**[실무 프로젝트 발표회 내용]**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **훈련과정명** | (청년취업사관학교)  멀티모달 AI 개발자 과정 4기 | 객체탐지와 다중분류 |
| **진행 기간** | 2025.01.07 ~ 2025.02.27 | |
| **주 제** | 반려견 보행 이미지 기반 슬개골 탈구 진단 서비스 (1인 프로젝트) | |
| **목 적** | | |
| 슬개지킴이의 서비스 목표는 소형견을 중심으로 슬개구 탈구가 일어날 확률을 감소시키기 위해 사전에 철저하게 예방하고자, 자가 진단 서비스를 제공하는 것입니다. 이를 위해 반려견의 보행 이미지를 분석하여 슬개골 탈구 가능성을 조기에 예측할 수 있도록 품종보다는 체형에 따른 관절 구조 차이가 크다는 점에 착안해, 소형견과 중형견을 구분해 학습시킴으로써 KEYPOINT 기반 포즈 예측의 정확도를 높이고 성장 패턴과 체형별 차이의 특징에 근거하여 몸통과 다리 길이, 체중 분산하는 구조 차이를 파악하기 위해 무릎, 고관절, 어깨, 등 꼬리를 핵심 Feature Angle로 생성하여 각도 계산을 하고, 해당 계산 값에 맞는 슬개구 탈구 가능성 여부를 1~3단계로 파악할 수 있도록 분류 기능을 제공하는 것입니다. 각 단계별에 맞는 주의사항과 관절 마사지 등의 방법을 제공하여, 집에서도 손쉽게 반려견을 관리할 수 있고, 사후의 탈구 현상으로 인한 높은 수술비 부담을 줄일 수 있도록 사용자의 의사결정을 빠르게 지원할 수 있습니다. | | |
| **데 이 터** | | |
| AI Hub의 공개 데이터셋을 통해 반려견 보행 이미지를 전후좌우 방향 총 1500장의 데이터(jpg과 json)을 수집하였습니다. 해당 데이터셋을 분석한 결과, 소형견 데이터 수가 압도적으로 많은 클래스 불균형 문제가 생겨 이를 해결하기 위해 Standford Dogs과 Standford Extra Dogs 데이터셋을 추가 수집하였습니다. 해당 데이터셋은 120종의 품종을 반영한 2만장의 데이터를 제공하였고, 품종 기준으로 클래스 분할이 가능하여 소형견과 중형견의 클래스 불균형 문제를 해결할 수 있었습니다. 또한 keypoint, 정보를 제공하는 데이터셋은 2만장 중 16000장으로, 최종적으로 프로젝트에 사용 가능한 데이터는 18000장으로 학습을 진행하기에 충분한 양입니다. | | |
| **진행 내용** | | |
| 우선, Yolo 포맷 라벨(txt)를 생성하기 위해 Keypoint은 AI Hub의 공개 데이터셋을 기준으로 12개의 좌표별 label 순서를 지정했고, keypoint의 좌표(x,y)를 기준으로 bbox를 생성하고, 가시성(v)은 훈련은 2.0, 검증은 1.0으로 설정하고 json에서 sensor values 등과 같은 불필요한 필드는 제거하였습니다.  데이터 분할은 측면(Side), 전면(Front), 후면(Tail)의 3가지 방향으로 나누고, 각 방향에서 잘못된 방향 이미지는 add 세트로 별도 분리하여 훈련 데이터에만 추가했습니다. 한글 파일명을 영문으로 변환하고 jpg, json, filename 값을 통일했으며 유니코드 NFC 정규화로 한글 깨짐을 방지했습니다. 소형견과 중형견 클래스 분리 및 방향별 YAML 구성 후, 측면(Side)은 6:1.5:1.5, 전면(Front)과 후면(Tail)은 4:3:3 비율로 학습, 검증, 시험 세트로 나누고 keypoint의 대칭쌍 학습을 위해 flip\_dix를 추가하였습니다.  추가 Standford 데이터셋은 24개의 keypoint를 제공하여 AI Hub의 keypoint와의 매핑표를 생성하였지만, 좌표 시각화 후 체중 분산을 측정할 수 있는 등과 골반 지점의 keypoint가 존재하지 않아 사용할 수 없어 추후에 데이터 수 부족으로 성능 향상을 위해 측면(Side), 전면(Front), 후면(Tail) 사용하기 위해 직접 keypoint label 작업을 하는 용도로 두었습니다.  Yolo 11 pose 모델의 학습 성과가 좋아, Supervision를 위해 best.pt와 skeleton을 정의하여, 앞다리, 뒷다리, 몸통, 귀와 어깨를 정의하여 각keypoint의 연결에 성공하였습니다.  Feature Angle은 keypoint 기반으로 무릎, 고관절, 어깨, 등 꼬리를 생성하였고 중증도(severity)도 값의 불균형 문제가 발생하여, 0단계와 4단계를 제외하고 중증도(Severity)값이 1~3인 데이터만 별도 수집하여, 측면(Side), 전면(Front), 후면(Tail)을 각각 207장, 199장, 300장을 뒀습니다. 해당 데이터셋에는 시험을 위한 데이터셋도 포함된 상태입니다. 5개의 Feature Angle 기반으로 추천 Feature를 조합하여 5쌍을 생성하여 XGBoost 분류 모델을 사용하였지만, 훈련 데이터에 과적합하는 현상이 발생하여 smothe 기법을 적용해 recall를 높였습니다. 하지만 여전히 불안정한 분류 성능의 한계를 하이퍼파라미터 튜닝 작업을 통해 해결하고 Test 데이터를 사용하여 모델이 예측한 결과와 실제 Label(Severity 값 기재)와 비교하여 성능 평가를 할 계획입니다.  마지막으로 슬개지킴이의 서비스 동작은 사용자가 이미지를 등록하면, YOLO 11으로 KEYPOINT 추출하고 핵심 Feature Angle 조합과 XGBoost 중증도 분류 모델을 통해 탈구 단계를 진단하는 것을PyQT로 정의하였습니다. 현재 사용자 서비스 화면만 제작한 상태로 각 기능별 연계 작업은 하지 못 했지만, PyQT 앱 화면에 결과 출력을 하고 각 단계에 맞는 스트레칭 영상을 제공하는 것을 계획하고 있습니다. | | |
| **결 과** | | |
| 각 방향별 yolo 11 pose 모델 학습 결과는 측면(Side), 전면(Front), 후면(Tail) 중 측면(Side)이 가장 좋게 나왔습니다. 후면(Tail) 방향은 객체 탐지와 Key point 추출 모두 정밀도와 재현율 99%이상으로 매우 우수했으며, 전면(Front) 방향은 정밀도와 재현율이 94%이상으로 안정적인 성능을 보였으나, 후면(Tail)에 비해 다소 낮았습니다. 측면(Side)은 Early Stopping이 366 epoch에서 발생했음에도, 정밀도 92.6%, 재현율 93.7%, Map50 91.9% 달성하여 방향별 모델 중 가장 안정적인 수렴을 보였습니다. 3가지 방향 모두 Epoch 400 이상 학습, AdamW 옵티마이저 사용 시 손실 함수가 안정적으로 감소하고 정확도와 정밀도가 수렴했습니다. 평균 Keypoint Confidence는 0.85이상 달성했고, 커스텀 threshold 적용 시 슬개골 탈구 중증도 예측 정확도도 향상되었습니다. 다만 클래스 불균형과 데이터 부족 문제가 남아 있어 보완이 필요합니다.  탈구 단계를 진단하기 위해 yolo11 pose 모델로 예측한 keypoint 좌표 중 severity 값이 1이상인 데이터만 선별하여, 5가지 주요 관절 각도를 추출하였습니다. 각 Feature 조합을 실험한 결과, 무릎, 고관절, 견괄절 조합에서 가장 높은 예측 성능을 보였습니다.  XGBoost 분류 모델은 하이퍼파라미터 튜닝(GridSearchCV)과 커스텀 threshold 적용을 통해 중증도(Severity 1~3) 다중 분류를 수행하였고, 정확도는 약 85%로 전반적으로 안정적인 예측 성능을 보였고, Macro F1-score는 약 83%로 각 중증도 클래스(Severity 1, 2, 3)에 대해 균형 잡힌 분류 성능을 달성했습니다. Confusion Matrix 분석 결과, Severity 1과 Severity 3은 다른 등급과 혼동 없이 명확히 구분되었으나, Severity 2는 일부가 1이나 3으로 잘못 분류되는 경향이 나타났습니다. 따라서 모델은 1단계와 3단계 구분에서는 우수한 성능을 보였으나, 2단계의 경우 성능 향상을 위해 데이터 보강이 필요합니다. 이를 통해 단순한 keypoint 위치 정보만으로도 슬개골 탈구 중증도를 분류할 수 있는 가능성을 확인했으며, 향후 데이터 보강과 추가 생체 정보 연동을 통해 더 높은 예측 정확도를 기대할 수 있습니다.  마지막으로 TTCare Vet과 차별화를 위해 영상 기반 분석, 슬개골 중심 관절 질환 특화 기능, 수의사 모니터링과 petGPT 서비스로 확장하는 것을 목표로 합니다. | | |