간으로 운동과 게임(전투)을 함께 진행할 수 있는 특징이 있다. 사용자는 게임을 진행하며 본인의 동작에 대한 실시간 피드백을 받을 수 있을 뿐 아니라, 게임 후에는 진행한 운동에 대한 상세 기록을 확인하거나 달력 방식의 운동 기록 현황을 확인할 수 있다. 특히 게임 보상으로 다양한 몬스터를 수집할 수 있도록 함으로써 사용자가 좀 더 다양한 부위의 운동을 적극적인 자세로 실시하도록 유도하여, 운동 효과 및 지속성을 향상할 수 있다.

주요어 : 미디어 파이프, 웹캠, 모션 캡처, 홈트레이닝, 운동 정확도 측정, 유니티

Abstract This paper proposes a fitness service designed to effectively meet the increased demand for home training due to the COVID-19 pandemic. The service is a fitness game developed using MediaPipe technology and the Unity engine, featuring the integration of physical motion recognition to enable simultaneous exercise and gameplay (battles) in real time. Users can receive real-time feedback on their movements while playing the game, and after the game, they can review detailed records of their exercise sessions or check their workout history in a calendar format. Notably, by allowing users to collect various monsters as game rewards, the service encourages a more proactive approach to exercising different body parts, thereby enhancing both the effectiveness and sustainability of their workouts.

Key words : mediapipe, webcam, motion capture, home training, motion accuracy measurement, Unity

1. 서론

지난 코로나19 팬데믹의 여파로 많은 사람이 체육관과 피트니스 센터의 폐쇄와 사회적 거리 두기 정책으로 인해 집에서 운동해야 하는 상황에 직면했다. 이러한 상황 속에서 집에서 혼자 운동하는 방식인 홈트레이닝(Home Training)이 주목받기 시작했고, 이에 따라 홈트

레이닝은 개인 체력 유지 및 향상을 위한 주요 대안으로 떠올랐다[1].

그림 1은 홈트레이닝 장비 판매율을 보여주는 도표이다. 그림에 나타난 바와 같이 세계 홈트레이닝 장비 시장 규모는 2023년 116억 달러에서 2024년 121억 달러로, 연평균 성장률 5.8%를 보이고 있으며, 2032년에는 189억 달러로 성장할 것으로 예측된다[2].

*준회원, 서울여자대학교 경영학과 학사과정(제1저자)

Received: August 15, 2024 / Revised: September 23, 2024

**준회원, 서울여자대학교 디지털미디어학과 학사과정(참여저자)Accepted: November 10, 2024

정회원, 서울여자대학교 소프트웨어융합학과 교수(교신저자)Corresponding Author: osy@swu.ac.kr

접수일: 2024년 8월 15일, 수정완료일: 2024년 9월 23일

Dept. of Software Convergence, Seoul Women's Univ., Korea

게재확정일: 2024년 11월 10일

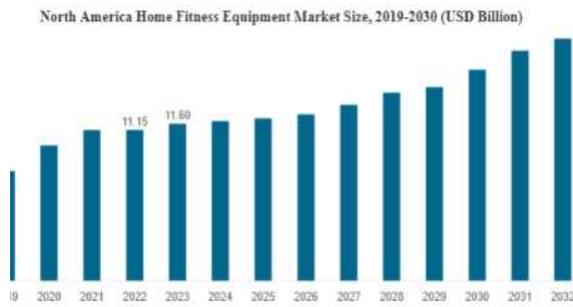


그림 1. 홈트레이닝 장비 판매율
Figure 1. Home training equipment sales rate

홈트레이닝이란 용어는 집을 뜻하는 홈(home)과 운동을 의미하는 트레이닝(training)의 합성어로 집에서 운동하는 것을 의미하며[3], 자기 몸을 가꾸어 나갈 방법을 선호하는 사람들이 과도한 체중감량이 아닌 편안하게 집에서 나만을 위해 운동을 하는 방법[4]으로 정의하고 있다.

홈트레이닝은 시간과 장소의 접근성과 편의성 면에서 여러 가지 장점을 제공한다. 자신이 원하는 시간에 남의 시선을 의식하지 않고 비교적 적은 비용으로 운동할 수 있을 뿐 아니라 개인 공간에서 운동함으로써 심리적 편안함을 느낄 수 있다는 점에서 많은 사람에게 매력적인 선택지로 느끼게 한다[5]. 더 나아가 이렇게 매력적인 홈트레이닝은 코로나 시대 반짝 트렌드를 넘어 이제 확실한 건강 루틴으로 자리 잡았기 때문에, 실제로는 퇴근 후 집에서 혼자 운동하지만, 가상현실에서 게임을 하듯 대결하는 메타버스 홈트레이닝 서비스도 갈수록 인기를 끌 것으로 보인다[6].

그러나 홈트레이닝은 몇 가지 한계점도 내포하고 있다. 첫째, 전문가의 지도를 직접 받을 수 없어 올바른 운동 자세와 기법을 익히기 어렵다는 점이다. 비록 피트니스 앱의 트레이닝 영상들은 전문 피트니스 코치들이 촬영한 것이고 동작들도 정확하지만, 사용자들이 주어진 영상을 보며 따라 연습할 때 자신도 모르게 차이가 발생하거나 동작이 부정확한 경우도 있어, 오랜 기간 잘못된 동작으로 연습하면 신체에 손상을 끼칠 가능성도 배제할 수는 없다[7]. 둘째, 동기 부여의 부족으로 인해 운동을 지속하기 어려운 경우가 많다. 적극적인 자세로 꾸준히 운동하지 않을 경우, 운동 습관 형성이 되지 않거나 운동 효과를 보기 힘들 수도 있다. 다수의 연구에서도 헬스케어 관련 제품/서비스들의 운동 효과 여부는 사용 지속성

에 달려 있다고 공통적으로 언급하였다. 이러한 단점들은 홈트레이닝의 효과를 제한할 수 있으며, 특히 초보자들에게는 큰 장애가 될 수 있다. 이러한 지속적 사용을 위해서는 동기 부여가 필수적이다[8].

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 미디어 파이프(MediaPipe)와 같은 최신 기술을 활용한 피트니스 게임, ‘홈트 몬스터 헌터(Home Training Monster Hunter)’를 제안한다. 미디어 파이프란 구글에서 제공하는 AI 프레임워크로 비디오 형식 데이터를 이용한 다양한 비전 AI 기능을 파이프라인 형태로 비교적 쉽게 활용할 수 있도록 지원한다. 본 연구에서는 이 기술을 게임 및 시뮬레이션 개발을 위한 크로스 플랫폼 엔진인 유니티를 활용해 모션 인식 피트니스 게임을 구현한다. 이 게임에서는 사용자의 신체 동작을 실시간으로 인식하고 추적하며, 기존에 입력된 데이터 값과 사용자의 신체 랜드마크를 비교한다. 모범 동작과 사용자 동작의 차이점을 분석하여 즉각적인 피드백을 제공하며, 게임 요소를 통해 운동을 더 재미있고 몰입할 수 있게 한다.

이러한 방식은 홈트레이닝의 단점을 보완하고, 사용자들이 흥미를 느끼고 지속적으로 운동할 수 있도록 도와준다. 본 논문에서는 미디어 파이프와 유니티 엔진을 이용한 피트니스 게임을 통해 홈트레이닝의 효과를 증대시키고, 운동 지속 가능성을 향상할 방법을 탐구한다.

본 논문의 2장에서는 해당 서비스의 화면과 함께 각 시스템의 주요 기능에 대해 설명하며, 3장에서는 서비스 개발 시 사용된 주요 기술에 대해 설명한다. 그리고 4장에서는 본 서비스에 대한 결론과 함께 앞으로의 연구 방향에 대해 기술한다.

II. 시스템 구성 및 주요 기능

1. 시스템 구성

본 시스템은 몬스터 처치 시스템(Monster Defeat System), 몬스터 도감 시스템(Monster Dictionary System), 운동 기록 시스템(Workout Record System) 총 3가지의 핵심 기능으로 구성된다.

그림 2는 게임의 메인 화면으로 메인 화면에서는 기계에 저장되어있는 경험치 데이터를 가져와 현재 플레이어의 운동 등급을 시각화하여 보여준다. 사용자는 메인 화면의 버튼들을 통해 앞서 언급한 3가지 핵심 시스템을 선택할 수 있다.



그림 2. 메인 화면
 Figure 2. Main scene

플레이어는 ‘헬 신생아’ 등급에서 시작해 운동을 통한 경험치에 따라 [헬 신생아 > 헬린이 > 헬청년 > 헬창 > 헬스의 신] 순으로 등급이 향상된다.

2. 시스템별 주요 기능 및 화면 구성

그림 3은 게임의 전체적인 시스템 흐름도를 보여준다.

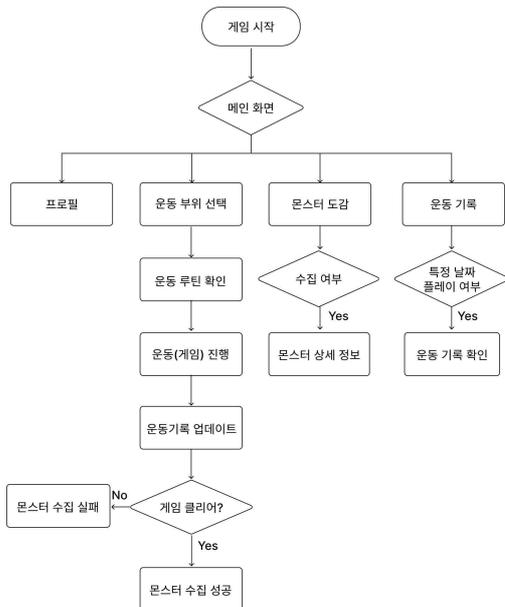


그림 3. 시스템 흐름도
 Figure 3. System Flowchart

1) 몬스터 처치 시스템

몬스터 처치 시스템은 운동과 함께 진행되는 몬스터와의 전투를 통해 올바른 자세를 학습할 수 있도록 지원하는 시스템으로 본 게임의 가장 핵심적인 기능이라

고 볼 수 있다.

그림 4는 몬스터 처치 시스템의 개요를 보여준다. 몬스터 처치 시스템에서는 신체 부위를 [허벅지, 종아리, 복부, 가슴, 이두근, 전완근, 삼두근, 등, 엉덩이, 허리] 총 10가지로 세분화하고 있다. 각 부위와 대응하는 10가지 운동 섹션에서는 각 부위에 맞는 운동 루틴을 게임으로 제시한다.



그림 4. 몬스터 처치 시스템
 Figure 4. Monster treatment system

플레이어가 운동할 부위를 선택하면 해당 부위의 운동을 진행할 수 있다. 플레이어는 화면의 가이드 모델을 따라 진행되는 운동을 수행하고 화면에 출력되는 UI를 통해 동작의 정확도를 확인할 수 있다. 동작의 정확도가 높을수록 몬스터에게 가해지는 피해량이 커지며, 일정 수준을 달성하면 해당 몬스터를 수집하게 된다.

2) 몬스터 도감 시스템

몬스터 도감 시스템은 현재 사용자가 수집한 몬스터들을 직관적으로 확인할 수 있으며, 몬스터 캐릭터의 상세 정보를 알 수 있게 해주는 기능이다.

그림 5는 몬스터 도감 시스템의 개요를 보여준다.



그림 5. 몬스터 도감 시스템
 Figure 5. Monster illustration system

그림에서와 같이 몬스터 도감 시스템에서는 현재 사용자가 수집한 몬스터들을 확인할 수 있다. 수집한 몬스터는 이미지가 보이고, 수집하지 못한 몬스터는 실루

엣만 보이며 수집하지 못한 몬스터를 클릭했을 때는 “아직 잡지 않은 몬스터입니다”라는 팝업 문구가 띄워지고, 수집한 몬스터를 클릭하게 되면 해당 몬스터의 상세 정보를 확인할 수 있다.

상세 정보 화면에서는 몬스터의 이미지와 몬스터의 이름을 확인할 수 있고 해당 몬스터의 발생 부위도 글과 이미지를 통해 직관적으로 확인 가능하다. 또한, 해당 몬스터가 상체운동 몬스터라면 하단 버튼에 상체 운동과 관련된 정보가 담긴 버튼이 활성화되고, 몬스터가 하체운동 몬스터라면 하체운동과 관련된 버튼이 활성화되어 여러 정보를 확인할 수도 있다.

사람들은 관심이 있는 무언가를 수집할 때 많은 시간과 노력이 소모되더라도 지루함을 잊어버릴 정도로 몰입하여 즐긴다. 이러한 수집의 욕구는 다양한 분야에 적용되어 있으며 우리가 즐기는 대부분의 게임에서도 빠질 수 없을 정도로 수집은 게임 지속성에 있어 중요한 요소이다[9].

본 논문에서는 몬스터 도감 시스템을 통해 사용자의 몬스터를 수집하기 위한 욕구를 끌어내 다양한 부위의 운동을 실행하도록 유도한다.

3) 운동 기록 시스템

운동 기록 시스템은 지금까지 사용자가 진행한 운동 정보들을 달력 형식으로 간편하게 확인할 수 있는 기능이다.

그림 6은 운동 기록 시스템을 보여주는 화면이다. 그림에서와 같이 운동 기록 시스템에서는 지금까지 플레이어가 진행했던 운동 정보를 확인할 수 있다. 운동 기록이 있는 날은 달력의 날짜가 노란색으로 표시되며, 사용자가 선택한 날짜는 붉은색으로 표시되며 사용자가 아무것도 선택하지 않았을 때 기본 날짜는 사용 당일 날짜로 조회된다.



그림 6. 운동 기록 시스템
Figure 6. Exercise recording system

운동 기록 시스템에서 운동 기록이 있는 날짜를 선택하면 하단에 해당 날짜의 운동 기록을 확인할 수 있고, 운동 기록 정보에는 해당 날짜에 사용자가 클리어한 맵들과 총운동 횟수, 총 운동시간, 총소모한 열량 등의 상세 정보를 확인할 수 있다.

III. 시스템 구현 및 시연 결과 분석

1. 운동 정확도 측정

1) 플레이어 모델 구현

그림 7은 Python 환경에서 웹캠을 통해 감지한 랜드마크 좌표를 유니티에서 받아 실시간으로 플레이어 모델을 구현한 사진이다.

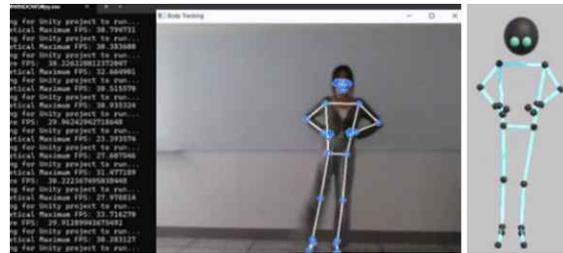


그림 7. 플레이어 모델
Figure 7. Player model

플레이어 모델은 인체의 랜드마크를 감지하는 미디어 파이프의 라이브러리 ‘MediaPipe pose landmark’를 토대로 개발되었다. 해당 프레임워크는 웹캠을 통한 영상인식을 기반으로 33개의 사용자의 인체 랜드마크를 추출한다. 추출한 랜드마크 좌표는 유니티에 프레임 단위로 전송되어 포지션 버퍼(AccumulatedBuffer[] PositionsBuffer)에 저장된다. 포지션 버퍼는 누적 좌표값(Vector3 value)과 모델 랜드마크 업데이트에 활용할 누적 좌표 전송 횟수(accumulatedValuesCount)로 구성된다. 누적 좌표값을 신체의 중심에 의한 로컬 좌표로 변환한 뒤, 33개의 신체 랜드마크를 시각화시키는 Body 객체에 업데이트시킴으로써 영상으로 인식한 플레이어의 동작을 실시간으로 트래킹하고 렌더링하는 플레이어 모델을 구현한다[10].

2) 동작 평가

동작 정확도 측정은 각도를 기반으로 구현된다. 몸체 랜드마크를 기준으로 한 방향 벡터를 생성하고, 두 방향 벡터가 만나는 지점의 각도를 계산하는 각도 계산기

를 개발하여 활용하였다. 운동 동작 개발이 완료된 허벅지 던전의 ‘스탠딩 사이드 레그 레이즈’, ‘스쿼트’, ‘런지’ 동작은 각 동작당 2가지의 각도 평가 항목을 구현 [11]하여 총 4단계 등급으로 사용자의 동작 정확도를 판단한다.

그림 8은 3가지 운동 동작에 대한 각도 평가를 시각화한 자료이다. 가장 왼쪽에 위치한 ‘스탠딩 사이드 레그 레이즈’ 동작은 다리를 구부리지 않은 채로 들어 올리며 대근 막장근을 자극하는 것이 핵심이다. 따라서 RIGHT_HIP - LEFT_HIP - LEFT_ANKLE 간의 각도를 추출하여 다리를 잘 들어 올렸는가를 판단하고, LEFT_HIP - LEFT_KNEE - LEFT_ANKLE 간의 각도를 추출하여 다리를 구부리지 않았는가를 평가하여 종합 동작 정확도로 치환한다. 스쿼트와 런지 또한 동일한 방식으로 구현이 되었으며 모두 좌, 우 동작까지 구현이 되어 있다.

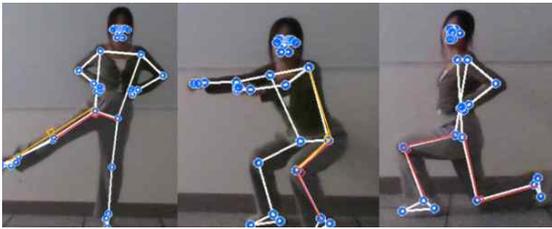


그림 8. 운동 정확도 측정
Figure 8. Motion accuracy measurement

2. 게임 데이터 저장 및 관리

게임을 진행하며 업데이트되는 각종 데이터는 JSON을 활용해 사용자 기기의 내부 기억 장소에 저장 및 관리하도록 한다.

1) JsonUtility 사용

JsonUtility는 유니티 엔진 자체에 내장되어, JSON 데이터와 유니티 객체 간의 직렬화 및 역 직렬화를 위한 기본 기능을 제공하며 경량으로 쉽게 사용할 수 있는 특징이 있다. JSON 라이브러리는 JsonUtility, LitJson 및 Newtonsoft.Json 외 많은 종류가 있지만, 게임 데이터를 저장 및 로드 하는 용도나 퀘스트 및 스토리 데이터 관리 용도와 같이 직렬화, 역 직렬화가 빈번하게 발생할 때는 JsonUtility를 사용하는 것이 가장 효과적인 것으로 알려져 있다[12]. 유니티 엔진에서의 JSON 직렬화 및 역 직렬화를 위해, 유니티 객체를

JSON 포맷으로 상호 전환할 수 있도록 제공되는 JsonUtility 클래스를 활용한다. 유니티 객체를 JSON 데이터로 변환하기 위해서는 JsonUtility의 ToJson 함수를 사용하고, JSON 데이터를 유니티 객체로 변환하기 위해서는 FromJson 함수를 사용하며, 해당 함수들을 활용하기 위해서 MonoBehaviour를 상속받지 않는 클래스를 생성한다.

2) JsonUtility와 Dictionary

JsonUtility는 기본적인 데이터 타입만 지원하고 있어 Dictionary를 사용하려면 추가 작업이 필요하다. JsonUtility로 저장하는 데이터 중에는 게임 플레이 날짜별로, 해당 날짜에 알맞은 게임 데이터를 저장하는 구조가 필요한데, 편의성과 명확성을 위해 Dictionary 형태로 데이터를 관리한다. 하지만, JsonUtility는 Dictionary를 지원하지 않기 때문에, 데이터를 후처리 후 파싱하는 방법을 적용한다. 먼저 Dictionary를 클래스 형식으로 <key, value> 데이터를 만들어 구성한 후, ToJson, FromJson을 따로 만들어준다. 날짜를 key 값으로 가지는 데이터들을 저장하는 것이기 때문에, DateTime을 받을 수 있는 string을 key로 가지는 Dictionary를 구성한다. 나머지는 기존 JSON 활용 방식과 동일하게 데이터를 저장하고 불러오는 함수를 구현한다.

이렇게 구현된 MonsterData, PlayerData, GamePlayData 등의 데이터들은 사용자의 로컬 기기에 저장되며 게임과 관련된 여러 정보를 관리한다.

3. 시스템 공개 시연 및 결과 분석

본 시스템은 2024년 8월 29일부터 30일까지 일산 킨텍스에서 진행된 <콘텐츠 유니버스 코리아 2024>에 전시되어, 게임 개발자 및 업계 관계자를 포함한 다양한 관람객들이 직접 체험하도록 제공되었으며, 체험 후 사용자들의 반응과 의견을 수집하였다.

시연 결과, 게임 요소 덕분에 운동이 더욱 즐겁게 느껴졌으며, 반복적인 운동에 대한 지루함이 크지 않다는 반응이 다수를 차지하였다. 시연을 끝까지 마친 사용자들을 대상으로 한 만족도 조사에서는, ‘운동이 실제로 효과가 있었는가?’라는 질문에 93%의 참여자가 긍정적인 답변을 주었으며, ‘해당 게임이 운동 동기 부여에 도움이 되는가?’라는 질문에는 약 84%의 응답자가 ‘그렇

다'라고 답변하였다. 추가적인 피드백으로는 '기기와 떨어진 경우, 게임 화면이 잘 보이지 않아 청각적 피드백을 보다 적극적으로 활용했으면 좋겠다'라는 의견과 '서버를 통해 친구들과 경쟁할 수 있는 재미 요소가 추가되면 좋겠다'라는 제안이 있었다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 미디어 파이프의 자세 추정 기술과 유니티 엔진의 게임 제작 기술을 활용한 피트니스 게임을 개발해 사용자의 자세 정확도를 판별하고 지속 가능한 운동을 지원해주는 시스템을 제안하고 개발하였다.

공개 시연 결과, 시스템의 운동 지속성 부여 및 운동 효과는 확인하였으나, 사용자 친화적인 피드백 완성도가 다소 떨어진다는 한계를 가지고 있다.

향후 시스템 UI 개선을 통해 게임 가독성을 높임과 동시에 청각적 피드백을 추가하고, 타 부위 던전 추가 등을 통해 재미 요소를 확대하여, 완성도 높은 콘텐츠로 발전시킨다면, 사용자, 특히 운동 초보자들에게 유익한 운동 지원 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

References

[1] Home Fitness Equipment Market Size, Share, and Industry Analysis, By Type (Cardiovascular Training Equipment and Strength Training Equipment), Sales Channel (Online and Offline) and Regional Forecast(2024-2032).

[2] Jaeyoon Kwon, Sang-Back Nam, "How Has the Home Training Trend Changed before and after the COVID-19 Pandemic?", *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol. 90, pp. 279-293, Oct. 2022. DOI : 10.51979/KSSLS.2022.10.90.279

[3] Sang-Hwa Kim, "A study on the interference effect and profitability enhancement strategies between exercise videos and physical activity in home training apps", Master's Thesis, Graduate School, Korea University, 2021.

[4] Jung-Hee Oh, Jae-Woo Oh, Kwang-Min Cho, "Research on Consistent Use Intention of Home-training Program on Personal Media Service YouTube Based on Post-Adoption Model", *Journal of the Korean Convergence Society*, Vol. 10, No. 2, pp. 183-193, Feb. 2019. DOI : 10.15207/JKCS.2019.10.2.183

[5] Jae-Hyung Park, Cheol-Won Lee, Min-Jung Kim, "A Study on the Intention to Use Home Training

Devices with Extended Technology Acceptance Model", *Korean Journal of Leisure, Recreation & Park*, Vol. 45, No. 3, pp. 13-24, 2017.

[6] Hyung-Won Kim, "Let's check out home training devices that give you money when you work out", *IT Chosun*, June 24, 2021. http://it.chosun.com/site/data/html_dir/2021/06/24/2021062401526.html.

[7] Jia-Yan Li, Chang-Wook Lee, "Motion Graphics Study Applied to Home Fitness App", *Communication Design Research*, No. 76, pp. 93-106, 2021. DOI : 10.25111/jcd.2021.76.07

[8] Na-Rae Kim, Jae-Ryel Seo, "The Relationship Between Motivation, Satisfaction with Exercise, Immersion in Exercise, And Continuous Behaviors in Cycling Based on Gamification Content", *Korean Journal of Sports Science*, Vol. 30, No. 4, pp. 339-350, 2021. DOI : 10.35159/kjss.2021.8.30.4.339

[9] Jae-young Han, "Creating a collection game that interacts with reality for the reality of the game", Master's thesis, Soongsil University, 2018.

[10] MediaPipe Solution Guide, <https://ai.google.dev/e/dge/mediapipe/solutions/guide?hl=ko>

[11] Dong-hyun Kim, "The influence of squat types and knee joint flexion angle on the activity of lower extremities and trunk muscles during a squat exercise in healthy adult", Master's Thesis, Gachon University, 2022.

[12] Tae-Hwan Kim, Byung-Pyo Kyung, "Performance Comparison of JSON Libraries for Game Development using Unity Engine", *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 25, No. 3, pp. 771-779, Mar. 2024. DOI : 10.9728/dcs.2024.25.3.771

※ 본 논문은 2024학년도 서울여자대학교
학술연구비의 지원을 받았음(2024-0024)