

YOLOv5 및 MediaPipe를 이용한 실시간 3대 운동 AI 자세 교정 서비스에 대한 연구

A Study on Real Time the big three exercises AI posture correction service
Using YOLOv5 and MediaPipe

기존의 AI 운동 자세 교정 연구 1

- Deep Learning Models for Yoga Pose Monitoring (MDPI, 2022)



요약

MediaPipe를 통해 Keypoints를 추출하고 CNN과 LSTM 모델을 결합하여 해당 pose가 옳은지 잘못됐는지 분류하고 피드백하는 모니터링 시스템 제안

제안하는 방법

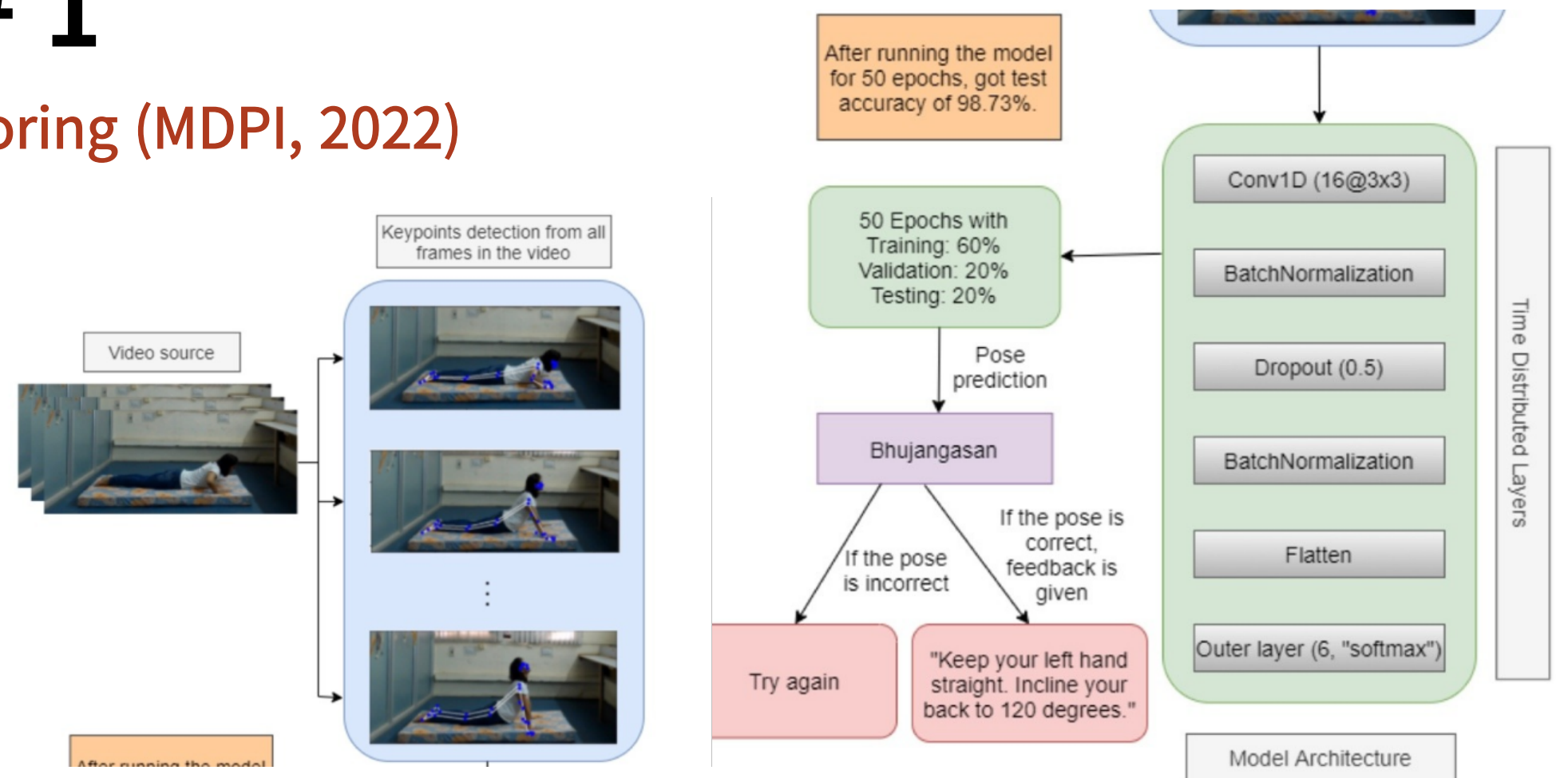
- MediaPipe를 이용해 관절점 추출
- CNN을 사용해 특징 파악
- LSTM을 이용하여 운동 분류(Softmax)

유사점 및 차이점

- 유사점: MediaPipe 라이브러리를 이용하여 자세를 식별하고 음성 피드백을 제공, 관절 추출, 자세 예측, 자세 피드의 세 가지 주요 단계 / 관절 각도(cos) 유사도
- 차이점: 운동 종류의 차이

참고하면 좋을 점

추후 연구에 CNN과 LSTM을 결합한 연구를 진행하면 좋을 것 같음



데이터셋

직접 수집한 85개 비디오 데이터 사용

기존의 AI 운동 자세 교정 연구 2

- Using Human Pose Detection to Identify and Give Feedback on Workout Form (2022)

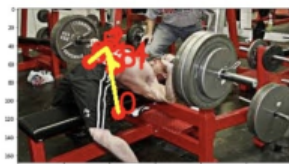
Bench Press Form Feedback:

Image



Feedback

Keep your feet planted on the ground! It will help increase your power.



Your arch is a bit excessive. Keep your butt on the bench.



Your arms are way too out in front of you. Keep them in line with your chest.



All good! Keep at it!

요약

image classification을 통해 운동 종목이 무엇인지 분류하고
pose estimation을 통해 각 관절 간의 거리를 비교한 후 사용자에게 가장 알맞은 피드백 제공

데이터셋

MPII 인간 자세 데이터셋
Leeds Sport Pose Dataset

제안하는 방법

CNN을 이용하여 운동 분류하여 Pose Estimation을 진행하고 정상 관절점과 차이가 크면 잘못된 자세로 판단하여 텍스트 피드백 제공

유사점 및 차이점

- 유사점: 3대 운동에 대한 자세 피드백 서비 연구
- 차이점: 최종 모델은 정확도 80%, 머신러닝을 이용한 본 연구 모델은 약 97~98% 성능, 정적인 이미지에 대해서만 피드백 가능

참고하면 좋을 점

텍스트 피드백 대신에 음성 피드백 제공

기존의 AI 운동 자세 교정 연구 3

• Pose Trainer: Correcting Exercise Posture using Pose Estimation(Arxiv, 2020)

요약

OpenPose, Machine Learning Algorithm을 이용한 AI Pose Trainer

제안하는 방법

OpenPose를 활용하여 관절점을 추출 후 DTW 알고리즘을 활용하여 올바른 자세와의 유사점을 비교하여 올바른 자세인지 판단

유사점 및 차이점

- 유사점: 저자가 직접 촬영해 수집한 운동 데이터 세트를 사용, 시스템 아키텍처 흡사, 관절 각도 출력, 성능 지표 F1 Score 사용
- 차이점: 이 논문에서는 DTW와 KNN 분류기를 사용했으나 내 논문에서는 Random Forest 알고리즘 사용
- 차이점: 비디오를 평가하기 위해 실행시 관절각도와 피드백을 제공하지만, 파이썬 파일을 실행했을 때 단순히 텍스트로 결과만 제공, 하지만 본인 논문에서는 웹에서 실시간으로 화면과 피드백, 관절 각도 확인 가능 또한 OpenPose를 사용하였으므로 GPU가 설치된 환경에서만 동작 가능

```
python main.py --video videos\bicep_good_1.mp4
  ↳ --output_folder temp --mode evaluate
  ↳ --exercise bicep_curl
processing video file...
Exercise arm detected as: right.
Upper arm and torso angle range:
  ↳ 21.150955500327434
Upper arm and forearm minimum angle:
  ↳ 40.74447650965106
Exercise performed correctly!
Exercise performed correctly! Weight was lifted
  ↳ fully up, and upper arm did not move
  ↳ significantly.
```

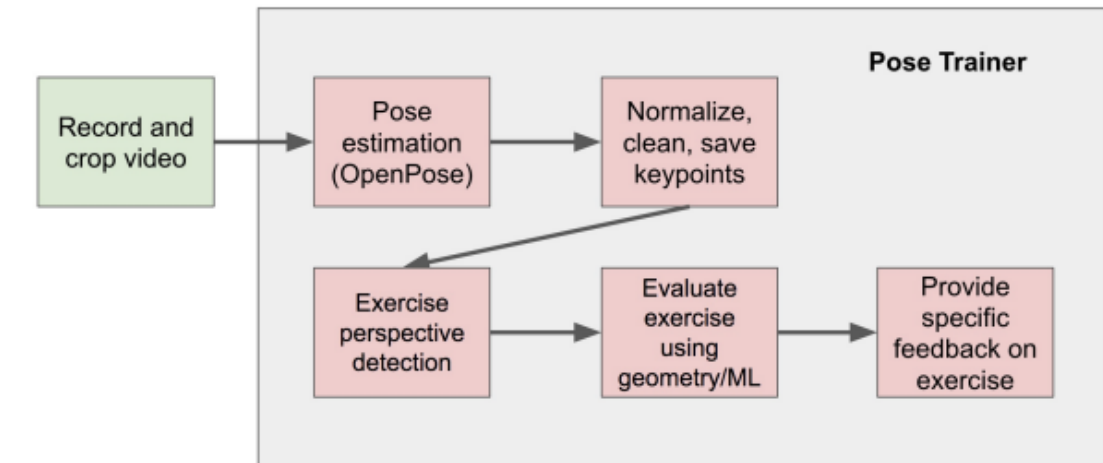


Figure 1. Pose Trainer system pipeline, as described in Technical Approach.

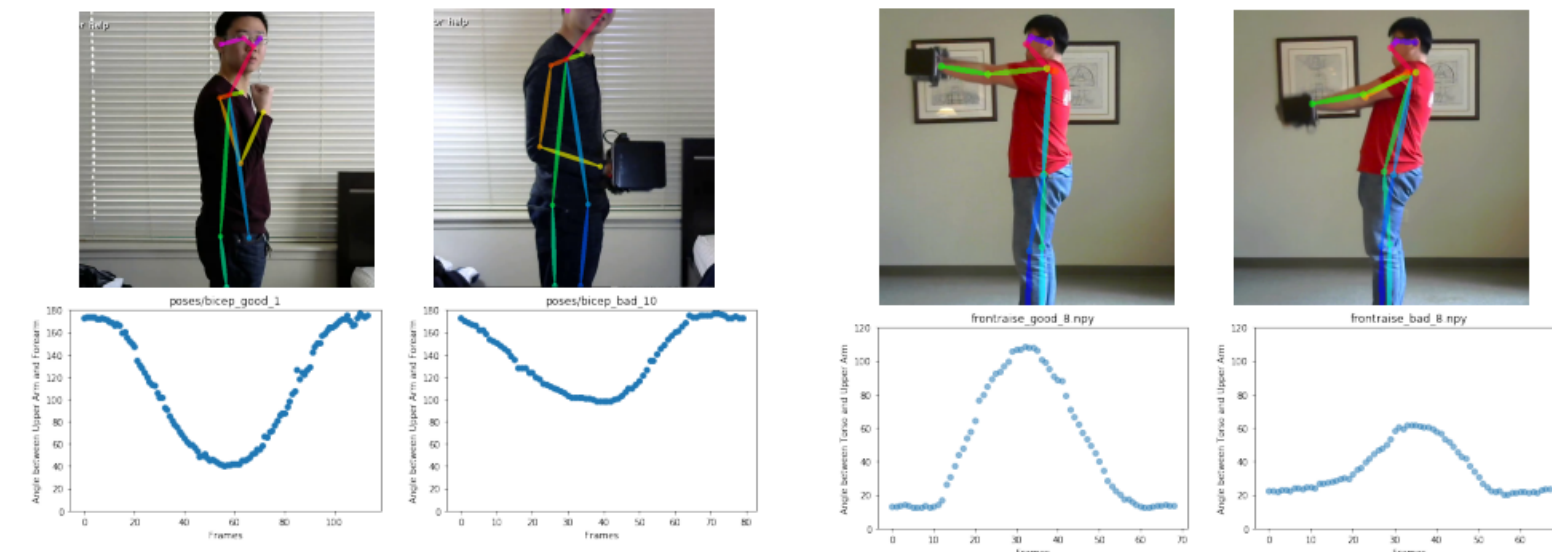


Figure 2. In a proper bicep curl, the arm should contract until the forearm is as close to parallel with the torso as possible. Left shows proper midpoint form: right shows improper form, where the exercise has not completely finished. The bottom plots show the angle between the upper arm and the forearm over time: at the midpoint of the exercise, the angle should be small, meaning the arm has fully contracted.

Figure 4. Front Raise. In a proper front raise, as shown on the left, the lifter should keep the torso still, and raise the weights to above the shoulders. The corresponding curve shows the wide range of motion as the angle between the arm and the torso. Incorrect form is shown on the right, where the torso moves significantly with the weight and the weights are not lifted high enough.

기존의 AI 운동 자세 교정 연구 4

- YOLOv7와 OpenPose를 활용한 개인 맞춤형 피트니스 운동 자세 지도 모델 설계 (한국차세대컴퓨팅학회, 2023)

요약

YOLOv7 모델과 OpenPose를 결합하여 운동하는 사람들의 자세를 분류하고 정확한 자세를 지도하는 모델을 제안

제안하는 방법

YOLOv5 모델을 이용하여 사람 객체를 검출, 이후 OpenPose로 사람 객체의 관절 좌표를 추출하고 해당 관절 좌표로 운동 종목 분류
운동 종목이 분류되면 특정 관절 각도 범위가 특정 범위를 벗어나면 잘못된 자세로 판단

유사점 및 차이점

- 유사점: 운동하는 사람 객체를 YOLO 모델을 이용하여 먼저 검출한다는 점
- 차이점: 본 논문은 운동 자세 지도 모델을 설계만 하여 방법론만 제시하고, 본인 논문은 실제로 구현까지 진행
본 논문은 자세 평가에 오직 관절의 각도만을 사용
(하지만 실시간으로 Pose Estimation을 하다보면 범위를 벗어나는 경우가 많음)

3.5 자세 평가

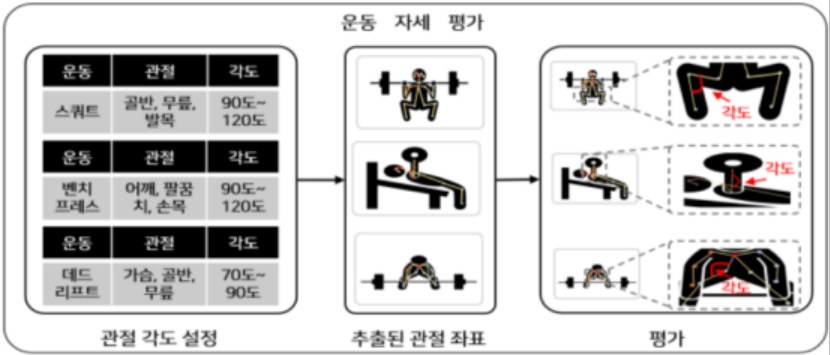


그림 2. 운동 자세 평가 프로세스 설계

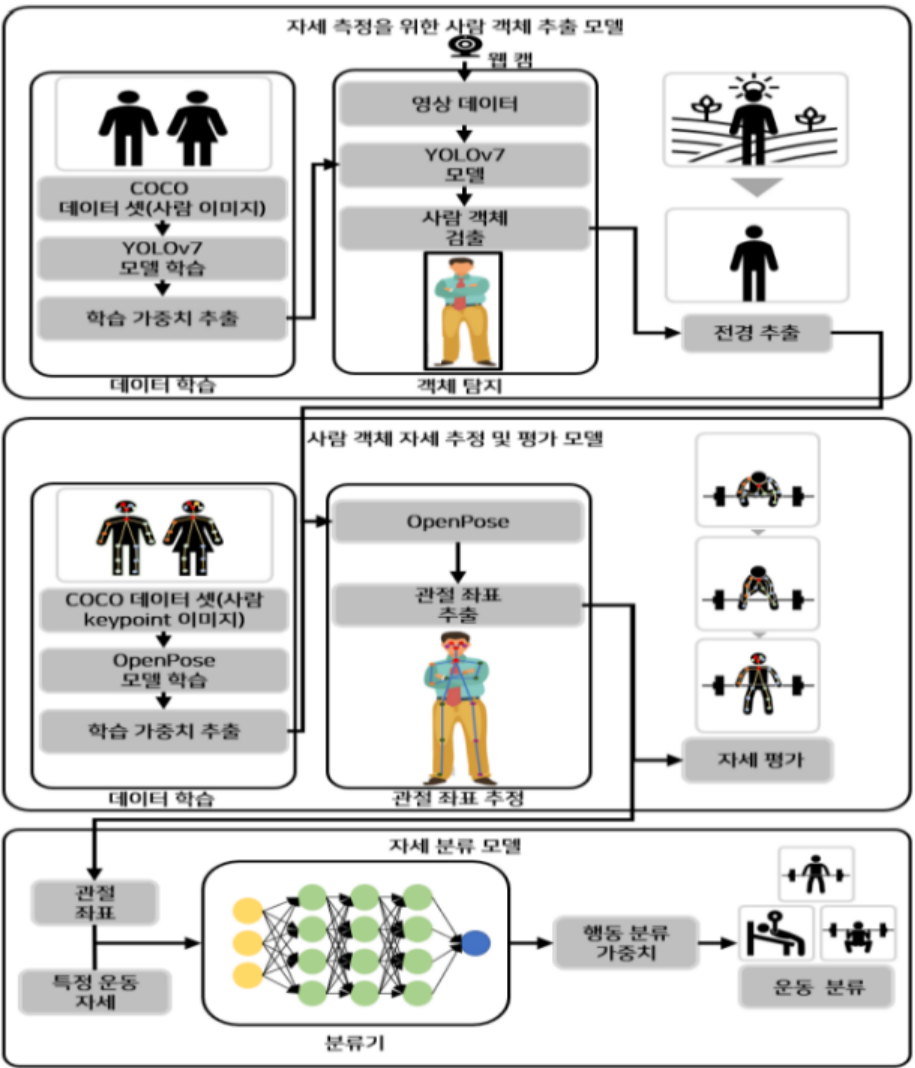


그림 1. 운동 자세 지도 모델 설계

기존의 AI 운동 자세 교정 연구 5

- 3D Pose Based Feedback For Physical Exercises(Arxiv, 2022)

요약

GCN 모델을 활용하여 90.9% 정확도로 운동을 분류하고, 94.2% 정확도로 잘못 수행한 자세를 교정함

제안하는 방법

3D Pose를 추출한 후 Pose 이미지를 GCN으로 학습시켜 자세 분류 및 자세 피드백 제공

유사점 및 차이점

- 유사점: 다각도에서 직접 촬영한 데이터 세트 사용
- 차이점: 본 논문에서는 3d 관절 이미지 자체를 GCN으로 학습시킴 하지만 본인 논문은 관절점 데이터를 이용

Exercise	Mistake Label	Classification Accuracy (%)	Correction Success (%)
Squats	Correct	90.0	100
	Feet too wide	100	100
	Knees inward	100	100
	Not low enough	100	100
	Front bent	57.1	85.7
Lunges	Correct	66.7	100
	Not low enough	100	60.0
	Knee passes toe	100	90.0
Planks	Correct	85.7	100
	Arched back	100	100
	Hunch back	100	100
Average		90.9	94.2

Table 2. Results of our classification and correction branches on the EC3D dataset. We achieve 90.9% recognition accuracy on average and successfully correct 94.2% of the mistakes.

데이터셋 EC3D Dataset

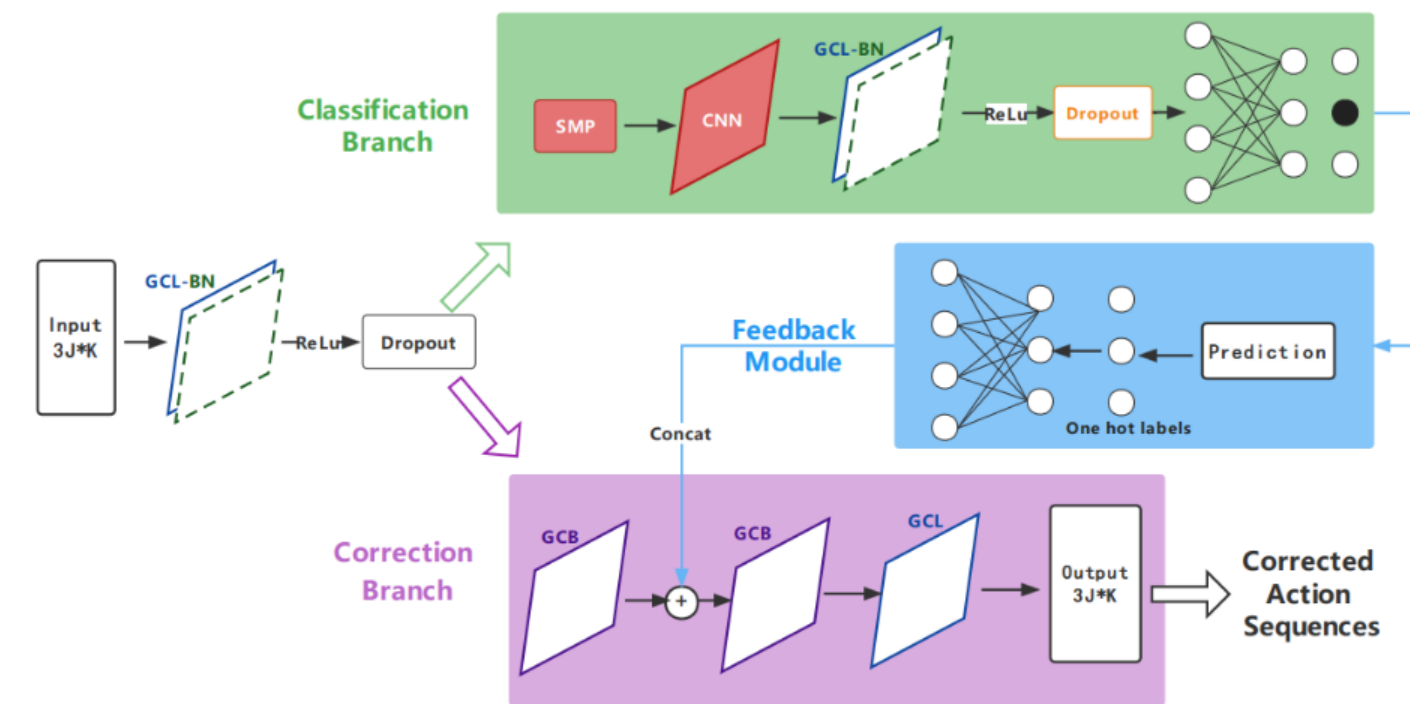


Fig. 2. Our framework consists of a classification and a correction branch. They share several graph convolutional layers are then split such that the classification branch identifies the type of mistakes made by the user and the correction branch outputs a corrected pose sequence. The result of the classification branch is fed to the correction branch via a feedback module.

